

Elementy genetyki i hodowli selekcyjnej drzew leśnych

Opracowanie zbiorowe
pod redakcją Janusza Sabora



CENTRUM INFORMACYJNE
LASÓW PAŃSTWOWYCH

Wydano na zlecenie
Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych
Warszawa 2006

© Centrum Informacyjne Lasów Państwowych
ul. Bitwy Warszawskiej 1920 r. nr 3
02-362 Warszawa
tel.: (0-22) 822-49-31, fax (0-22) 823-96-79
e-mail: wydawnictwa@lasy.gov.pl
www.lp.gov.pl

Recenzenci:

Prof. dr hab. Władysław Barzdajn (Części VI, VIII, IX, X)
Prof. dr hab. Jarosław Burczyk (Część II)
Prof. dr hab. Władysław Chałupka (Części III, IV, V)
Prof. dr hab. Wojciech Wesoły (Części I, VII)

Opracowanie redakcyjne, techniczne i korekta:
Ewa Pokład

Projekt okładki:
Monika Wojtaszek-Dziadusz

ISBN-10: 83-88478-21-4
ISBN-13: 978-83-88478-21-5

Skład i łamanie: Zbigniew Szpila
Druk i oprawa: DRUKMAR (32-080 Zabierzów, ul. Rzemieślnicza 10)

Pragnę serdecznie podziękować P.T. Autorom poszczególnych rozdziałów opracowania oraz Recenzentom: prof. dr. hab. Władysławowi Barzdajnowi, prof. dr. hab. Jarosławowi Burczykowi, prof. dr. Wojciechowi Wesołemu i prof. dr. hab. Władysławowi Chalupce. Bez ich współpracy nie mogłaby powstać ta książka.

Dziękuję również mgr. inż. Wojciechowi Fonderowi, Naczelnikowi Wydziału Gospodarki Leśnej Generalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Warszawie, za propagowanie idei zagospodarowania lasu na podstawach genetycznych, której książka jest odzwierciedleniem.

Wyrażam wdzięczność moim współpracownikom: dr inż. Kindze Skrzyszewskiej oraz dr inż. Jackowi Banachowi za pierwotne przygotowanie materiałów wykładowych Podyplomowego Studium Genetyki i Selekcji Drzew Leśnych Akademii Rolniczej w Krakowie, z których większość stanowi aktualną treść niniejszego opracowania

Osobne, szczególne wyrazy podziękowania należą się redaktor mgr Ewie Pokład, której redakcyjny i korektorski trud był ogromny, a także redaktor mgr Renacie Dobrzyńskiej za życzliwość i serdeczną opiekę nad organizacyjną stroną przedsięwzięcia oraz panu Zbigniewowi Szpili za techniczne przygotowanie manuskryptu do druku.

Janusz Sabor

Spis treści

Przedmowa	11
CZĘŚĆ I. LEŚNE BADANIA GENETYCZNE. HISTORIA I KIERUNKI	
J. Sabor: Kierunki badań genetycznych drzew w doświadczałnictwie leśnym	15
K. Zajączkowski: Działalność Zakładu Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych IBL w Warszawie	21
W. Chalupka: Początki badań genetycznych drzew leśnych w Kórniku	29
W. Barzdajn, W. Kowalkowski, M. Niemczyk: Historia badań nad selekcją drzew leśnych w Katedrze Hodowli Lasu Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu	35
S. Tarasiuk, S. Bellon, S. Gunia: Historia badań zmienności drzew leśnych w Katedrze Hodowli Lasu SGGW w Warszawie.....	39
J. Sabor: Historia badań genetycznych drzew leśnych w środowisku krakowskim ...	47
CZĘŚĆ II. PODSTAWY TEORETYCZNE. GENETYKA BIOCHEMICZNA	
L. Mejnartowicz: Wstęp do genetyki biochemicznej	53
Podstawowe pojęcia genetyczne. Geny letalne i subletalne. Izoenzymy. Geny sprzężone, Geny markerowe. Rekombinacja DNA. Genom chloroplastowy i jego zmienność. Genom mitochondrialny.	
M. Polak-Berecka: Określanie poziomu zmienności genetycznej w populacjach drzew leśnych metodą markerów izoenzymowych	63
Izoenzymy jako produkty różnych alleli i genów. Elektroforeza żelowa. Zmienność genetyczna. Parametry zmienności genetycznej. Zmienność struktur genetycznych populacji drzew leśnych.	
A. Lewandowski: Wykorzystanie izoenzymów jako markerów genetycznych	77
Ocena poziomu samozapłodnienia u drzew iglastych. Ocena poziomu zanieczyszczenia obcym pyłkiem plantacji nasiennych. Ocena stopnia zamieszania szczepów na plantacjach nasiennych.	
J. Sabor: Ocena zmienności genetycznej z zastosowaniem markerów terpenowych	83
Chemizm terpenów. Chromatografia. Markery genetyczne.	
CZĘŚĆ III. PODSTAWY TEORETYCZNE. GENETYKA POPULACYJNA	
K. Rykowski: Tezy o naturalności lasów	89
Pojęcie naturalności. Kierunki kształtowania lasu naturalnego. Las naturalny a ekosystem leśny. Koncepcja potencjalnej roślinności naturalnej. Zgodność fitocenozy z biotopem. Renaturalizacja. Trwałość lasu. Rola lasów zdegradowanych. Pojęcie integralności ekologicznej. Zmienność genetyczna drzew leśnych a selekcja sztuczna. Półnaturalna hodowla lasu. Ekologia restytucyjna. Idea zachowania integralności ekologicznej. Lasy referencyjne.	
J. Sabor: Rola doświadczeń proveniencyjnych w poznaniu zmienności wewnątrzgatunkowej drzew leśnych oraz w ocenie wartości genetyczno-hodowlanej poszczególnych populacji cząstkowych	99
Założenia metodyczne. Gatunek jako populacja genetyczna. Ocena zmienności wewnątrzgatunkowej. Zasady selekcji masowej i indywidualnej. Możliwości introdukcji gatunków obcych. Zastosowanie wyników badań proveniencyjnych do hodowli selekcyjnej drzew. Zmienność rasowa. Ocena wartości genetyczno-hodowlanej pochodzeń. Odziedziczalność cech. Plastyczność populacji cząstkowych. Ocena adaptacji. Identyfikacja genotypów. Banki genów.	

H. Fober: Czy istnieją edafotypy drzew	115
Wyniki doświadczeń porównawczych. Rasy glebowe jesionu i buka. Interakcja genotypu i siedliska. Doświadczenia nawozowe. Doświadczenia rodowo-prowienienicyjne. Stopień interakcyjności.	
CZĘŚĆ IV. ZMIENNOŚĆ WEWNĄTRZGATUNKOWA DRZEW LEŚNYCH	
J. Sabor: Zmienność wewnątrzgatunkowa drzew leśnych. Sosna zwyczajna i świerk pospolity	127
Zasięg występowania. Rasy i formy. Zmienność w doświadczeniach prowienienicyjnych. Ekotypy.	
J. Matras: Zmienność klinalna cech ilościowych i jakościowych europejskich pochodzeń sosny pospolitej w doświadczeniu IUFRO 1982	143
Doświadczenie IUFRO 1982 w Sękocinie. Zmienność klinalna cech przyrostowych i jakościowych.	
J. Kowalczyk: Ocena zmienności rodowej sosny pospolitej w plantacyjnych uprawach nasiennych	155
Pojęcie odziedziczalności. Indeksy selekcyjne. Ocena zmienności rodowej.	
J. Matras: Zmienność wewnątrzgatunkowa świerka w doświadczeniu IUFRO 1972 ...	159
Powierzchnie doświadczalne. Założenia metodyczne. Wzrost. Plastyczność. Klasyfikacja populacji.	
K. Skrzyszewska: Zmienność wewnątrzgatunkowa jodły pospolitej w doświadczeniach prowienienicyjnych	171
Historia badań. Wartość genetyczno-hodowlana. Polimorfizm genetyczny. Izoenzymy. Terpeny. Zmienność w zasięgu występowania.	
S. Gunia: Badania prowienienicyjne sosny zwyczajnej, świerka pospolitego i jodły pospolitej prowadzone w Katedrze Hodowli Lasu SGGW	181
Powierzchnia polskich pochodzeń sosny w Lipcach w LZD Rogów. Sosna europejskich pochodzeń na powierzchni Jasień w LZD Rogów. Świerk doświadczenia IUFRO 1972 w Guchowie w LZD Rogów. Rody świerka na powierzchni Strzelna w LZD Rogów. Uprawy porównawcze jodły w Rogowie.	
M. Kulej: Zmienność wewnątrzgatunkowa modrzewia	199
Taksonomia. Badania prowienienicyjne. Zróżnicowanie wewnątrzgatunkowe. Wartość genetyczno-hodowlana. Zmienność geograficzna.	
W. Barzdajn: Prowienienicyjna zmienność buka zwyczajnego w Polsce	211
Badania prowienienicyjne – buk zwyczajny. Zmienność. Cechy adaptacyjne. Fenologia. Korelacje. Podobieństwo pokoleń.	
M. Sulowska: Genetyczna zmienność populacji buka zwyczajnego w Polsce	223
Populacje cząstkowe. Metody badawcze. Ocena zmienności genetycznej. Średnia liczba alleli na locus. Średni procent loci polimorficznych. Heterozygotyczność. Dystans genetyczny.	
W. Barzdajn: Wykorzystanie zmienności dębów w hodowli lasu	231
Doświadczenia pochodzeniowo-rodowe. Kierunki selekcji. Zmienność gatunkowa i prowienienicyjna. Cechy adaptacyjne. Pędzenie wiosenne. Odporność na mączniaka. Produkcyjność. Cechy jakościowe. Plantacje nasienne. Krzyżowanie.	
CZĘŚĆ V. ZASOBY GENOWE	
A. Boratyński: Historia rozsiedlenia ważniejszych gatunków drzew leśnych w Europie Środkowej	243
Zlodowacenia plejstoceniowe. Interglacjały. Holocen. Współczesne piętra roślinne. Historia migracji.	
W. Bugała: Kolekcje dendrologiczne w Arboretum Kórnickim	247
Historia Arboretum. Arboretum Kórnickie dzisiaj. Cel i zadania.	

J. Staszkiwicz: Bioróżnorodność drzew i krzewów, krzyżowanie i introgresja	251
Historia badań nad zmiennością roślin drzewiastych. Rola krzyżowania. Zmienność wewnątrzgatunkowa. Sosna. Świerk. Modrzew. Dąb. Olsza. Brzoza. Wiśnia. Jarząb. Jawor. Dereń. Trzmielina. Wiciokrzew. Środowisko a cechy morfologiczne.	

CZĘŚĆ VI. PLANTACJE DRZEW LEŚNYCH

T. Zając: Możliwości wprowadzania gatunków drzewiastych na nieefektywnych gruntach rolnych	269
Geneza problemu. Kryteria siedliskowo-socjalne. Program zwiększenia lesistości.	
K. Zajączkowski: Dobór odmian topól i wierzb do uprawy na plantacjach drzew szybko rosnących	281
Dobór odmian topól i wierzb do uprawy w pełnym i krótkim cyklu produkcyjnym. Plantacje odmianowe w Polsce.	
J. Nowakowska: Biotechnologia roślin oraz jej zastosowanie w praktyce leśnej	303
Definicja biotechnologii. Proces transformacji roślin. Zastosowanie roślin transgenicznych w praktyce leśnej. Perspektywy.	
S. Bellon: Obecne gatunki drzew a półnaturalna hodowla lasu	309
Model lasu przyszłości i uwarunkowania jego realizacji. Obecne gatunki drzew w leśnictwie. Pojęcia, cele i sposoby introdukcji. Uwarunkowania introdukcji obcych gatunków w Polsce.	

CZĘŚĆ VII. PRZYGOTOWANIE SELEKCYJNEGO MATERIAŁU ROZMNOŻENIOWEGO

A. Załęski, E. Aniśko, W. Kantorowicz: Zasady oceny nasion w Lasach Państwowych	317
Cel i zakres. Gatunki podlegające ocenie. Metody oceny.	
A. Załęski: Zastosowanie rentgenowskich metod oceny nasion w leśnictwie	327
Zasady oceny rentgenowskiej nasion. Budowa wewnętrzna nasion. Kontrast wodny. Chemiczne substancje kontrastujące.	
E. Aniśko, A. Załęski: Ustalenie optymalnego poziomu wilgotności nasion sosny i świerka przeznaczonych do przechowywania	333
Minimalny próg zawartości wody w nasionach. Optymalne procesy suszenia nasion.	
B. Suszka, P. Chmielarz: Długoterminowe przechowywanie nasion świerka pospolitego (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.)	341
Aktualny stan wiedzy o przechowywaniu nasion świerka pospolitego. Wyniki badań. Przechowywanie w chłodni. Kriokonserwacja.	
B. Suszka: Przewidywane przysposabianie nasion drzew i krzewów do kiełkowania ...	349
Spoczynek nasion. Kategorie nasion. Ustępowanie spoczynku. Stratyfikacja. Pora dojrzewania. Wymagania cieplne. Modele stratyfikacji. Postępowanie z nasionami stratyfikowanymi. Nasiona wolne od spoczynku. Likwidacja głębokiego spoczynku.	
T. Tylkowski: Przewidywane przysposabianie nasion wybranych gatunków drzew i krzewów leśnych	361
Wymagania cieplne. Przewidywanie do kiełkowania nasion jodły, jałowca, cisa, klonów, graba, dereni, leszczyny, głogu, trzmieliny, buka, kruszyny, jesionu, rokitnika, czereśni ptasiej, czerechy, sliwy tarniny, szakłaka, jarzębów, lipy drobnolistnej, wiązów, kaliny koralowej.	

W. Wesoly: Ocena jakości fizjologicznej sadzonek	379
Zasady oceny. Przewodnictwo elektrolityczne korzenia. Wydajność wzrostowa korzeni. Pomiar potencjału wodnego pędów. Przewodnictwo elektryczne pędu. Test zginania. Pomiar fluorescencji chlorofilu. Markery biochemiczne.	
J. Sabor: Szkółkarstwo w programach selekcji drzew leśnych	387
Charakterystyka produkcji szkółkarskiej w Polsce. Ocena jakości materiału sadzeniowego. Szkółkarstwo leśne w programach selekcji.	
K. Szczygiel: Możliwości wegetatywnego rozmnażania drzew leśnych <i>in vitro</i>	399
Organogeneza. Embriogeneza somatyczna. Zastosowanie kultur tkankowych drzew.	
M. Hauke, W. Wesoly: Mikrorozmnażanie drzew leśnych	407
Charakterystyka mikrorozmnażania. Materiał roślinny. Pożywki. Regulatory wzrostu. Ukorzenianie. Zastosowanie.	
J. Matras: Zasady przenoszenia nasion w warunkach nizinnych	417
Pojęcie regionu występowania populacji i regionu nasiennego. Zmienność populacyjna podstawowych gatunków drzew leśnych i regiony mateczne. Ogólne i szczegółowe zasady przenoszenia nasion.	
CZĘŚĆ VIII. ZASADY PIELĘGNACJI. ZABIEGI UPRAWOWE	
M. Giertych: Pozytywne oddziaływanie człowieka na strukturę genetyczną populacji drzew leśnych	429
Wpływ cięć pielęgnacyjnych na zmianę struktury genetycznej drzew. Selekcja populacyjna i indywidualna. Plantacje nasienne i plantacyjne uprawy nasienne. Testy potomstwa. Zysk genetyczny. Ocena metod hodowli selekcyjnej.	
W. Maciaszek: Zmienność gleb a możliwości restytucji ekosystemów leśnych	439
Struktura i zmienność gleb. Gleby terenów wyżynnych i niżowych. Gleby górskie. Czynniki wpływające na zmienność gleb. Restytucja ekosystemów leśnych.	
A. Jaworski: Pielęgnacja sosny i buka w okresie młodocianym (czyszczenia). Jakościowa trzebież grupowa	461
Niektóre właściwości biologiczne sosny. Cel i zasady pielęgnacji. Niektóre właściwości biologiczne buka. Jakościowa trzebież grupowa.	
J. Walczyk: Mechanizacja prac leśnych w ochronie bioróżnorodności	473
Maszyny i urządzenia do zbioru nasion. Frezarki. Odskrzydłacze. Maszyny czyszczące. Otoczkowanie. Sortowniki. Siewniki. Maszyny szkółkarskie.	
A. Barszcz: Użytkowanie leśnych baz surowcowych a bioróżnorodność	485
Wytyczne w sprawie doskonalenia gospodarki leśnej na zasadach ekologicznych a bioróżnorodność. Zachowanie i wzbogacanie różnorodności biologicznej lasu przy pozyskiwaniu drewna. Rola starych drzew. Kontrola pozyskiwania runa.	
CZĘŚĆ IX. OCHRONA ZASOBÓW GENOWYCH. CZYNNIKI ZAGROŻENIA	
H. Stępniewska: Choroby nasion drzew oraz siewek i sadzonek w szkółkach leśnych powodowane przez grzyby	493
Choroby grzybowe nasion. Bezpłodność. Mumifikacja. Plamistość. Profilaktyka. Choroby siewek i sadzonek. Zgorzel pasożytnicza. Choroby aparatu asymilacyjnego. Rdze. Mączniak. Plamistość. Brunatnienie liści. Smółowa plamistość. Skrętak. Zamieranie pędów sosny. Szara pleśń. Pomór topoli. Przeciwdziałanie.	

M. Skrzypczyńska: Szkodniki nasion i szyszek drzew iglastych	515
Rys historyczny badań w Polsce. Ogólna charakterystyka szkodników nasion i szyszek. Przegląd wybranych gatunków kono- i seminifagów.	
T. Kaźmierczak: Ocena występowania, prognozowanie i zwalczanie owadów – szkodników wtórnych w drzewostanach naturalnych i na plantacjach nasiennych	529
Szkodniki wtórne i ich parazytoidy w drzewostanach naturalnych świerka, jodły, buka i na plantacjach nasiennych. Profilaktyka i zwalczanie z uwzględnieniem najnowszych osiągnięć w tej dziedzinie.	
CZEŚĆ X. OCHRONA ZASOBÓW GENOWYCH. PROGRAMY I METODY	
W. Fonder: Realizacja <i>Programu zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew leśnych w Polsce na lata 1991–2010</i>	537
Współczesne koncepcje rozwoju lasu. Programy selekcji i zachowania zasobów genowych. Stan realizacji.	
J. Matras: Zasady oceny pilności potrzeb w zakresie ochrony różnorodności genetycznej w lasach	559
Cel ochrony różnorodności genetycznej. Ocena pilności potrzeb – wskaźnik zagrożenia. Kryteria wyboru gatunków, populacji i osobników do zachowania ich różnorodności. Zasady i sposób oceny. Zalecenia szczegółowe.	
J. Matras: Ochrona leśnych zasobów genowych	573
Cele strategiczne. Znaczenie zróżnicowania genetycznego. Czynniki powodujące zagrożenie różnorodności genetycznej. Kategorie obiektów wybieranych do ochrony. Podstawowe metody wykorzystywane w zachowaniu zasobów genowych. Kryteria wyboru genotypów populacji i zbiorowisk roślinnych do ochrony. Realizacja.	
A. Załęski: Podział Polski na regiony nasienne	579
Cel regionalizacji. Regiony mateczne sosny, świerka, jodły, modrzewia, dębów i buka. Charakterystyka fizyczno-geograficzna mikroregionów.	
R. Poznański: Metody utrzymania trwałości lasu a zachowanie leśnej różnorodności biologicznej	589
Procesy rozwoju lasu a różnorodność biologiczna. Odnowienie. Przeżywanie. Ubywanie. Istota trwałości istnienia lasu. Teoretyczne i metodyczne podstawy nowego systemu utrzymania trwałości lasu. Planowanie. Metody.	
W. Chalupka: Procesy rozmnażania generatywnego a ochrona zasobów genowych w drzewostanach	597
Rozmnażanie generatywne. Ontogeneza drzewa. Okres dojrzałości. Okres juwenilny. Okresowość kwitnienia. Kwitnienie i obradanie nasion a przyrost drzew. Ochrona dynamiczna. Struktura genetyczna populacji chronionych.	
J. Sabor: Idea regionalnych banków genów	619
Założenia programowe. Zachowanie zasobów genowych na przykładzie regionalnego Karpackiego Banku Genów i regionalnego Banku Genów Buki Zwyczajnego RDLP w Katowicach.	
Dodatek A	637
Dodatek B	659

Przedmowa

Duże zainteresowanie tematyką selekcji i genetyki drzew leśnych związane z realizacją *Ustawy o leśnym materiale rozmnożeniowym*, a także rozpoczęciem w Lasach Państwowych *Programu testowania potomstwa wyłączonych drzewostanów nasiennych, drzew doborowych, plantacji nasiennych i plantacyjnych upraw nasiennych* stało się przyczyną podjęcia próby przybliżenia tej problematyki szerszemu gronu naukowców i praktyków leśników odpowiedzialnych za wdrażanie przepisów tejże ustawy i programu. Obecne przepisy ustawy nasiennej oraz realizacja programu testowania potomstwa leśnego materiału podstawowego stawiają przed leśnikami nowe wyzwania wymagające większego zaangażowania się pracowników terenowych Lasów Państwowych w poznanie trudnej, często niedocenianej przez leśników, genetyki populacyjnej i biochemicznej uwzględniającej zastosowanie metod naukowych tej gwałtownie rozwijającej się dyscypliny do programów selekcji drzew i zachowania zasobów genowych naszych lasów.

Intencją autorów jest, aby problematyka niniejszego opracowania przybliżyła Państwu najnowszą wiedzę z zakresu leśnej genetyki populacyjnej i biochemicznej oraz udostępniła wyniki prowadzonych badań. Opracowanie to, przygotowane przez wybitnych specjalistów z różnych dziedzin nauk leśnych, reprezentujących wszystkie ośrodki badawcze w Polsce zajmujące się leśną genetyką stosowaną, obejmuje dziesięć grup tematycznych (Części I–X). W części I przedstawiona została historia oraz kierunki badawcze genetyki i hodowli selekcyjnej drzew leśnych w Polsce na tle osiągnięć światowych. W kolejnych częściach (Części II, III i IV) omówiono podstawy teoretyczne genetyki biochemicznej i populacyjnej. Opisano stale rozwijające się i ulepszane metody badawcze zmienności genetycznej drzew leśnych z zastosowaniem markerów biochemicznych izoenzymowych i terpenowych określonych za pomocą technik elektroforezy i chromatografii, a także analizę zmienności DNA. Omówione zostały również teorie lasu naturalnego i możliwości zachowania jego trwałości, rola i zadania doświadczeń proveniencyjnych w ocenie wartości genetyczno-hodowlanej drzewostanów, a na tym tle scharakteryzowane zmienność wewnątrzgatunkowa głównych lasotwórczych gatunków drzew leśnych oraz sposoby jej zachowania (Część V). Możliwości wykorzystania zróżnicowania wewnątrzgatunkowego w praktyce hodowli selekcyjnej drzew leśnych przedstawiono w kolejnych rozdziałach, m.in. zagadnienia związane z hodowlą plantacyjną (Część VI) i przygotowaniem selekcyjnego materiału rozmnożeniowego (Część VII). Osobną, szczególną, uwagę poświęcono omówieniu zasad pielęgnacji drzew leśnych, stosowaniu zabiegów uprawowych oraz ekologicznym i hodowlanym podstawom zachowania bioróżnorodności leśnej (Części VIII i IX). W Części X przedstawiono programy selekcji i zachowania leśnych zasobów genowych, możliwości identyfikacji wyselekcjonowanych populacji leśnych i oceny wartości genetyczno-hodowlanej leśnego materiału rozmnożeniowego oraz metody stosowane w ochronie leśnych zasobów genowych.

Większość materiałów zawartych w opracowaniu ma charakter autorski i była przedstawiana w ramach wykładów Studium Podyplomowego Genetyki i Selekcji Drzew Leśnych Wydziału Leśnego Akademii Rolniczej w Krakowie, wygłoszonych w latach 1998-2002.

Mam nadzieję, że pierwsza polska próba wydania pracy zbiorowej z zakresu elementów leśnej genetyki populacyjnej i biochemicznej oraz hodowli selekcyjnej drzew leśnych pomoże Państwu w przyjaznym kształtowaniu genetycznego obrazu lasu XXI wieku.

Kraków, grudzień 2005 r.

Prof. dr hab. Janusz Sabor

Część I

**Leśne badania genetyczne.
Historia i kierunki**

Kierunki badań genetycznych drzew w doświadczałnictwie leśnym *

Janusz Sabor **

Badania genetyczne drzew leśnych stanowią aktualnie najbardziej rozwijającą się dziedzinę nauk leśnych. Opierają się one na ogólnych prawach genetyki populacyjnej określających zmienność organizmów oraz zasady przekazywania cech potomstwu, czyli dziedziczenia. Teoretyczne podstawy rozwoju genetyki klasycznej zawdzięczamy m.in. Mendlowi [1865], Johannsenowi [1909], Morganowi [1910, 1926], Avery'emu, Mc Leodowi i Mc Carty'emu [1944], Watsonowi i Crickowi [1953], a w zakresie genetyki populacyjnej – Hardy'emu [1908], Weinbergowi [1908], Wrightowi [1921] oraz Falconerowi [1974]. Rozwój genetyki leśnej ze względu na długowieczność drzew był jednak przez wiele lat praktycznie niezauważalny. Nawet opublikowany przez Jonathana W. Wrighta w 1976 r. podręcznik z tej dziedziny został zatytułowany i potraktowany jeszcze jako *Wstęp do leśnej genetyki (Introduction to Forest Genetics)*. Gdyby jednak przyjąć, że genetykę leśną określa ocena zmienności wewnątrzgatunkowej bliskich genetycznie populacji cząstkowych, zwanych często proveniencjami albo pochodzeniami, to jej początek można datować na rok 1821, w którym Vilmorin we Francji, w majątku des Barres, założył pierwsze w świecie doświadczenie proveniencyjne z sosną zwyczajną. Oceniając badania nad krzyżowaniem się gatunków drzew jako istotnego elementu genetyki leśnej, udowodnilibyśmy, że początek tej nauki mógłby być odniesiony do obserwacji Klotzscha z 1945 r. W literaturze często podawane są istotne osiągnięcia uważane za ważne etapy w rozwoju genetyki drzew, m.in. odnalezienie przez Nilssona-Ehle w 1935 r. osiki triploidalnej czy też mieszańca międzygatunkowego modrzewia japońskiego i europejskiego [Białobok 1971]. Postęp naukowy w tej dziedzinie znalazł swe miejsce m.in. w publikacjach Lindquista – *Genetics in Swedish forestry practice*, opublikowanej w 1948 r., Larsena – *Genetics in Silviculture* z 1956 r. czy też Rohmedera i Schonbacha – *Genetik und Züchtung der Waldbäume* z 1959 r.

W Polsce przykładem zbioru zasad genetyki do hodowli lasu są m.in. podręczniki Tyszkiewicza (*Nasiennictwo leśne* z 1949 r.), Tyszkiewicza i Obmińskiego (*Hodowla i uprawa lasu* z 1963 r.) oraz Giertycha (*Doskonalenie składu genetycznego populacji drzew leśnych*, którego dwa wydania ukazały się kolejno w 1976 i 1989 r.).

Inny kierunek badań genetycznych w zakresie leśnej genetyki molekularnej zapoczątkowali w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych XX w. Bartels [1964], Bergmann [1971] i inni badacze. Wykorzystując technikę elektroforezy, analizowali systemy

* W pracy wykorzystano (zmienione) fragmenty referatu zamieszczonego w Materiałach I Konferencji Leśnej, Sękocin Las, 18-19 maja 1999 r. nt. „Stan i perspektywy badań z zakresu hodowli lasu”. IBL, Warszawa 1999, s. 133–138.

** *Katedra Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych, Akademia Rolnicza im. H. Kollataja w Krakowie*

enzymatyczne drzew w postaci izoenzymów, według definicji określonej przez Markerta i Möllera w 1959 r. Znaczny postęp w zakresie stosowania tych metod w Polsce przypisujemy głównie Mejnartowiczowi [1979], ale także Krzakowej i Szwejkowskiemu [1979], Prus-Głowackiemu [1982], Lewandowskiemu [1995] i Burczykowi [1998]. Rozwijająca się technika chromatograficzna, głównie metody chromatografii gazowo-cieczkowej (GLC), pozwoliły na wykorzystanie substancji będących produktem metabolizmu wtórnego, tj. związków terpenowych i fenoli [Tobolski i Hanower 1971, Lunderstadt 1976, Tigerstedt i in. 1978] jako tzw. markerów biochemicznych. Pierwsze prace w naszym kraju w zakresie wykorzystania terpenów do oceny zróżnicowania genetycznego drzew podjął ośrodek w Krakowie [Sabor 1991, Sabor i Janeczko 1995, Skrzyszewska 1997]. Wykorzystanie metod biochemicznych do identyfikacji genetycznej pochodzenia materiału odnowieniowego staje się coraz to bardziej znaczące z uwagi na zwiększający się handel nasionami i sadzonkami. Testowanie genetyczne potomstwa populacji drzew leśnych opiera się na tzw. prawie wykluczenia Backmanna [1986]. Ocena struktur genetycznych drzew izoenzymami oraz terpenami i fenolami pozwala na badanie m.in. również roli systemów kojarzenia, wsobności, przepływu genów między populacjami czy też kojarzenia sąsiedzkiego w drzewostanach, pełni również istotną rolę w taksonomii drzew.

Doświadczenia proweniencyjne

Najważniejszą metodą oceny genetycznej zmienności wewnątrzgatunkowej drzew leśnych są doświadczenia proweniencyjne. Ocenia się w nich bowiem wartość populacji cząstkowych, jaką tworzą drzewostany rodzicielskie i ich potomstwo generatywne poprzez charakterystykę przekazywalności najistotniejszych gospodarczo cech adaptacyjnych i hodowlanych. Analizuje się też reaktywność potomstwa drzewostanów rodzicielskich na uprawach porównawczych. Stwierdzoną zmienność cech adaptacyjnych i odpornościowych odnosi się do efektu genotypowego (pochodzeniowego, proweniencyjnego) uzyskanego przez wybór populacji cząstkowych, stanowiących odrębne populacje genetyczne, oraz do efektów interakcyjnych „genotyp \times lokalizacja uprawy” i „genotyp \times wiek”. Ocena interakcyjna jest miarą adaptacji potomstwa drzewostanów rodzicielskich (populacji cząstkowych) do określonych warunków uprawy, która wyznacza tzw. plastyczność populacji (pochodzenia, proweniencji). Jeśli efekt tej interakcji jest nieistotny, to populacje będą się charakteryzować plastycznością reaktywności adaptacyjnej niezależnie od zmiennych warunków siedliskowych. W przypadku braku występowania efektu genotypowego z wiekiem drzew, reaktywność potomstwa będzie stabilna. Takie populacje są najbardziej wartościowe z punktu widzenia selekcji drzew leśnych [Sabor 1998]. W dotychczasowych ocenach wartości genetycznej drzewostanów (populacji cząstkowych) wykorzystywano pojęcie tzw. rodzimości, m.in. przy wyborze drzewostanów nasiennych [Tyszkiewicz 1949]. Wybór ten opiera się na ocenie jakości fenotypowej, a rodzimność wybieranej populacji gwarantuje, że cechy fenotypowe utrwalone są genetycznie przez selekcję naturalną. Z drugiej strony, wykorzystując selekcję sztuczną, człowiek ma większe możliwości wybrania proweniencji, które byłyby korzystne dla hodowli i wartościowsze od rodzimych. Populacje te muszą być jednak weryfikowane genetycznie w testach potomstwa. Stąd też wielka rola w tej ocenie doświadczeń proweniencyjnych

zakładanych systematycznie według schematu doświadczeń polowych, umożliwiających eliminację wpływu środowiska oraz ocenę efektów interakcyjnych, głównie genotypu (pochodzenia) z warunkami uprawy*. Doświadczenia proweniencyjne mające na celu poznanie zmienności wewnątrzgatunkowej, testowanie potomstwa populacji cząstkowych poszczególnych gatunków oraz określenie wartościowych źródeł pozyskania materiału odnowieniowego prowadzone są i rozwijane przez większość ośrodków badawczych w kraju, m.in. Instytut Dendrologii PAN, Instytut Badawczy Leśnictwa, Wydziały Leśne AR w Poznaniu i Krakowie oraz SGGW w Warszawie.

Badania izoenzymowe

Technika elektroforezy umożliwia analizę zymogramową enzymów na podstawie różnych prędkości cząstek molekularnych w polu elektrycznym. Cząstki te w zależności od tempa migracji tworzą zróżnicowane poziomy prążków odpowiadające poszczególnym allelom określonych locus genowych. Formy enzymów o identycznej aktywności metabolicznej nazywamy izoenzymami, natomiast określony wariant enzymu wytworzony przez różne allele tego samego genowego locus nosi nazwę allozymu. Są to formy molekularne wywodzące się z różnic struktur pierwszorzędowych określonych proporcją i kolejnością aminokwasów w łańcuchu polipeptydowym (325–700 reszt aminokwasowych) [Polak i Sabor 1997]. Izoenzymy dziedziczą się według praw Mendla i mają charakter kodominacyjny (u heterozygot uwidacznia się efekt fenotypowy dwóch różnych alleli). Zastosowanie markerów izoenzymowych jest szczególnie wygodne do badań struktury genetycznej drzew gatunków iglastych, których nasiona zawierają haploidalną tkankę megagametofitu, co pozwala na określenie genotypu ojcowskiego [Burczyk 1998]. Ocena struktur genetycznych drzew umożliwia określenie różnic między heterozygotycznością obserwowaną i oczekiwaną (według Nei'a), świadczących o braku równowagi genetycznej populacji cząstkowych, ustala podobieństwo genetyczne oraz indeks wsobności (według Wrighta), a także pozwala poznać przepływ genów między sąsiednimi populacjami introgresywnymi. Zmienność genetyczna drzew leśnych określona z zastosowaniem metod izoenzymatycznych umożliwia wyodrębnienie gatunków o dużych różnicach między populacjami z różnych zasięgów i małych różnicach między proveniencjami w ramach regionu (m.in. świerk pospolity, sosna zwyczajna, dąb szypułkowy i bezszypułkowy) oraz wyodrębnienie tzw. gatunków endemicznych i dysjunktywnych o małych różnicach genetycznych wewnątrz i dużych między populacjami (jodła pospolita). Badania izoenzymowe pozwalają również na ocenę stopnia adaptacji i możliwości utrzymania równowagi biologicznej populacji cząstkowych tych gatunków do zmieniających się warunków środowiska [Polak i Sabor 1997, 1998].

* Cele i zakres badań oraz metodykę dotyczącą doboru materiału badawczego do doświadczeń proweniencyjnych omówiono szerzej w opracowaniu: J. Sabor: *Rola doświadczeń proweniencyjnych w poznaniu zmienności wewnątrzgatunkowej drzew leśnych oraz w ocenie wartości genetyczno-hodowlanej poszczególnych populacji cząstkowych* (zob. w niniejszej monografii s. 99-113).

Markery terpenowe i fenolowe

Terpeny są podstawowymi składnikami olejków eterycznych występujących w tkankach drzew gatunków iglastych. Jako markery genetyczne wykorzystuje się głównie związki monoterpenowe i seskwiterpenowe: α - i β -pinen, kariofyllen, longifolen, mircen, limonen, kamfen, fellandren, a przede wszystkim Δ^3 -karen, który na przykład u sosny pozostaje pod genetyczną kontrolą pojedynczego locus z dwoma segregującymi allelami. Analiza profili terpenowych umożliwia ocenę rasową oraz interpretację genetyczną pochodzeń szczególnie u sosny [Tobolski i Hanover 1971], a także jodły [Arbez 1988, Wolf 1992, Skrzyszewska 1997], świerka i wielu innych gatunków iglastych [Squillace 1976]. Istotnymi markerami biochemicznymi i genetycznymi określającymi stopień odporności drzew na choroby grzybowe i żer owadów są również związki fenolowe. Wyróżnia się fenole występujące u zdrowych drzew, fenole pochodzące z metabolizmu drzew reagujących na atak szkodnika (interakcja „żywiciel \times szkodnik”) oraz tzw. fitoalexyny stanowiące produkty ochronne żywiciela [Sabor 1998].

Aktualne możliwości zastosowania nowoczesnych technik analitycznych, głównie chromatografii i elektroforezy, umożliwiają wprowadzenie do leśnictwa wiarygodnych testów weryfikacji genetycznej materiału odnowieniowego. Opracowanie nowych zasad oceny jakości sadzonek na podstawie ich wartości genetycznej jest niezbędne w okresie integracji europejskiej i związanej z nią unifikacji kontroli jakości materiału szkółkarskiego oraz handlu nasionami i sadzonkami według zasad OECD. Wyniki badań genetycznych muszą być w szerszym zakresie stosowane w praktyce gospodarstwa leśnego nie tylko na zasadzie odrębnych programów, ale jako podstawy prawidłowo prowadzonej działalności hodowlanej, w której nasiennictwo i szkółkarstwo oparte są na genetycznych podstawach populacyjnej i indywidualnej selekcji drzew leśnych. Niezbędne staje się zakładanie nowych, reprezentatywnych serii doświadczeń proweniencyjnych o charakterze inwentaryzacyjnym, szczególnie gatunków liściastych, o których nasza wiedza genetyczna jest znikoma. Powinny to być doświadczenia założone w zróżnicowanych warunkach siedliskowych, pozwalające określić zarówno wartość genetyczną, jak również plastyczność badanych pochodzeń. Powierzchnie proweniencyjne powinny pełnić rolę „żywych banków genów”, w których ochroną *in vivo* objęte będzie wartościowe potomstwo drzew i populacji leśnych na poziomie genetycznym. Taką rolę spełniają zakładane w Karpatach i innych częściach Polski „regionalne banki genów”.

Literatura

- Arbez M.** 1988. Methodes biochimiques de caracterisation variétale des arbres forestiers. Rev. For. Fr., nr sp., 71–76.
- Avery O.T., MacLeod C.M., McCarty M.** 1944. Studies on the chemical value of the substance inducing transformation of pneumococcal types. Induction of transformation by a desoxyribose nuclear acid fraction isolated from *Pneumococcus* type III. J. Exp. Med., 79, 137–158.
- Bartels H.** 1964. Über die Charakterisierung von Fichten saatzgut aus verschiedenen Höhenlagen durch Enzymaktivitäten. [W:] H. Schmidt-Vogt. Forstamengewinnung und Pflanzenzucht für das Hochgebirge, red. BLV Bayer Landwirtschaftsverlag, Munich, 83–92.

- Backmann F.** 1986. Genetic means of verifying observance of the law. I. Methodical principles of "provenance identification". IUFRO Joint Meeting of Wp. S.2.2.03-14 on Bio-chemical Genetics and Legislation of Forest Reproductive Material. Bundesforsch. für Forst- und Holzw., Hamburg.
- Bergmann F.** 1971. Genetische Untersuchungen bei *Picea abies* mit Hilfe der Isoenzym Identifizierung. I. Allg. Forst- und Jagdztg., 142, 278–280.
- Białobok S.** 1971. Zakładanie plantacji nasiennych drzew leśnych. PWRiL, Warszawa.
- Burczyk J.** 1998. Systemy kojarzenia drzew iglastych. WSP, Bydgoszcz.
- Falconer W.** 1974. Dziedziczenie cech ilościowych. PWN, Warszawa.
- Giertych M.** 1989. Doskonalenie składu genetycznego populacji drzew leśnych. Wyd. SGGW-AR, Warszawa, wyd. II.
- Hardy G.** 1908. Mendelian proportions in a mixed population. Science, 28, 49–50.
- Johannsen W.** 1909. Die Elemente der exakten Erblchkeitslehre mit Grundzugen der Variationsstatistik, Verlag Fischer, Jena.
- Krzakowa M., Szweykowski J.** 1979. Variation of 6-PgD in the population of Polish Scots pine (*Pinus sylvestris*). [W:] Proceeding of Conference on Biochemical Genetics of Forest Trees, red. D. Rudin. Umeå, Sweden, 86–98.
- Larsen C.S.** 1956. Genetics in silviculture. Oliverand Boyd., Edinburgh, London.
- Lewandowski A.** 1995. Modrzew polski (*Larix decidua* subsp. *polonica* (Racib.) Domin.). Struktura populacji oraz jego pochodzenie w świetle badań izoenzymowych. ID, Kórnik.
- Lindquist B.** 1948. Genetics in Swedish forestry practice. Stockholm.
- Lunderstadt J.** 1976. Isolation and Analysis of plant phenolics from foliage in relation to species characterization and to resistance against insects and pathogens. [W:] Modern methods in forest genetics. Springer-Verlag, Berlin–Heidelberg, 158–165.
- Market C.L., Moller F.** 1959. Multiple forms of enzymes: tissue, ontogenetic, and species specific patterns. Proc. Nat. 1. Acad. Sci. USA, 45, 753–763.
- Mejnartowicz L.** 1979. Genetic variation in some isoenzyme loci in Scots pine (*Pinus silvestris* L.) populations. Arboretum Kórnickie, 33, 65–70.
- Mendel G.** 1865. Versuche über Pflanzenhybriden. Verhandl. d. Naturforsch. Verennes, Brunn, 4, 3–47.
- Morgan T.H.** 1910. Sex limited inheritance in Drosophila. Science, 32, 120–122.
- Morgan T.H.** 1926. The theory of the gene. Yale Univ. Press, New Haven.
- Polak M., Sabor J.** 1997. Markery izoenzymowe w badaniach nad zróżnicowaniem genetycznym populacji drzew leśnych. Cz. I. Technika i zakres zastosowania. Sylwan, 11, 49–57.
- Polak M., Sabor J.** 1998. Markery izoenzymowe w badaniach nad zróżnicowaniem genetycznym populacji drzew leśnych. Cz. II. Badanie zmienności genetycznej populacji głównych gatunków lasotwórczych. Sylwan 1, 69–81.
- Prus-Głowacki W.** 1982. Badania nad zmiennością genetyczną w klasach wiekowych naturalnie odnawiającej się populacji sosny (*Pinus sylvestris* L.) Wyd. UAM, Poznań.
- Rohmeeder E., Schonbach H.** 1959. Genetik und Züchtung der Waldbäume. Parey, Berlin.
- Sabor J.** 1991. Wstępna ocena biochemicznego polimorfizmu polskich pochodzeń sosny zwyczajnej na podstawie analizy zawartości monoterpenów w korze drzew. Sylwan, 10, 37–42.
- Sabor J.** 1998. Nasiennictwo, szkółkarstwo i selekcja drzew leśnych. Cz. III. Podstawy selekcji drzew. Wydawnictwo AR w Krakowie.

- Sabor J., Janeczko M.** 1995. Geograficzna zmienność zawartości wybranych monoterpenu w korze drzew sosny zwyczajnej. *Sylvan*, 5, 41–50.
- Skrzyszevska K.** 1997. Analiza zmienności wewnątrzgatunkowej i wartości genetyczno-hodowlanej jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) pochodzeń Ogólnopolskiego Doświadczenia Proweniencyjnego Jd PL 86/90. Praca doktorska. Zakład Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych AR w Krakowie (maszynopis).
- Squillace A.E.** 1976. Analyses of monoterpenes of conifers by gas-liquid chromatography. [W:] *Modern methods in forest genetics*. Berlin–Heidelberg, 120–157.
- Tigerstedt P.M.A., Hiltunen R., Chung M.S., Moren E.** 1978. Inheritance and genetic variation of monoterpenes in Scots pine (*Pinus sylvestris* L). [W:] *Proceedings of Conference on Biochemical Genetics of Forest Trees*, red. D. Rudin. Umeå, Sweden, 293–299.
- Tobolski J.J., Hanover J.W.** 1971. Genetic variation in the monoterpenes of Scotch Pine. *Forest Sci.*, 17, 293–299.
- Tyszkiewicz S.** 1949. Nasiennictwo leśne. IBL, Warszawa.
- Tyszkiewicz S., Obmiński Z.** 1963. Hodowla i uprawa lasu. PWRiL, Warszawa.
- Watson J., Crick F.** 1953. Molecular structure of nucleic acids. *Nature*, 171, 737–738.
- Weinberg W.** 1908. Über den Nachweis der Vererbung beim Menschen. *Ver. f. vat. Natur. Württemberg*, 64, 368–282.
- Wolf H.** 1992. Untersuchungen zur genetischen Variation des Monoterpenmusters im Nadelharz der Weisstanne (*Abies alba* Mill.). *Forstl. Forschungs. München.*, 116.
- Wright S.** 1921. Systems of mating. *Genetics*, 6, 111–178.
- Wright J.W.** 1976. *Introduction to forest genetics*. Acad. Press., N. York–San Francisco.

Działalność Zakładu Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych IBL w Warszawie

Kazimierz Zajączkowski*

Historia Zakładu

Zakład Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych IBL wywodzi się ze Stacji Oceny Nasion, która powstała w 1933 r. w ramach Oddziału Hodowli Lasu jako autonomiczna jednostka organizacyjna utworzonego w Warszawie w 1930 r. Zakładu Doświadczalnego Lasów Państwowych, przekształconego następnie w 1934 r. w Instytut Badawczy Lasów Państwowych. Zaczęła ona swoją działalność od przejęcia oceny nasion drzew leśnych od prowadzących ją dotychczas stacji rolniczych, w następstwie czego ocenę upowszechniono i uczyniono obowiązkową w całości lasów państwowych. Wprowadzenie szczegółowych przepisów dotyczących zasad pobierania próbek nasion, opisywania reprezentowanego przez te próbki zapasu oraz świadectw pochodzenia pozwoliło na zgromadzenie ścisłych i usystematyzowanych informacji pozwalających na pogłębienie dotychczasowej wiedzy zarówno o nasionach i czynnikach wpływających na ich jakość, jak i o drzewostanach stanowiących bazę nasienną.

W 1936 r. Stacja Oceny Nasion uzyskała rangę Oddziału Instytutu i w takim charakterze przetrwała do września 1939 r. Po wojnie reaktywowana została w listopadzie 1944 r. jako pierwsza komórka Instytutu. Stacja została umiejscowiona przejściowo przy Nadleśnictwie Drewnica, na przedpolu Warszawy zajętej jeszcze przez Niemców. Do Warszawy powróciła w grudniu 1945 r. Po przekształceniu w 1947 r. Instytutu Badawczego Lasów Państwowych w Instytut Badawczy Leśnictwa, Stacja została przemianowana na Zakład Nasiennictwa. W związku ze zwiększeniem zakresu działalności Zakład ten został w 1955 r. przekształcony w Zakład Nasiennictwa i Selekcji.

Tuż po wojnie działalność naukowa Stacji Oceny Nasion i Zakładu Nasiennictwa musiała ustąpić pierwszeństwa świadczeniu pomocy w odbudowie gospodarki leśnej. Zakład zajmował się przede wszystkim popularyzacją wiedzy i przygotowaniem dla celów szkoleniowych publikacji z zakresu nasiennictwa leśnego, uczestniczył też czynnie w odbudowie zniszczonych wyluszczeni, składów na szyszki i nasiona oraz pomagał w projektowaniu nowych inwestycji. Podejmowano jednak również w miarę możliwości nowe problemy badawcze. Kontynuując doświadczalnictwo nasienne, Zakład zajął się również szkółkarstwem leśnym – najbliższym nasiennictwu działem hodowli lasu. Prowadzono również prace nad selekcją drzew leśnych. W pierwszym jednak okresie prac selekcyjnych skoncentrowano się głównie na topoli – rodzaju, który uznano za najłatwiejszy obiekt selekcji wśród drzew.

Zakład Nasiennictwa i Selekcji działał w niezmiennym od 1955 r. formie do końca 1974 r., kiedy to połączono go – bez zmiany dotychczasowej nazwy – z Zakładem Plantacji i Zadrzewień. Zakład Plantacji i Zadrzewień wywodził się z powstałego w 1948 r. Zakładu

* Zakład Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych, Instytut Badawczy Leśnictwa w Warszawie

Zalesiania, z którego w 1956 r. wyodrębniony został Zakład Uprawy Topoli. W miarę rozszerzania problematyki badawczej Zakład ten w 1960 r. został przemianowany na Zakład Uprawy Topoli i Zadrzewień, a w 1966 r. – na Zakład Plantacji i Zadrzewień.

Organizatorem i pierwszym kierownikiem Zakładu Uprawy Topoli (do 1966 r.) był świetny znawca zagadnień topolowych i problematyki zadrzewieniowej inż. Jan Milewski. Jego następcą (1966–1972) został dr inż. Sławomir Hejmanowski, który w 1969 r. zorganizował w ramach Zakładu Stację Badań nad Zadrzewieniami w Sójkach pod Kutnem oraz zainicjował realizację na bazie Stacji rozległego programu badawczego dotyczącego zadrzewień. Rozszerzył on ponadto dotychczasowy zakres badań dotyczących plantacyjnej uprawy drzew szybko rosnących, obejmujący do tamtej pory głównie uprawę topoli, o inne gatunki drzew leśnych, przede wszystkim modrzew, brzozę i dagleżę. W latach 1972–1974 kierownikiem Zakładu Plantacji i Zadrzewień był doc. dr inż. Witold Chmielewski.

Jednocześnie z połączeniem Zakładu Nasiennictwa i Selekcji z Zakładem Plantacji i Zadrzewień w powiększonym Zakładzie powołano pięć pracowni, których nazwy odpowiadały zakresowi tematycznemu prowadzonych badań. Były to pracownie: Selekcji Drzew Leśnych, Nasiennictwa Leśnego, Fizjologii Roślin Drzewiastych, Upraw Plantacyjnych ze stacjami terenowymi w Prędocinie i Chełmie, Zadrzewień ze Stacją Badań nad Zadrzewieniami w Sójkach. W 1994 r. Zakład Nasiennictwa i Selekcji przemianowano na Zakład Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych.

Główne kierunki działalności naukowej

W skład Zakładu wchodzi obecnie trzy pracownie: Genetyki Drzew Leśnych, Nasiennictwa i Fizjologii Drzew Leśnych, Plantacji i Zadrzewień.

Główne kierunki badań prowadzonych w Pracowni Genetyki Drzew Leśnych stanowią:

- fenotypowa i genetyczna zmienność gatunków drzew leśnych oraz wartość hodowlana wyróżnionych proveniencji,
- określenie genetycznej zmienności oraz identyfikacja populacji z zastosowaniem metod biologii molekularnej (DNA, izoenzymy),
- ochrona genetycznego zróżnicowania rodzimych populacji drzew leśnych*.

Badania prowadzone w Pracowni Nasiennictwa i Fizjologii Drzew Leśnych dotyczą przede wszystkim:

- długoterminowego przechowywania nasion i tkanek, oceny ich stanu fizjologicznego i jakości,
 - wegetatywnego rozmnażania *in vitro* gatunków drzew leśnych,
 - wpływu czynników stresowych na procesy fizjologiczne u drzew leśnych,
- Główne kierunki badań prowadzonych w Pracowni Plantacji i Zadrzewień, to:
- plantacyjna uprawa szybko rosnących gatunków drzew leśnych,
 - uprawa topoli i wierzby w odroślowych plantacjach o skróconym cyklu,
 - zadrzewienia jako czynnik kształtowania ekologicznej równowagi krajobrazu rolniczego.

* Wykaz leśnych powierzchni doświadczalnych Zakładu Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych IBL zamieszczono na końcu niniejszej monografii w Dodatku A (tablica I).

Dotychczasowe wyniki badań prowadzonych w Zakładzie Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych omawiają szerzej inni autorzy. Tu należy wspomnieć jedynie o nieco luźniej związanych z tematyką niniejszej monografii badaniach zadrzewieniowych. Prowadzone w Zakładzie od 1960 r. badania z zakresu zadrzewień obejmowały cztery główne grupy zagadnień:

- zakładanie, prowadzenie i użytkowanie zadrzewień,
- ekologiczne, produkcyjne i społeczno-kulturowe funkcje zadrzewień,
- zadrzewienia jako instrument kształtowania przyrodniczej równowagi krajobrazu,
- szkółkarstwo zadrzewieniowe.

Prace prowadzone w działającej w latach 1969–1997 Stacji Badań nad Zadrzewieniami w Sójkach pozwoliły na zebranie informacji niezbędnych do prawidłowego projektowania zadrzewień spełniających różne funkcje w krajobrazie rolniczym, m.in. danych o doborze poszczególnych gatunków w zależności od warunków siedliskowych i konfiguracji terenu, zasięgach ich systemów korzeniowych w warstwie uprawnej przyległych do zadrzewień gruntów rolniczych, o optymalnych odstępach między drzewami w zadrzewieniach rzędowych oraz o sposobach zakładania zadrzewień z podbudową krzewów. Przeprowadzone badania pozwoliły także na opracowanie wspólnie ze specjalistami z Instytutu Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach oraz Akademii Rolniczej w Lublinie doboru drzew i krzewów do zadrzewień na terenach rolniczych (*Dobór drzew i krzewów do zadrzewień na obszarach wiejskich*, red. K. Zajączkowski. Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa 2001). Przy ustalaniu doboru uwzględniono przystosowanie poszczególnych gatunków do wzrostu w przyrodniczych warunkach Polski oraz relacje zachodzące między drzewami i krzewami a roślinami rolniczymi.

Na podstawie wyników krajowych i zagranicznych badań wpływu zadrzewień na środowisko określono dziesięć funkcji zadrzewień na obszarach wiejskich. W wyniku badań ustalono m.in. wpływ zadrzewień na rozkład pokrywy śnieżnej oraz produktywności różnych gatunków drzew w zadrzewieniach rzędowych. Do najważniejszych funkcji zadrzewień na obszarach wiejskich zalicza się m.in. zwiększanie wodnej retencyjności środowiska, ograniczanie wodnej i wietrznej erozji gleby, ochronę czystości wód powierzchniowych i gruntowych, ochronę ludzi, roślin i zwierząt przed zanieczyszczeniami atmosferycznymi, stymulowanie oporu środowiska wobec szkodników roślin uprawnych oraz kształtowanie środowiska owadów zapylających i zwierząt łownych.

Liczne ochronne, produkcyjne i społeczno-kulturowe funkcje zadrzewień decydują o ich znaczeniu w kształtowaniu przyrodniczej równowagi na obszarach wiejskich. Maksymalne efekty korzystnego oddziaływania zadrzewień na środowisko można uzyskać jedynie wtedy, gdy sposoby i skala działalności zadrzewieniowej będą dostosowane do rzeczywistych potrzeb konkretnego terenu wynikających z jego właściwości przyrodniczych, sposobu użytkowania, rodzaju i nasilenia występujących zagrożeń oraz z jego funkcji społeczno-gospodarczych. Działalność zadrzewieniowa powinna być również zharmonizowana z warunkami ekonomicznymi i walorami kulturowymi danego regionu. Z tego względu problematyka zadrzewieniowa powinna stanowić integralną część miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego. Badania prowadzone wspólnie z Instytutem Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach umożliwiły opracowanie w 1983 r. wytycznych projektowania zadrzewień w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego. Zaproponowana koncepcja rozwiązywania problematyki zadrzewieniowej

w planowaniu przestrzennym została już sprawdzona w praktyce przy opracowywaniu modelowego układu zalesień i zadrzewień w gminach Sanniki i Strzelce w b. województwie łockim.

Wyniki badań dotyczące produkcji materiału sadzeniowego do zadrzewień zostały wykorzystane przy opracowywaniu podręcznika: *Szółkarstwo leśne* pod redakcją R. Sobczaka (Oficyna Edytorska Wydawnictwo „Świat”, Warszawa 1992).

Najbardziej charakterystyczną cechą naukowej działalności Zakładu Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych, zwłaszcza z zakresu nasiennictwa, selekcji i ochrony zasobów genowych, jest jej ścisły związek z praktyką leśną, wyrażający się m.in. powierzeniem Zakładowi przez Lasy Państwowe nadzoru merytorycznego nad realizacją *Programu zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew leśnych w Polsce na lata 1991–2010* oraz nad leśnymi stacjami oceny nasion. Takie ukierunkowanie działalności oraz wysoką rangę, jaką cieszy się ona w Lasach Państwowych Zakład zawdzięcza przede wszystkim prof. dr. hab. Stanisławowi Tyszkiewiczowi (1904–1982) oraz doc. mgr. inż. Stefanowi Witoldowi Kocięckiemu (1922–1990).

Prof. dr. hab. Stanisława Tyszkiewicza można, bez przesady, nazwać ojcem nasiennictwa leśnego i selekcji drzew leśnych w Polsce. Zagadnieniami tymi zajął się od pierwszych dni swej pracy w Instytucie, którą rozpoczął w 1933 r. jako asystent w Stacji Oceny Nasion. W latach 1936–1939 był kierownikiem Stacji, a od 1945 do 1974 r. kierownikiem Zakładu Nasiennictwa, przemianowanego w 1955 r. na Zakład Nasiennictwa i Selekcji. Już w 1933 r. przygotował materiały, na podstawie których Dyrektor Naczelny LP Adam Loret wydał zarządzenie, aby używane do odnowienia lasu nasiona sosny pochodziły z wybranych drzewostanów nasiennych i były zaopatrywane przez wyluszczenie w świadectwa pochodzenia. Równocześnie zarządzenie to wprowadzało podział Polski na osiem okręgów nasiennych dla sosny pospolitej, zabraniając przenoszenia nasion z okręgu do okręgu bez uprzedniej zgody Dyrekcji Naczelnej LP. W wydanej w 1934 r. broszurze Instytutu Badawczego Lasów Państwowych *O wyborze drzewostanów nasiennych* S. Tyszkiewicz po raz pierwszy przedstawił wskazania dotyczące wyboru takich drzewostanów. Jest zdumiewające, że do dziś tekst ten prawie nie stracił na aktualności. Niech zaświadczy o tym kilka cytatów wyjętych z omawianej broszury (pisownia oryginalna):

„Dzięki podziałowi na okręgi i wstrzymaniu wolnego obrotu nasion możliwe będzie wykrycie i opracowanie rozmieszczenia na terenie ziem Polski naturalnych odmian sosny. Wyróżnienie tych odmian stworzy w przyszłości racjonalne podstawy dla celowego wyboru, a nawet tworzenia ras, najodpowiedniejszych ze względów hodowlano-gospodarczych.

Jakkolwiek nie jest wykluczone, iż powstrzymanie się od użycia nasion z innego okręgu może powodować w niektórych wypadkach nawet słabszy efekt gospodarczy, to jednak w chwili obecnej nie posiadamy takich obiektywnych danych, któreby stanowczo przemawiały za rozpowszechnieniem tej czy innej rasy (brak bowiem nawet ich konkretnego wyróżnienia). Słuszniej jest więc zrezygnować z możliwych ale przypadkowych korzyści, aż do czasu osiągnięcia choćby ogólnych wskazań opartych na systematycznych badaniach.

Odpowiedni wybór drzewostanów nasiennych będzie drugim krokiem naprzód, zmierzającym do trwałego zabezpieczenia lasów przed niepożądanymi następstwami, wynikającymi z użycia do odnowień nasion niewłaściwego pochodzenia”.

„O wyborze drzewostanów nasiennych, decydować musi ich pochodzenie oraz jakość. Drzewostany pochodzące z nasion sprowadzanych z zagranicy, co da się stwierdzić

w stosunku do wielu naszych młodników, żerdziowin, i drągowin winny być stanowczo wyłączone przy zbiorze szyszek”.

„Drzewostany nasienne o większym obszarze i w ogóle te, których wyręb nie jest bezpośrednio bliski (IV klasa wieku), mogą doczekać się pełniejszej charakterystyki na podstawie oceny ich potomstwa. Mianowicie dzięki wprowadzonej ewidencji pochodzenia nasion użytych do odnowień, będzie można według rozwoju upraw w pewnej mierze wnioskować o własnościach drzew, które ujawniają się tylko w młodym wieku. Może się okazać na przykład, że potomstwo jakiegoś drzewostanu wykazuje małą odporność przeciw osutce, lub posiada bez bliżej określonych powodów szczególnie powolny wzrost i późno dochodzi do zwarcia”.

„Pamiętać trzeba, że jedna z naczelnych zasad nasiennictwa – samowystarczalność, przynajmniej w obrębie okręgów nasiennych, stanowczo winna być zachowana”.

„Streszczając wyżej powiedziane raz jeszcze trzeba podkreślić, że przy wyborze drzewostanów nasiennych należy:

- 1) wykluczyć drzewostany pochodzące bezsprzecznie z nasion sprowadzonych z zagranicy,
- 2) wybierać przede wszystkim drzewostany w średnich i starszych klasach wieku,
- 3) opierać się na ocenie:
 - a) zdrowotności drzewostanu,
 - b) jakości technicznej drewna,
 - c) kształtu i wysokości strzał,
 - d) zasobności drewna,
- 4) wykorzystać wszystkie odpowiadające wymaganiom drzewostany”.

S. Tyszkiewicz zajmował się także problematyką oceny nasion i nadał jej tak wysoki poziom, że przed wojną wyprzedziliśmy pod tym względem wiele krajów. Opracował oryginalną metodykę oceny nasion, stosowaną prawie bez zmian do dzisiaj. Duże zasługi położył również w dziedzinie wyluszczarstwa. Na podstawie badań laboratoryjnych i prób gospodarczych sformułował, już w okresie powojennym, tzw. zasadę wyluszcarską, która mówi, że prężność pary wodnej w powietrzu w wyluszcarni nie powinna przekraczać prężności odpowiadającej słupowi rtęci 40 mm, bez względu na wysokość temperatury powietrza. Innymi słowy, w 1 m³ powietrza nigdy nie może znajdować się więcej niż 40 g pary wodnej. Bezpośrednio po wojnie opracował (wspólnie z S. Lipińskim) projekt, według którego zbudowano dziesięć wyluszcarni. Zastosowano w nich nie spotykaną w innych krajach oryginalną technologię.

Profesor S. Tyszkiewicz był również twórcą optymalnej metody mechanicznego wyluszczenia nasion modrzewia, polegającej na ścieraniu łusek wyluszczonej szyszek, nie powodując uszkodzenia nasion.

Duże zasługi wniósł S. Tyszkiewicz w rozwój badań proveniencyjnych. W 1938 r. włączył się do badań międzynarodowych IUFRO z sosną, po wojnie natomiast zainicjował założenie powierzchni z różnymi proveniencjami modrzewia, świerka i sosny. Szczególnie duże znaczenie ma doświadczenie IUFRO 1972, w którym na ponad czterdziestu powierzchniach w dwunastu krajach Europy i Ameryki Północnej badany jest świerk dwudziestu proveniencji z obszaru całej Polski.

Spośród bogatego dorobku piśmienniczego S. Tyszkiewicza (172 publikacje i opracowania naukowe) na szczególne wyróżnienie zasługują trzy fundamentalne dzieła. Są to:

Ocena nasion drzew (1939) – pierwsze w Polsce i jedno z nielicznych o takim poziomie w ogóle opracowanie, ujmujące pełną metodykę oceny nasion drzew i krzewów leśnych i wszelkie związane z nią zagadnienia;

Nasiennictwo leśne z zarysem selekcji drzew (1952) – podręcznik akademicki, ujmujący kompleksowo zagadnienia nasiennicze i selekcyjne;

Hodowla i uprawa lasu (wspólnie z Z. Obmińskim, 1963) – podręcznik akademicki przedstawiający całokształt szczegółowej hodowli lasu, włącznie z zagadnieniami selekcji drzew leśnych.

Uczniem i godnym kontynuatorem dzieła prof. dr. hab. S. Tyszkiewicza był doc. mgr inż. S.W. Kocięcki. Zagadnieniami związanymi z tematyką prac badawczych Zakładu zajmował się już na studiach, kiedy to od 1947 r. pracował jako dziennie płatny pracownik Zakładu Nasiennictwa, a w 1950 r. napisał pracę maderską pt. „O wysiewie nasion modrzewia polskiego”. Całe jego późniejsze życie zawodowe było ściśle związane z Zakładem. W latach 1950–1974 był jednym z najbliższych współpracowników S. Tyszkiewicza, a od 1975 r. po jego przejściu na emeryturę, kierownikiem Zakładu Nasiennictwa i Selekcji. Podobnie jak S. Tyszkiewicz, swą 40-letnią działalność naukową skoncentrował na zagadnieniach nasiennictwa i selekcji. W obu dziedzinach dorównywał swemu wielkiemu poprzednikowi.

Pierwsze prace S.W. Kocięckiego dotyczyły przysposobienia nasion sosny pospolitej, przy zastosowaniu podkiełkowania i przechłodzenia oraz stratyfikacji nasion jesionu, lipy i grabu. Ważne dla praktyki wyniki tych badań zostały opublikowane w broszurze: *Dołowanie i stratyfikacja nasion drzew leśnych* (PWRiL, Warszawa 1965).

Gdy w 1960 r. na wniosek prof. S. Tyszkiewicza powołana została Krajowa Komisja Uznawania Drzewostanów Nasiennych i Drzew Doborowych S.W. Kocięcki został jej członkiem, a w 1969 r. kierownikiem. Tę absorbującą funkcję sprawował aż do swej przedwczesnej śmierci w 1990 r. W poszukiwaniu najcenniejszych drzew i drzewostanów przebył w tym czasie udokumentowaną drogę ponad 80 000 km. Można zatem powiedzieć, że przed nim nikt tak dogłębnie nie spenetrował i poznał lasów polskich. Opracowana przez S.W. Kocięckiego w 1960 r. dokumentacja „Zapoczątkowanie nowych prób na skalę półgospodarczą i prowadzenie plantacji nasiennych” stworzyła podstawy do zakładania plantacji nasiennych w Polsce. Na podstawie licznych doświadczeń zagranicznych przedstawił w niej program zamierzonych prac z tego zakresu. Opracował wreszcie powszechnie znane, do dzisiaj obowiązujące, „Wytyczne w sprawie selekcji drzew na potrzeby nasiennictwa leśnego” (Zarządzenie nr 7 Naczelnego Dyrektora Lasów Państwowych z dnia 7 kwietnia 1988 r.).

Największą zasługą S.W. Kocięckiego jest nadanie selekcji drzew leśnych w Polsce kierunku selekcji populacyjnej, która wprawdzie przynosi mniejszy zysk genetyczny niż upowszechniona w zachodniej Europie selekcja indywidualna, ale lepiej chroni bioróżnorodność naszych lasów. Dysponujemy wielkim bogactwem rodzimych drzewostanów i musimy je w maksymalnym stopniu wykorzystać w taki sposób, aby stopniowo ulepszając jakość przyszłych lasów, zachować pełną ich pulę genetyczną. Dzięki jego niewyobrażalnie wielkiej pracy powstała w Polsce ogromna baza nasienna, składająca się w 1990 r. z blisko 13,5 tys. ha wyłączonych drzewostanów nasiennych 19 gatunków drzew oraz ok. 4500 drzew doborowych. Według jego planów powstało również ok. 500 ha plantacji nasiennych.

Na szczególne podkreślenie zasługują również badania proweniencyjne nad świerkiem, sosną i modrzewiem. S.W. Kocięcki był inicjatorem wielu badań z tego zakresu w skali krajowej i międzynarodowej. Był z ramienia IUFRO koordynatorem wspomnianych już międzynarodowych badań IUFRO 1972 nad świerkiem, a w latach 1977–1980 wiceprzewodniczącym grupy roboczej IUFRO: „Proweniencje *Picea abies*”.

S.W. Kocięcki jest autorem lub współautorem około stu pięćdziesięciu napisanych w pięknym polskim języku lub w językach obcych (znał ich pięć) publikacji i innych opracowań, w tym pięciu o charakterze podręczników. Blisko połowę tych prac stanowią zasady, wytyczne i normy oraz publikacje popularyzujące osiągnięcia nauki z zakresu nasiennictwa i selekcji, a więc opracowania adresowane bezpośrednio do praktyki leśnej.

Działalność naukową S.W. Kocięcki doskonale łączył z obowiązkami kierownika największego w Instytucie Badawczym Leśnictwa Zakładu Nasiennictwa i Selekcji. Mimo bardzo zróżnicowanej tematyki badawczej Zakładu potrafił zapewnić wysoki poziom wszystkich wychodzących stąd opracowań. Cieszył się szacunkiem zarówno u przełożonych, jak i wśród podwładnych. Jego myśl, podobnie jak prof. dr. hab. S. Tyszkiewicza, nadal wytycza kierunki działalności naukowej Zakładu.

Początki badań genetycznych drzew leśnych w Kórniku

Władysław Chalupka*

Ograniczona objętość opracowania, a także obfitość materiału, narzuciła konieczność określenia zarówno zakresu tematyki, jak i ram czasowych dla historycznego zarysu problematyki postawionej w tytule. Ramy te, przyjęte arbitralnie, obejmują okres od rozpoczęcia w 1933 r. oficjalnej działalności Zakładu Badania Drzew i Lasu w ramach Fundacji „Zakłady Kórnickie” po rok 1969, kiedy to Instytut zaprzestał rozpoczętej w 1958 r. selekcji indywidualnej drzew doborowych najważniejszych krajowych gatunków drzew leśnych dla Lasów Państwowych.

Lata 1933–1939

Początek badań genetycznych w obecnym Instytucie Dendrologii PAN związany jest formalnie z datą 1 lipca 1933 r., kiedy to Kuratorium Fundacji „Zakłady Kórnickie”, wypełniając wolę Fundatora – Władysława hr. Zamoyskiego i postanowienia ustawy sejmowej z 30 lipca 1925 r. powołało do życia Zakład Badania Drzew i Lasu, w którego strukturze przewidziano cztery działy: Dendrologii i Pomologii, Biologii Lasu, Techniczno-Leśny oraz Organizacyjno-Propagandowy. Zachowały się szczegółowe programy badań dla trzech pierwszych działów naukowych, opracowane w latach 1927–1933 przez zespoły wybitnych polskich uczonych, a ich zakres obejmował praktycznie wszystkie dziedziny związane z leśnictwem. Z różnych powodów (przede wszystkim braku jedności poglądów wśród członków Kuratorium oraz sytuacji finansowej Fundacji) tylko Dział Dendrologii i Pomologii rozpoczął realizację zadań, kontynuując zapoczątkowane już w latach dwudziestych XX wieku badania naukowe w zakresie selekcji i hodowli nowych odmian drzew owocowych, ozdobnych i topól [Białobok 1969]. W projekcie badań dla tego Działu, opracowanym przez Antoniego Wróblewskiego, P. Hosera i W. Gorjaczkowskiego, znalazł się w punkcie 9 następujący temat: „Studia genetyczne nad odmianami, formami i rasami drzew i krzewów owocowych i ozdobnych, z uwzględnieniem (...) dziedziczenia cech mieszańców” (Archiwum ID PAN).

W niezwykle interesującym programie działalności Działu Biologii Lasu, opracowanym przez wybitnego leśnika polskiego prof. Stanisława Sokołowskiego, znalazł się także nowoczesny i dalekosiężny projekt badań genetycznych drzew leśnych. W części II tego programu umieszczono punkt A.2 z zadaniem badawczym: „Rasy klimatyczne i odmiany drzew leśnych, zmienność i dziedziczność cech, pochodzenie nasion, hodowla wartościowych ras”. Jak powiedziano wyżej, Dział Biologii Lasu nie rozpoczął, niestety, przewidzianych badań przed II wojną światową.

* *Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk w Kórniku*

Okres powojenny do 1958 r.

W niezmienionej strukturze Zakład Badania Drzew i Lasu pod kierownictwem inż. Stefana Białoboka podjął swą działalność bezpośrednio po wyzwoleniu Kórnika spod okupacji niemieckiej. Tematyka genetyczna pojawiła się w placówce kórnickiej w pierwszych latach powojennych, przejawiając się przede wszystkim kontynuacją badań zapoczątkowanych jeszcze przed II wojną światową. Szczególnie wiele prac genetycznych w tym okresie dotyczyło problematyki hodowli topól (kontrolowane krzyżowania międzyseksyjne, hodowla odmian odpornych na różne choroby, selekcja i wprowadzanie nowych odmian do tzw. doboru krajowego i uprawy na terenie całego kraju) [Białobok 1969].

Trudna sytuacja w pierwszych latach powojennych (likwidacja Fundacji „Zakłady Kórnickie” i niepewność co do dalszego losu Zakładu) nie sprzyjała podejmowaniu nowych zagadnień badawczych. W 1952 r. sytuacja organizacyjna Zakładu ustabilizowała się i placówka kórnicka, już pod zmienioną nazwą jako Zakład Dendrologii i Pomologii, znalazła się w strukturze nowo powstałej Polskiej Akademii Nauk. Od tego momentu Zakład zaczął się szybko rozwijać naukowo i organizacyjnie, podejmując wiele nowoczesnych tematów badawczych, w tym także z zakresu genetyki drzew leśnych [Białobok 1958]. Inspiratorem podjęcia tych badań był dyrektor Zakładu, dr S. Białobok. Już 8 maja 1952 r. zorganizowano w Kórniku konferencję, podczas której dyskutowano tematykę metodyki badania ekotypów sosny zwyczajnej. Oprócz pracowników Zakładu w konferencji wzięli udział przedstawiciele innych ośrodków naukowych: prof. Zygmunt Czubiński, doc. doc. Eugeniusz Ilmurzyński, Waław Krajski i Maksymilian Kreutzinger, prof. prof. Leon Mroczkiewicz, Konstanty Stecki i Stanisław Tyszkiewicz [Wilusz 1962]. Przedmiotem dyskusji naukowców był opublikowany wcześniej w tym samym roku projekt badań ekotypów sosny zwyczajnej, w którym doc. Zdzisław Wilusz, także pracownik Zakładu Dendrologii i Pomologii PAN, postulował wybór drzewostanów o najlepszych cechach gospodarczych i wybór w ich obrębie drzew doborowych [Wilusz 1955]. Kryteria selekcji proponowane w tymże projekcie uległy później znacznej modyfikacji po pierwszych doświadczeniach praktycznych i nawiązaniu osobistych kontaktów z genetykami szwedzkimi [Wilusz 1962]. Dzięki tym kontaktom w 1958 r. przybył do Kórnika prof. Bertil Lundquist ze Szwecji i przeprowadził szkolenie w zakresie wyboru drzew doborowych, zapoznając także pracowników z metodyką badań genetycznych drzew leśnych. Pierwsze drzewa doborowe w Polsce zostały wybrane według kryteriów szwedzkich na terenie Puszczy Białowieskiej, z udziałem prof. Lundquista, oraz na terenach podległych Okręgowym Zarządom Lasów Państwowych w Olsztynie, Poznaniu, Gdańsku i Krakowie.

Początek wyboru drzew doborowych

Zapoczątkowane w ten sposób w Polsce badania w zakresie selekcji indywidualnej drzew leśnych znalazły wkrótce swój formalny wyraz. Odpowiadając na postulat Zakładu Dendrologii i Pomologii PAN w Kórniku, Ministerstwo Leśnictwa i Przemysłu Drzewnego, pismem z dnia 13 października 1958 r. (Nr G.M.-1-099/199/58), wyraziło Zakładowi zgodę na wybór drzew doborowych wszystkich gatunków rodzimych na całym terenie Lasów Państwowych. Powołując się na decyzję Ministerstwa, prof. dr S. Białobok skierował 27 października 1958 r. pismo do wszystkich Okręgowych Zarządów Lasów Państwowych z informacją o rozpoczęciu wyboru drzew jesienią tegoż roku i prośbą o pomoc w pracach

terenowych (Archiwum ID PAN). Sprawa wyboru drzew doborowych stała się jednocześnie zadaniem naukowym Zakładu, bowiem na posiedzeniu w dniu 21 października 1958 r. Rada Naukowa Zakładu Dendrologii i Pomologii zatwierdziła temat badań pt. „Wybór drzew doborowych różnych gatunków w niektórych krainach klimatyczno-leśnych”. Cel podejmowanych badań określono następująco: *Ażeby zachować najlepsze osobniki drzew różnych rodzimych gatunków i form dla gospodarki narodowej, zachodzi pilna potrzeba wyboru ich i zabezpieczenia przed wycięciem. Drzewa te w niedalekiej przyszłości będą rozmnażane wegetatywnie, co da możliwość wykorzystania ich przez gospodarstwo leśne, a także będą ważnym obiektem badań naukowych* [Białobok i in. 1958].

Wcześniejsze prace nad kryteriami wyboru drzew (pierwszy projekt sporządził mgr J. Mackiewicz) zostały przedyskutowane najpierw w Zakładzie, a następnie poddane dyskusji publicznej wraz z wzorem karty opisowej drzewa [Archiwum ID PAN, Białobok i in. 1958]. Krytyczne uwagi do metodyki opracowanej w Kórniku przedstawili wkrótce pracownicy Instytutu Badawczego Leśnictwa w Warszawie, co spowodowało dalsze udoskonalenie kryteriów wyboru drzew doborowych [Bernadzki i Chmielewski 1961].

Pod bezpośrednim kierownictwem doc. Z. Wilusza, kierownika Stacji Doświadczalnej w Turwi, należącej do Zakładu Dendrologii i Pomologii PAN w Kórniku, pracownicy Zakładu rozpoczęli systematyczny wybór drzew doborowych w 1959 r., kiedy to wybrano pierwszą grupę 381 osobników spośród osiemnastu krajowych gatunków drzew leśnych na terenie piętnastu Okręgowych Zarządów Lasów Państwowych. Ponadto do ewidencji Zakładu włączono 48 drzew świerka pospolitego, wybranych jesienią 1958 r. przez dr. Olafa Langleta i dr. Enara Anderssona [Białobok i Wilusz 1959]. Wyboru i opisu drzew dokonywali bądź pracownicy Zakładu, bądź poinstruowani pracownicy administracji Lasów Państwowych; w tym drugim wypadku drzewa były później weryfikowane przez pracowników Zakładu (oprócz wymienionych już doc. Z. Wilusza i mgr. J. Mackiewicza, który zginął w 1960 r. w wypadku motocyklowym, wybierając drzewa doborowe na terenie OZLP w Olsztynie, w pierwszym latach należeli do nich w różnych okresach m.in. doc. Zygmunt Pohl, inż. Tadeusz Jakuszewski, mgr Stanisław Tomczyk, mgr Anna Tomczyk, mgr Zbigniew Stecki, dr Tadeusz Przybylski, dr Maciej Giertych, mgr Elżbieta Siwek, dr inż. Andrzej Kosturkiewicz i mgr Henryk Chylarecki), którzy sporządzali także ich dokumentację (Archiwum ID PAN).

Wybierane drzewa doborowe otrzymywały sygnatury, np. K-01-17, gdzie litera K oznaczała drzewo mateczne, z którego uzyskiwano klon, czyli potomstwo wegetatywne jednego osobnika (leśnicy odczytywali tę literę jako drzewo „kórnickie”), w odróżnieniu od litery S, która oznaczała porcję nasion z określonego zbioru. Następująca po literze liczba dwucyfrowa oznaczała numer OZLP, a ostatnie dwie cyfry – numer drzewa doborowego [Giertych 1989].

Równocześnie trwała dalsza dyskusja nad znaczeniem selekcji indywidualnej dla przyszłych badań i dla gospodarstwa leśnego. Ciekawa była sugestia prof. S. Białoboka wyrażona 4 lutego 1961 r. w liście do prof. Stanisława Tyszkiewicza, by zaniechać zrębów zupełnych w tych częściach kraju, gdzie wybrano najwięcej drzew doborowych, co wskazywało pośrednio na wysoką wartość genetyczną drzewostanów na tych obszarach. W liście tym prof. Białobok proponował także utworzenie Państwowego Rejestru Drzew Doborowych i Drzewostanów Nasiennych (Archiwum ID PAN).

Od momentu podjęcia problematyki wyboru drzew doborowych Zakład Dendrologii i Pomologii rozlegle promował tę akcję. Pracownicy Zakładu wygłaszali liczne referaty na

różnych konferencjach i zebraniach, organizowali w Kórniku kilkudniowe kursy na temat podstaw genetyki drzew leśnych (w 1966 r. w takim kursie wzięli udział m.in. Lucjan Janson, Stanisław Bałut i Jerzy Staszkiwicz), kursy szczepień wiosennych i letnich, pokazy użytkowania drabiny segmentowej do zbioru materiału z drzew stojących, publikowali artykuły w prasie leśnej. W 1961 r. odbyła się w Kórniku kolejna konferencja poświęcona perspektywom dalszych badań związanych z wyborem drzew doborowych, podczas której postulowano założenie archiwów klonów drzew doborowych i podjęcie badań genetyczno-hodowlanych (Archiwum ID PAN).

Pierwsze klonalne plantacje nasienne

W związku z wyborem drzew doborowych zaistniała konieczność zakładania klonalnych plantacji nasiennych. Pierwsze zrazy z drzew doborowych sosny zwyczajnej i świerka pospolitego zebrano i zaszczepiono na podkładkach w 1959 r., rozpoczynając w tym samym roku badania nad poszukiwaniem najlepszych metod i terminów szczepień, zarówno w szkółkach, jak i cieplarniach w Kórniku i Turwi. Rok później grupę gatunków objętych szczepieniami powiększono o brzozę brodawkowatą, buka pospolitego, oba gatunki dębów i olszę czarną (Archiwum ID PAN).

Zbiór materiału z drzew stojących nastęrczał różnego rodzaju trudności. Trzeba było opracować instrukcję obowiązującą pracowników zatrudnionych przy zbiorze zrazów, a także szyszek i nasion. Na wniosek Zakładu instrukcję taką opracował wojewódzki inspektor pracy w Poznaniu we współpracy z inspektorem BHP z OZLP w Poznaniu. Brakowało także odpowiedniego sprzętu, wykonano więc kilka drabin segmentowych o wysokości 30 m na wzór drabiny szwedzkiej otrzymanej przez Zakład w darze od prof. Lundquista w 1961 r. [Archiwum ID PAN, Wilusz 1962].

W 1963 r. w Zakładzie Dendrologii i Arboretum Kórnickim PAN (zmiana nazwy nastąpiła w końcu 1962 r.) rozpoczęto przygotowania powierzchni terenowych pod pierwsze plantacje nasienne w Kórniku we własnym Leśnictwie Doświadczalnym Zwierzyniec. Dysponowano w tym czasie prawie ośmiu tysiącami szczepów sześciu gatunków drzew leśnych: *Alnus glutinosa*, *Fagus sylvatica*, *Quercus robur*, *Pinus sylvestris*, *Picea abies* i *Larix* sp., z których w 1964 r. założono w Kórniku trzy pierwsze doświadczalne plantacje nasienne – sosny, modrzewia i jesionu [Białobok 1965]. Plantacje sosny i jesionu zostały założone zgodnie z zasadami szwedzkimi, natomiast przy zakładaniu plantacji modrzewia zastosowano oryginalny, systematyczny układ rozmieszczenia klonów opracowany przez dr. M. Giertycha, stosowany później na całym świecie (według tego systemu założono także w Kórniku pierwszą plantację nasienną świerka w 1968 r.). System ten w Polsce nie znalazł jednak uznania. Z rekomendacji Instytutu Badawczego Leśnictwa zaczęto stosować w Lasach Państwowych pierwotne wzory szwedzkie [Giertych 1989].

W 1963 r. prof. S. Białobok i dr M. Giertych uczestniczyli w I Światowej Konsultacji FAO w Sztokholmie na temat „Genetyka drzew leśnych”. Taki sam tytuł nosiła ogólnopolska konferencja zorganizowana w Kórniku rok później. Trwały ciągle dyskusje nad kryteriami wyboru drzew doborowych, co doprowadziło do opracowania i opublikowania w 1964 r. zmodyfikowanej, a jednocześnie uproszczonej karty opisowej drzewa wraz z instrukcją jej wypełniania [Giertych i in. 1964].

Badania z zakresu genetyki populacyjnej drzew

Rok 1963 przyniósł także poszerzenie problematyki genetycznej o nowe badania; w Kórniku założono pierwsze doświadczenie proveniencyjne z nasion dostarczonych przez prof. S. Tyszkiewicza z IBL, obejmujące osiem krajowych pochodzeń sosny zwyczajnej. Pierwsze doświadczenie proveniencyjne świerka powstało w Kórniku w 1964 r., także z nasion dostarczonych przez IBL. Tym samym pojawił się w Kórniku nowy kierunek badań – genetyka populacyjna [Białobok 1965, Giertych 1989].

Z własnych zbiorów nasion założono w Kórniku doświadczenie proveniencyjne sosny w 1967 r. (dr Tadeusz Przybylski) z udziałem trzydziestu krajowych i pięciu szwedzkich populacji w układzie losowym, w ośmiu powtórzeniach i czterech lokalizacjach na terenie kraju. W tym samym roku zebrano także owocostany i wysiano w szkółce nasiona olchy czarnej z jedenastu polskich populacji, przygotowując w ten sposób przyszłe doświadczenie nad zmiennością proveniencyjną tego gatunku (mgr Leon Mejnartowicz). W 1968 r. założono, podobne do sosnowego, doświadczenie świerkowe z nasion zebranych w 1964 r. z udziałem dwudziestu sześciu pochodzeń z Polski, pięciu – ze Szwecji i dwu – z NRD, również w czterech lokalizacjach [Giertych 1989]. W tym samym roku posadzono w Kórniku siewki dębu szypułkowego i bezszypułkowego w doświadczeniu proveniencyjnym obejmującym osiem polskich populacji tych gatunków [Białobok 1969]. Równocześnie Zakład włączył się w międzynarodowe doświadczenie z daglezią, koordynowane przez IUFRO (International Union of Forest Research Organizations), obejmujące sto cztery populacje z naturalnego zasięgu tego gatunku [Białobok i Mejnartowicz 1970].

W zakresie zmienności proveniencyjnej w latach 1965–1966 badano w Zakładzie różnicowanie różnych cech szyszek świerka (dr H. Chylarecki) oraz żołędzi dębu (M. Giertych), stosując skomplikowane analizy statystyczne. Nowością w badaniach genetycznych Zakładu były także zapoczątkowane w 1965 r. przez mgr. T. Jakuszewskiego krzyżówki kontrolowane w celu zbadania mechanizmu dziedziczenia cechy tzw. czeczotowości drewna u brzozy karelskiej z Pienin; w tym samym roku podjęto także badania zmienności wewnątrzpopulacyjnej na pierwszej powierzchni z udziałem dziewięciu rodów sosny zwyczajnej z Dłużka [Białobok 1966].

Według opublikowanego sprawozdania z działalności naukowej Zakładu jego pracownicy wybrali do celów badań 1386 drzew doborowych [Białobok 1968]. W następnym sprawozdaniu (za rok 1968) znajduje się jedynie wzmianka o kontynuowaniu wyboru drzew [Białobok 1969], a lista ewidencyjna z końca sierpnia 1969 r. pozwala ustalić ich liczbę na 1433 (Archiwum ID PAN). W końcu tego samego roku Rada Naukowa zatwierdziła nowy, wieloletni plan badań dla Zakładu Dendrologii i Arboretum Kórnickiego PAN z zakresu biologii drzew i krzewów, w którym problematyka systematycznego wyboru drzew doborowych dla lasów państwowych już się nie pojawia [Białobok 1969]. Dalszych informacji na ten temat nie ma również w następnych sprawozdaniach z działalności naukowej Zakładu. Najprawdopodobniej właśnie latem 1969 r. zakończył się w Kórniku pewien wstępny etap badań genetycznych drzew leśnych związany z zapoczątkowaniem selekcji indywidualnej (wyborem drzew doborowych), zakładaniem pierwszych klonalnych plantacji nasiennych oraz z początkami selekcji populacyjnej i badaniami zmienności proveniencyjnej najważniejszych krajowych gatunków drzew leśnych. Kolejne lata i dziesięciolecia przyniosły pomysły nowych kierunków badań genetycznych drzew leśnych, trwających w Kórniku do dzisiaj. Zarówno w okresie omówionym powyżej, jak i w późniejszych

dziesięcioleciach badania kórnickie dostarczały i dostarczają nadal wielu informacji ważnych dla podstaw genetyki drzew leśnych i dla polskiej hodowli lasu, a równocześnie stanowią wyraźne nawiązanie do programu sformułowanego przez prof. S. Sokołowskiego w 1933 r.

W Dodatku A znajdującym się na końcu niniejszej monografii przedstawiono wykaz powierzchni badawczych prowadzonych przez pracowników Instytutu (tablica II).

Literatura

- Bernadzki E., Chmielewski W.** 1961. Uwagi do metody wyboru „Drzew doborowych” opracowanej przez Zakład Dendrologii i Pomologii PAN w Kórniku. Arboretum Kórnickie, V, 285–288.
- Białobok S.** 1958. Historia, stan i kierunki badawcze Zakładu Dendrologii i Pomologii PAN w Kórniku. Kosmos VII, s. A. Biologia, z. 2 (31), 231–239.
- Białobok S.** 1965. Sprawozdanie z działalności Zakładu Dendrologii i Arboretum Kórnickiego PAN za rok 1964. Arboretum Kórnickie, X, 309–315.
- Białobok S.** 1966. Sprawozdanie z działalności Zakładu Dendrologii i Arboretum Kórnickiego PAN za rok 1965. Arboretum Kórnickie, XI, 307–311.
- Białobok S.** 1968. Sprawozdanie z działalności Zakładu Dendrologii i Arboretum Kórnickiego PAN za rok 1967. Arboretum Kórnickie, XIII, 323–329.
- Białobok S.** 1969. Problematyka naukowa Zakładu Dendrologii i Arboretum Kórnickiego na tle historycznym. Arboretum Kórnickie, XIV, 275–289.
- Białobok S., Mejnartowicz L.** 1970. Provenance differentiation among Douglas fir seedlings. Arboretum Kórnickie, XV, 198–219.
- Białobok S., Wilusz Z.** 1959. Z działalności Zakładu. Sprawozdanie za 1959 r. z pracy nad wyborem „drzew doborowych”. Arboretum Kórnickie, IV, 355–358.
- Białobok S., Pohl Z., Wilusz Z.** 1958. Z działalności Zakładu. Arboretum Kórnickie, III, 337–340.
- Giertych M.**, 1989. Prace z zakresu genetyki drzew leśnych w Instytucie Dendrologii PAN w Kórniku. Roczn. AR w Poznaniu, CCIV, 5–10.
- Giertych M., Jakuszewski T., Młynarczyk B., Przybylski T., Wilusz Z.** 1964. Rozwój metodyki wyboru drzew doborowych. Arboretum Kórnickie, IX, 283–287.
- Wilusz Z.**, 1955. Projekt badań ekotypów sosny zwyczajnej. Ekologia Polska, s. B, t. I, 1–2, 35–41.
- Wilusz Z.** 1962. Dalsze postępy prac z zakresu wyboru „drzew doborowych”. Arboretum Kórnickie, VII, 281–283.

Historia badań nad selekcją drzew leśnych w Katedrze Hodowli Lasu Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

Władysław Barzdajn, Wojciech Kowalkowski, Marzena Niemczyk*

Historia Katedry Hodowli Lasu wiąże się z powołaniem do życia Wydziału Rolniczo-Leśnego Wszechnicy Piastowskiej w 1919 r., a następnie Uniwersytetu Poznańskiego (1920). Początkowo jednostka istniała pod nazwą Katedry Geografii Leśnictwa i Ogólnej Hodowli Lasu, a kierowana była przez prof. honorowego dr. h.c. Józefa Rivoliego. Był on prekursorem badań mikroklimatycznych. W okresie zatrudnienia na Wydziale Rolniczo-Leśnym prowadził prace nad rozmieszczeniem świerka w Polsce, w których zwrócił uwagę na tzw. pas bezświerkowy [Meixner 1981]. Ukoronowaniem jego zainteresowań i badań naukowych było wydanie w 1926 r. cenionego dzieła *Ogólny zarys geografii leśnictwa*. Po śmierci prof. Rivoliego (1926) Katedrę tę przemianowano na Katedrę Biologii Lasu i Geografii Leśnictwa, ale wcześniej, w 1924 r., powstała kolejna jednostka, o nazwie zgodnej ze współczesnym brzmieniem – Katedra Hodowli Lasu, w której stanowisko kierownika objął prof. dr Ryszard Biehler (1924–1939).

Problematyka badawcza Katedry Hodowli Lasu kierowanej przez prof. Biehlera koncentrowała się głównie wokół zagadnień odnowienia i pielęgnacji drzewostanów oraz zalesień dużych powierzchni (Biehler), uprawy gatunków szybko rosnących – wierzby i topoli (Biehler, Mroczkiewicz) oraz zagospodarowania terenów po gradacji sówki choinówki (Mroczkiewicz). Ponadto prof. Biehler opracował dwutomowy podręcznik hodowli lasu [Meixner 1981].

Po zakończeniu działań wojennych, w 1945 r., w miejsce Katedry Hodowli Lasu z okresu międzywojennego powstała Katedra Szczegółowej Hodowli Lasu, a jej kierownikiem został prof. dr Kazimierz Suchecki (1946–1960). Wykładał on ogólną oraz szczegółową hodowlę lasu. W 1947 r. utworzona została Katedra Ogólnej Hodowli Lasu. Swą działalność rozpoczęła jednak dopiero w 1950 r. pod kierownictwem prof. dr. Tadeusza Puchalskiego (1950–1970). Katedrą Szczegółowej Hodowli Lasu kierowali kolejno prof. dr Leon Mroczkiewicz (1960–1969) i doc. dr hab. Kazimierz Urbański (1969–1970) [Drogoszewski 2004].

Zmiany w układzie organizacyjnym uczelni związane z powstaniem Wyższej Szkoły Rolniczej (1951), a następnie Akademii Rolniczej (1972), oraz przejście z podziału katedralnego na instytutowy, spowodowały, że Katedry Ogólnej i Szczegółowej Hodowli Lasu włączono do Instytutu Przyrodniczych Podstaw Leśnictwa (1970–1981). Z katedr tych utworzono Zakłady: Ekologicznych Podstaw Hodowli Lasu (1970–1981) i Hodowli Lasu

* *Katedra Hodowli Lasu, Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu*

(1970–1975), z którego to Zakładu powstały z kolei Zakłady Selekcji, Nasiennictwa i Szkółkarstwa Leśnego (1975–1981) oraz Techniki Hodowli Lasu (1975–1981).

Podział na instytuty i wyodrębnienie zakładów utworzyło zręby do powołania Katedry Hodowli Lasu w obecnym układzie organizacyjnym z wyodrębnionymi trzema Zakładami: Ekologicznych Podstaw Hodowli Lasu, Techniki Hodowli Lasu oraz Selekcji, Nasiennictwa i Szkółkarstwa Leśnego. Ostatni z wymienionych Zakładów od kilkudziesięciu lat zajmuje się zagadnieniami związanymi z genetyką i selekcją drzew leśnych.

Badania dotyczące omawianej dziedziny w okresie powojennym aż do dnia dzisiejszego skoncentrowane były wokół zagadnień wegetatywnego mnożenia topoli i wierzby oraz ich uprawy, którymi zajmowali się Mroczkiewicz, Bukiewicz i Zabielski. Wśród licznych prac o charakterze naukowym i popularyzatorskim na szczególne wyróżnienie zasługuje obszerne opracowanie Mroczkiewicza *Podział Polski na krainy i dzielnice przyrodniczo-leśne*. Podział ten, spełniając rolę wielkoobszarowej regionalizacji przyrodniczo-leśnej, znalazł praktyczne zastosowanie w administracji lasów państwowych [Urbański 1981]. Pierwsze prace prof. dr. hab. Kazimierza Urbańskiego, ukazujące się w latach sześćdziesiątych XX w., dotyczyły prób szczepienia sosny zwyczajnej, co było w ówczesnym czasie nowością w Polsce. W kolejnych latach powstawały prace związane z dziedziczeniem cech matecznych sosny zwyczajnej przez potomstwo generatywne i wegetatywne (Urbański, Rzeźnik), a także publikacje prof. dr. hab. Bohdana Drogoszewskiego o wyborze i wykorzystaniu drzewostanów nasiennych. W Leśnym Zakładzie Doświadczalnym Siemianice powstały modelowe, istniejące do dzisiaj, plantacje nasienne sosny i modrzewia. W 1964 r. doc. dr hab. Zenon Rzeźnik założył sześć proweniencyjnych powierzchni doświadczalnych z bukiem zwyczajnym, pięć z nich istnieje do dzisiaj i jest eksploatowane naukowo. Lata siedemdziesiąte i osiemdziesiąte ubiegłego wieku obfitowały w szereg przedsięwzięć dotyczących głównie zakładania nowych powierzchni badawczych z sosną zwyczajną, świerkiem pospolitym, modrzewiem europejskim, dębami szypułkowym i bezszypułkowym oraz z bukiem zwyczajnym. Podstawową zaletą tych doświadczeń jest ich trwałość i ciągłość prac badawczych. W zakresie selekcji drzew Katedra współpracuje ze wszystkimi ośrodkami w kraju zajmującymi się tym zagadnieniem oraz z wieloma ośrodkami za granicą. W 1992 r. doc. dr hab. Z. Rzeźnik zainicjował powstanie największego w kraju projektu badawczego dotyczącego proweniencyjnej zmienności buka zwyczajnego. Pomimo dużej liczby istniejących powierzchni badawczych (zob. Dodatek A, tablice III–VIII), w Katedrze inicjowane są kolejne projekty z podstawowymi gatunkami drzew leśnych. Z inicjatywy pracowników Katedry realizowane są programy odtwarzania populacji sosny zwyczajnej z Puszczy Nadnoteckiej (prof. Urbański), z Puszczy Zielonki (prof. Wesoly) i zachowania populacji modrzewia z rezerwatu „Klasztorne modrzewie” w Puszczy Zielonce czy z Leśnictwa Skałagi w LZD Siemianice (prof. Wesoly). Program restytucji jodły pospolitej w Sudetach, którego strategię opracował prof. Władysław Barzdajn, wymusił powstanie kolejnych powierzchni proweniencyjnych i rodowych z jodłą (zob. Dodatek A, tablica VI).

W ostatnich czterdziestu latach w Katedrze ukazało się ponad sto prac obejmujących zagadnienia z genetyki i selekcji drzew leśnych. Prace te prezentują najważniejsze osiągnięcia w tej dziedzinie. Wykazano, że negatywne cechy strzał sosen (krzywizny) są bardzo silnie dziedziczone. Opracowano modyfikację metody Prokazina szczepienia drzew leśnych, zwiększającą odsetek udanych szczepień. Opracowano technologię ukorzenia pędów młodych sosen i jodeł oraz dostosowano technikę rozmnażania przez odkłady powietrzne do rozmnażania szczepów daglezi zielonej. Prof. dr hab. Wojciech Wesoly

i dr Maria Hauke prowadzą badania i wdrożenia technik rozmnażania drzew drogą embriogenezy somatycznej. Wykazano, że na plantacjach nasiennych sosny zwyczajnej niewłaściwy dobór klonów, różniących się fenologią kwitnienia, może być przyczyną zubożenia genetycznego potomstwa plantacji. Wyniki otrzymane w licznych doświadczeniach proweniencyjnych przyczyniają się do lepszego poznania zmienności międzypopulacyjnej badanych gatunków, łącznie z wynikami uzyskanymi przez inne placówki w kraju i za granicą, w ramach wspólnych programów badawczych. Wykazano na przykład, że w tych samych warunkach siedliskowych, w wieku 20 lat, miąższość grubizny sosen może u różnych populacji różnić się nawet o ponad $100 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Badania nad zmiennością proweniencyjną buka po raz pierwszy wykazały istnienie u tego gatunku populacji plastycznych, dobrze adaptujących się do różnych warunków. Udało się ustalić, że najpóźniej rozpoczynające wegetację populacje buka występują na polskim Pomorzu. Badania nad zmiennością dębów obu występujących w Polsce gatunków są dopiero we fazie wstępnej. Już teraz ustalono istnienie różnic proweniencyjnych pod względem wzrostu i zdolności adaptacyjnych, zwłaszcza różnic fenologicznych. Różnice termiczne rozpoczynania wegetacji na wiosnę mogą sięgać sześciu tygodni. Wzrost w młodości jest u dębu szypułkowego cechą podatną na selekcję. Wykazano niewielką zmienność genetyczną sudeckich populacji jodły pospolitej. Zidentyfikowano populację jodły na górze Chojnik w Karkonoskim Parku Narodowym jako populację lokalną. Obserwacje kolekcji klonów jodły w Nadleśnictwie Międzylesie dostarczyły informacji, że plon szyszek może osiągać więcej niż 1 tonę z ha, co ma podstawowe znaczenie dla planowania odbudowy bazy nasiennej tego gatunku w Sudetach, a także dla tworzenia selekcyjnej bazy nasiennej jodły w pozostałych regionach kraju.

Literatura

- Drogoszewski B.** 2004. Jubileusz 85-lecia Katedry Hodowli Lasu. [W:] Rola hodowli lasu w zachowaniu różnorodności biologicznej, red. P. Rutkowski, J. Zientarski. Konferencja naukowa z okazji jubileuszu 85-lecia Katedry Hodowli Lasu Akademii Rolniczej im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu. Poznań 27–29 września 2004, 7–11.
- Meixner J.** 1981. Wydział Leśny. [W:] Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, red. A. Dubas, E. Matusiewicz, W. Wielicki, 94–135.
- Urbański K.** 1981. Leon Mroczkiewicz (1900–1971). [W:] Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, red. A. Dubas, E. Matusiewicz, W. Wielicki, 313–314.

Historia badań zmienności drzew leśnych w Katedrze Hodowli Lasu SGGW w Warszawie

Stefan Tarasiuk, Stanisław Bellon, Stanisław Gunia*

Za początek badań zmienności drzew leśnych można przyjąć zakładanie w latach dwudziestych i trzydziestych XX wieku w Arboretum w Rogowie z inicjatywy E. Chodzickiego, przyszłego profesora Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, małych powierzchni drzewostanowych z egzotami różnego pochodzenia w celu sprawdzenia ich przydatności uprawowej i hodowlanej w przyrodniczo-leśnych warunkach Polski środkowej.

Właściwe badania proveniencyjne, oparte na metodycznie założonych uprawach porównawczych, podjęto pod koniec lat pięćdziesiątych i na początku lat sześćdziesiątych ubiegłego wieku. Badania te objęły przede wszystkim gatunki rodzime: sosnę zwyczajną, świerka pospolitego i jodłę pospolitą. Ocenie poddano także polskie pochodzenia modrzewia europejskiego oraz buka zwyczajnego, a z gatunków obcych – m.in. jedlicę zieloną, sosnę wydmową i jodłę olbrzymią.

Głównym celem badań proveniencyjnych prowadzonych przez pracowników Katedry Hodowli Lasu SGGW jest określenie zmienności populacyjnej lub rodowej poszczególnych gatunków drzew i dokonywanie na tej podstawie oceny wartości hodowlanej i doboru najwartościowszych pochodzeń do uprawy w warunkach Polski środkowej. Obszar ten z powodu małej lesistości i granicznego położenia względem naturalnego zasięgu niektórych lasotwórczych gatunków drzew charakteryzuje się skromną lokalną bazą nasienną. Istnieje zatem potrzeba uściślenia zasad regionalizacji nasiennej dla tego obszaru przez zwiększenie możliwości doboru proveniencji z innych regionów na podstawie wyników długookresowych badań proveniencyjnych.

Wykaz i charakterystykę poszczególnych powierzchni doświadczalnych Katedry podano w Dodatku A (tablica IX).

Badania prowadzone są w ścisłej współpracy z Instytutem Badawczym Leśnictwa oraz we współpracy międzynarodowej w ramach poszczególnych grup roboczych IUFRO, szczególnie z leśnikami ze Słowacji, Czech i Niemiec. Ostatnio nawiązano również współpracę naukową w tym zakresie z Ukrainą.

Sosna zwyczajna

W Katedrze Hodowli Lasu SGGW zakończono jako pierwsze badania proveniencyjne sosny zwyczajnej zapoczątkowane przez Zespół Fizjologii Roślin Drzewiastych kierowany przez prof. dr. hab. W. Żelawskiego. Prace te dotyczyły trzech krajowych pochodzeń reprezentujących północny, środkowy i południowy region Polski. Testowano je na trzech powierzchniach porównawczych w dwóch miejscach pozyskiwania nasion – w Nadleśnictwach Dłużek i Nowy Targ oraz w leżącym blisko Nadleśnictwa Spała LZD w Rogowie

* *Katedra Hodowli Lasu, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*

[Żelawski i Gowin 1966, Żelawski i Niwiński 1966, Gowin 1972, 1973, Żelawski i in. 1972]. Doświadczenia terenowe wzbogacono o badania fizjologiczne fotosyntezy siewek [Żelawski i Góral 1966, Żelawski 1968]. Badania proveniencyjne sosny zwyczajnej prowadzone są obecnie na sześciu doświadczalnych powierzchniach porównawczych. Na powierzchniach nr 1 i 2 prowadzone są od 1966 r. badania nad cechami rodów z wolnego zapylenia, które pochodzą od drzew o różnej formie pokrojowej (rozpieracze, prawidłowo ukształtowane drzewa szybko rosnące i drzewa wolno rosnące). Stanowią one rozszerzenie badań podjętych przez E. Ilmurzyńskiego [1961] w Instytucie Badawczym Leśnictwa przed jego przejściem do pracy w SGGW. Celem tych badań jest stwierdzenie, czy usuwanie w trzebieżach tzw. rozpieraczy, a więc drzew najsilniejszych, nie doprowadzi do osłabienia populacji pod względem genetycznym. Powierzchnię nr 3 poświęcono temu samemu zagadnieniu. Nie ograniczono się jednak tylko do rodów, lecz porównywano je z potomstwem trzech drzewostanów, z których pochodziły rody. Powierzchnia nr 4 związana jest z badaniami proveniencyjnymi szesnastu pochodzeń sosny zwyczajnej z obszaru Polski. Pozwoliły one m.in. prześledzić w ponad 30-letnim okresie, w kolejnych stadiach rozwojowych drzewostanów, wpływ pochodzenia nasion i przeprowadzonych cięć pielęgnacyjnych na proces naturalnego wydzielania, przebieg wzrostu i przyrostu oraz na kształtowanie się szeregu cech morfologicznych i rozwojowych sosny [Gunia 1973, 1978, 1980]. Na powierzchni nr 5 przeprowadzane są pomiary i obserwacje pochodzeń sosny reprezentujących cały jej naturalny zasięg w Europie. W celu lepszego poznania zróżnicowania genetycznego sosny rosnącej w Polsce założono powierzchnię porównawczą nr 6, która miała służyć testowaniu dwudziestu pochodzeń, w tym nowych, które nie były reprezentowane na powierzchni nr 4. Wkrótce jednak po założeniu uprawy porównawczej sosnę poraził korzeniowiec wieloletni (*Heterobasidion annosum* Fr.).

Świerk pospolity

Doświadczenie proveniencyjne ze świerkiem pospolitym rozpoczęto jako pierwsze po II Wojnie Światowej w 1956 r. Objęło ono czterdzieści dwa rody z wolnego zapylenia należące do dziewięciu pochodzeń tego gatunku zarówno z jego zasięgu północno-wschodniego, jak i południowego w naszym kraju. Pochodzenia te i rody testowane są na powierzchni porównawczej nr 7. W 1972 r. podjęto w ramach IUFRO badania nad siedemnastoma polskimi pochodzeniami świerka, zarówno z zasięgu północno-wschodniego, jak i południowego, oraz nad dwoma pochodzeniami niemieckimi (powierzchnia nr 8). Trzecie doświadczenie proveniencyjne świerka (powierzchnia porównawcza nr 9) obejmuje trzydzieści pięć rodów z wolnego zapylenia z północno-wschodnich terenów nizinnych i dwadzieścia siedem rodów z południa Polski z Beskidów [Gunia i Żybura 1999a, b].

Jodła pospolita

Poznaniu zmienności populacji jodły pospolitej na północnej i wschodniej granicy naturalnego zasięgu w Polsce służyła lustracja wybranych drzewostanów [Gunia i in. 1972] oraz badania zmian ich cech taksacyjnych zachodzących w czasie [Gunia i Kramer 1972]. Badania proveniencyjne jodły pospolitej rozpoczęto jesienią 1961 r. wymianą nasion z Polski na nasiona z Czech i Słowacji. Sadzonki czterech pochodzeń polskich posłużyły do założenia pięciu powierzchni porównawczych (powierzchnie nr 10–14) w jednakowych

warunkach siedliskowych lasu świeżego (Lśw), ale w różnych warunkach świetlnych kształtowanych w drzewostanach przez otoczenie. Zróznicowanie warunków, w jakich założono powierzchnie, pozwala badać interakcję genotypu ze środowiskiem w odniesieniu do różnych cech wzrostowych i morfologicznych [Gunia 1985]. Aby poznać wpływ warunków świetlnych na produkcję materiału sadzeniowego i na ukształtowanie sadzonek w szkółce podokapowej i odkrytej oraz na ich dalszy wzrost na uprawie, założono cztery powierzchnie porównawcze – 15–18 [Gunia 1985]. Powierzchnia nr 15 założona pod okapem drzewostanu sosnowego służyła do porównywania wzrostu jodły czterech pochodzeń wyrosłej z sadzonek ze szkółki podokapowej, a więc w porównywalnych warunkach osłony górnej. Na powierzchni nr 16 oceniano wzrost tych samych pochodzeń jodły na powierzchni odkrytej, lecz wyrosłych z sadzonek wyprodukowanych w warunkach uprawy zbliżonych do warunków w szkółce odkrytej. Na powierzchniach porównawczych nr 17 (podokapowej) i 18 (odkrytej) testowano reakcję jodły dwóch pochodzeń na zmianę warunków świetlnych związaną z przeniesieniem drzewek ze szkółki na uprawę. Na powierzchni porównawczej nr 19 testowano jodłę dwudziestu dwóch pochodzeń europejskich. Działki stanowiące poszczególne powtórzenia usytuowano na gniazdach w drzewostanie sosnowym [Gunia 1985]. Dziesięć pochodzeń polskich jodły i jedno z Niemiec wprowadzono na powierzchnię nr 20 pod luźnym okapem podrostu dębowego, który pozostawiono jako przyszłościowy po usunięciu górnego piętra sosnowego [Gunia i in. 1972]. Jodły pochodzeń europejskich objęte doświadczeniem międzynarodowym IUFRO zostały wysadzone na powierzchni nr 21 na gniazdach w drzewostanie sosnowym i na powierzchni nr 22 założonej na zrębie zupełnym, między wcześniej wprowadzone modrzewie.

Modrzew europejski

Badania porównawcze nad oceną wartości hodowlanej modrzewia prowadzone są przez Katedrę w lasach rogowskich w dwóch obiektach doświadczalnych (powierzchnie nr 19, 20). Powierzchnie doświadczalne założono w 1967 r. (15 proveniencji) i w 1971 r. (11 proveniencji). W wyniku prowadzonych badań opublikowano wiele artykułów [m.in. Bellon 1967, Andrzejczyk 1989, 1992, Andrzejczyk i Bellon 1992, 1999, Szeligowski 2000, 2001, 2003], powstały dwie prace doktorskie oraz wiele prac magisterskich. Dotychczasowe badania dotyczyły porównywania proveniencji w zakresie cech wzrostu i jakości w wieku dwudziestu lat [Andrzejczyk 1992], trzydziestu [Andrzejczyk i Bellon 1999] i trzydziestu pięciu lat [Szeligowski 2001]. Dużą uwagę zwrócono na zmienność krzywizn [Andrzejczyk 1989]. Analizowano także wpływ suszy na przyrost słoja rocznego modrzewi różnych pochodzeń [Szeligowski 2000].

Buk zwyczajny

Katedra Hodowli Lasu SGGW prowadzi badania zmienności buka od r. 1960 do chwili obecnej. Wiosną 1963 r. założono jedną z najstarszych w Polsce powierzchni doświadczalnych z trzema krajowymi pochodzeniami buka (powierzchnia nr 21). W 1995 r. założono na terenie Nadleśnictwa Brzeziny doświadczenie proveniencyjne reprezentujące dwadzieścia dziewięć pochodzeń buka z drzewostanów nasiennych w całym jego areale w Polsce (powierzchnie doświadczalne nr 25a, 25b). Badania te, zainicjowane i przez pierwsze lata koordynowane przez Katedrę Hodowli Lasu AR w Poznaniu, stanowią część ogólnopolskiego

doświadczenia proveniencyjnego, którego celem jest poznanie zmienności genetycznej buka i jego możliwości adaptacyjnych do różnych warunków środowiska. W ramach tego kierunku badań opublikowano wiele prac naukowych [Tarasiuk i in. 1998, 2003, Tarasiuk i Bellon 2000, 2002, Tarasiuk i Jednoralski 2005, Jednoralski i Tarasiuk 2005], powstało też pięć prac magisterskich.

Obce gatunki lasotwórcze

Prace badawcze nad możliwością introdukcji obcych gatunków lasotwórczych do lasów polskich zostały zapoczątkowane w latach trzydziestych XX wieku przez prof. E. Chodzickiego. W 1950 r. rozpoczęto badania nad modrzewiem eurojapońskim (*Larix eurolepis* Henry). W latach 1960–1975 na zlecenie Departamentu Rolnictwa USA prowadzono prace badawcze pod kierunkiem E. Ilmurzyńskiego i przy współudziale J. Dominika nad wzrostem, jakością i odpornością na działanie czynników środowiskowych kilku szybko rosnących gatunków północnoamerykańskich [Bellon i in. 2003]. W 1976 r. w Katedrze Hodowli Lasu rozpoczęto, trwające do dzisiaj, badania nad jodłą olbrzymią (*Abies grandis* Lindl.) prowadzone na powierzchniach doświadczalnych nr 22–24. Ilmurzyński i inni [1968] opracowali charakterystykę wzrostu siedmiu gatunków drzew północnoamerykańskich w szkółkach i uprawach: żywotnika olbrzymiego, jedlicy zielonej, choiny kanadyjskiej, dębu czerwonego, sosny wydmowej, sosny Weymoutha, jodły olbrzymiej i świerka sitkajskiego. Powierzchnie doświadczalne założono m.in. w Rogowie, Wirtach, Tułowicach, Lubartowie, Chojnowie, Żyrzynie, Supraślu, Kraśniku, Olkuszu i Świerkłańcu. W 1991 r. na podstawie wyników 40-letnich doświadczeń opracowano wstępne wytyczne uprawy introdukowanych gatunków drzew leśnych: modrzewia eurojapońskiego, sosny wydmowej i żywotnika olbrzymiego [Bellon i Tumiłowicz 1991].

Zmienności populacyjnej i rodowej i na tej podstawie ocenie wartości genetycznej i hodowlanej poszczególnych gatunków drzew leśnych różnych proveniencji poświęcone zostało wiele innych – nie cytowanych w tekście, a zamieszczonych w literaturze – opracowań naukowych opublikowanych przez pracowników Katedry [zob. Gowin i Góral 1968, Kowalski i Włoczewski 1972a, b, Kamiński 1982, Gunia 1984a, b, 1986, 1994, 1999, Gunia i Żybura 1984, 1987, Bellon i Kamiński 1986, Bellon 1980, 1990, 1999].

Literatura

- Andrzejczyk T.** 1989. Jakość strzał modrzewi różnych pochodzeń na powierzchni proveniencyjnej w LZD Rogów. Sylwan, 11/12, 43–52.
- Andrzejczyk T.** 1992. Jakość hodowlana polskich pochodzeń modrzewia w wieku 20 lat na powierzchni proveniencyjnej w Rogowie. Prace IBL, 739, 33–66.
- Andrzejczyk T., Bellon S.** 1992. Zmienność proveniencyjna modrzewi w warunkach Polski środkowej. Postępy Tech. Leś., 51, 48–58.
- Andrzejczyk T., Bellon S.** 1999. Wzrost i jakość polskich pochodzeń modrzewia w wieku 30 lat na powierzchni proveniencyjnej w Rogowie. Sylwan, 3, 5–9.
- Bellon S.** 1967. Wyniki badań nad wzrostem mieszańca modrzewia *Larix eurolepis* w lasach doświadczalnych SGGW w Rogowie. Folia For. Pol., 13, 127–155.

- Bellon S.** 1980. Górska odmiana sosny wydmowej (*Pinus contorta* var. *latifolia*). Praca habilitacyjna, SGGW, Warszawa.
- Bellon S.** 1990. Dotychczasowe wyniki badań nad jodłą olbrzymią (*Abies grandis*) w Polsce. *Sylwan*, 129, 1, 27–36.
- Bellon S.** 1999. Badania proveniencyjne realizowane przez Katedrę Hodowli Lasu SGGW w centralnej Polsce. [W:] Stan i perspektywy badań z zakresu hodowli lasu. Materiały I Konferencji Leśnej, Sękocin Las, 18–19 maja 1999. IBL, Warszawa.
- Bellon S., Bernadzi E., Żybura H.** 2003. Badania nad introdukcją obcych gatunków drzew leśnych. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, 398, ser. Sesja Naukowa, 88, 17–24.
- Bellon S., Graniczny S., Tumulowicz J.** 1977a. Growth of trees of north American origin on permanent study areas. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Bellon S., Kamiński J.** 1986. A preliminary IUFRO provenances trial with grand fir (*Abies grandis*). *For. Con. Research Paper* No 139.
- Bellon S., Tumulowicz J., Król S.** 1977. Obce gatunki drzew w gospodarstwie leśnym. PWRiL, Warszawa.
- Gowin T.** 1972. Development of apical buds of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings of different provenance. *Ekologia Polska*, XX, 48, 771–779.
- Gowin T.** 1973. Growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings of different provenance on comparative plantations in three regions of Poland. *Ekologia Polska*, XXI, 21, 310–321.
- Gowin T.** 1975. Assimilatory organs of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings of different provenance on comparative plantations in three regions of Poland. *Ekologia Polska*, XXI, 23,1, 109–128.
- Gowin T., Góral I.** 1968. Growth and dry matter accumulation of Scots pine seedlings of different provenance. *Ekologia Polska*, A 16, 325–333.
- Gunia S.** 1984a. Zur Ökotypen Frage bei der Weisstanne (*Abies alba* Mill.) in Polen. [W:] *Konf. s medzinárodnou účasťou „Pestovanie a ochrana jedle”*, Zvolen, 201–210.
- Gunia S.** 1984b. Höhenwachstum und morphologische Merkmale der fünfzehnjährigen Weisstanne (*Abies alba* Mill.) eiger heimischer un fremder Herkünfte am Nordrande ihres Naturverbreitungsgebietes in Polen. *Ann. W. Agric. Univ. – SGGW-AR, Forestry and Wood Technol.*, 32, 31–40.
- Gunia S.** 1985. Zur Frage der Wechselwirkung zwischen Erbgut und Umwelt bei der Weisstanne (*Abies alba* Mill.). *Ergebnisse des 4. Tannen-Symposiums, Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt*, 80, 120–136.
- Gunia S.** 1986. Próba oceny wartości genetycznej i hodowlanej jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) z Sudetów i Karpat polskich. *Sylwan*, 2/3, 83–92.
- Gunia S.** 1994. Verschulpflanzen (2+3) verschiedener Herkünfte von Weisstanne (*Abies alba* Mill.) am Nordrand ihres natürlichen Verbreitungsgebietes in Polen. [W:] 7. IUFRO – Tannensymposium, Altensteig, 84–104.
- Gunia S.** 1999. Zmienność niektórych cech jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) z różnych części naturalnego zasięgu, szczególnie z Polski. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, 339, ser. Sesja Naukowa, 61, 87–99.
- Gunia S., Buraczyk W.** 1999. The content of ash and nutrients in the needles of 1/2 Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedling representing 20 domestic provenances. *Ann. W. Agric. Univ. Forestry and Wood Technol.*, 49, 51–57.

- Gunia S., Kramer W.** 1972. Änderungen einiger Taxationsmerkmale der Weisstanne (*Abies alba* Mill.) am Nord- und Ostrand ihres natürlichen Verbreitungsgebietes in Polen. 5. [W:] IUFRO – Tannensymposium, Zvolen, 255–271.
- Gunia S., Żybura H.** 1984. Variability of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) half-sib families of lowland and mountain Polish provenances in nursery. Ann. Warsaw Agricult. Univ. – SGGW-AR, Forestry and Wood Technol., 32, 41–48.
- Gunia S., Żybura H.** 1987. Height of half-sib Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) families of Polish lowland and mountain provenances during first years in plantation. Ann. Warsaw Agricult. Univ. – SGGW-AR, Forestry and Wood Technol., 36, 79–87.
- Gunia S., Żybura H.** 1999a. Field performance of 20 Polish provenances of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) at a study plot in the Rogów Forest Experimental Station. Ann. Wars. Agric. Univ. Forestry and Wood Technol., 49, 41–50.
- Gunia S., Żybura H.** 1999b. Rody i pochodzenia świerka pospolitego (*Picea abies* [L.] Karst.) z terenu Polski na powierzchniach porównawczych w LZD Rogów. [W:] Materiały Konferencji Naukowej „Genetyczna i hodowlana wartość polskich populacji świerka z zasięgu północno-wschodniego”, Augustów 1999, 135–154.
- Gunia S., Due J.E., Kramer W.** 1972. Die Weisstanne (*Abies alba* Mill.) im Nordosten ihres natürlichen Verbreitungsgebietes. Ergebnisse von Beobachtungen in der Volksrepublik Polen, Forstarchiv, 4/5, 84–91.
- Imurzyński E.** 1961. Próba wyróżnienia i charakterystyki hodowlanej trzech form pokrojowych sosny pospolitej. Prace IBL, 242, 5–184.
- Imurzyński E., Bellon S., Burzyński G., Gutowski J., Kędzierski Z., Kłosowska A., Mierzejewski W.** 1968. Z badań nad wzrostem i rozwojem niektórych gatunków drzew północnoamerykańskich w szkołkach i uprawach. Prace IBL, 364.
- Jednoralski G., Tarasiuk S.** 2005. Prognoza struktury sortymentowej trzech pochodzeń buka wykonana w wieku 44 lat. Sylwan, 4 (w druku).
- Kamiński J.** 1982. Wzrost i wydajność siewek jodły olbrzymiej (*Abies grandis* Lindl.) różnych pochodzeń w tunelach foliowych. Sylwan, 8, 11–20.
- Kowalski M., Włoczewski T.** 1972. Przebieg wzrostu wysokości potomstwa świerków pochodzących z różnych dzielnic Polski. Zesz. Nauk. SGGW, Leśnictwo, 17, 7–27.
- Szeligowski H.** 2000. Proweniencyjne różnice w odporności modrzewia europejskiego (*Larix decidua* Mill.) na suszę. Sylwan, 6, 65–78.
- Szeligowski H.** 2001. The assessment of Polish provenances of European larch at an experimental plot in Rogów (central Poland). Folia Forestalia Polonica, A, 43, 53–68.
- Szeligowski H.** 2003. Odporność na suszę różnych pochodzeń modrzewia na powierzchni badawczej w Rogowie. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 398, ser. Sesja Naukowa, 88, 53–58.
- Tarasiuk S., Bellon S., Szeligowski H.** 1998. Dotychczasowe wyniki badań nad zmiennością krajowych proveniencji buka zwyczajnego na powierzchni doświadczalnej w Nadleśnictwie Brzeziny. Sylwan, 12, 83–91.
- Tarasiuk S., Bellon S.** 2000. Właściwości przyrostowe i fenologiczne buka karpackiego. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 358, ser. Sesja Naukowa, 69, 47–53.
- Tarasiuk S., Bellon S.** 2002. Zmienność populacyjna buka w Polsce – wyniki końcowe I etapu badań w doświadczeniu serii GC 2234 1992-1995 na powierzchni porównawczej w Nadleśnictwie Brzeziny. Sylwan, 2, 35–42.
- Tarasiuk S., Bellon S., Szeligowski H.** 2003. Przydatność hodowlana trzech pochodzeń buka zwyczajnego w wieku 40 lat na uprawie proveniencyjnej w Leśnym Zakładzie

- Doświadczalnym w Rogowie. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 398, ser. Sesja Naukowa, 88, 59–66.
- Tarasiuk S., Jednoralski G.** 2005. Zmienność, jakość hodowlana i właściwości fizyczno-mechaniczne drewna trzech pochodzeń buka na powierzchni doświadczalnej w LZD Rogów. Sylwan, 3, 42–49.
- Żelawski W.** 1968. Badania porównawcze aktywności fotosyntetycznej niektórych proveniencji sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) z terenu Polski. Sylwan, 4, 47–59.
- Żelawski W., Gowin T.** 1966. Variability of some needle characteristics in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) ecotypes grown on the comparative plantation. Ekologia Polska, XIV, 17, 276–283.
- Żelawski W., Góral I.** 1966. Seasonal changes in the photosynthesis rate of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings grown from seed of various provenances. Acta Soc. Bot. Pol., 35, 587–598.
- Żelawski W., Niwiński Z.** 1966. Variability of some needle characteristics in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) ecotypes grown in native conditions. Ekologia Polska, XIV, 19, 302–308.
- Żelawski W., Gowin T., Łotocki A.** 1972. Preliminary study of the ecotype differentiation on three plantations of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Poland. Ekologia Polska, XX, 47, 763–770.

Historia badań genetycznych drzew leśnych w środowisku krakowskim

Janusz Sabor*

Historia badań genetycznych sięga okresu naukowej działalności leśników w Uniwersytecie Jagiellońskim. Prekursorem badań genetycznych w środowisku krakowskim był przybyły z Wyższej Szkoły Lasowej we Lwowie prof. Stanisław Sokołowski – organizator Katedry Leśnictwa UJ, którą kierował w latach 1919–1937.

Do najwartościowszych prac S. Sokołowskiego zaliczyć należy nagrodzone przez PAU opracowanie zmienności rasowej sosny zwyczajnej, które opublikował w 1931 r. w „Pracach Rolniczo-Leśnych” [Sokołowski 1931], a także ocenę pochodzeń dębu szypułkowego z terenów Małopolski i dębu sławońskiego [Sokołowski 1930]. Przedstawił również ocenę prac prof. A. Cieślara na temat zależności między pochodzeniem nasion a cechami potomstwa, a także ocenę opracowania dotyczącego zmienności wewnątrzgatunkowej daglezi *Pseudotsuga Douglasii* [Jaworski 2000]. Ukoronowaniem jego osiągnięć naukowych był wydany po raz pierwszy w 1912 r. podręcznik *Hodowla Lasu* [Sokołowski 1930], z którego korzystało wiele pokoleń leśników.

Kontynuatorem badań prowadzonych przez S. Sokołowskiego był prof. dr hab. Edward Chodzicki (1897–1978) pracujący w dwu ośrodkach naukowych – warszawskim (Wydział Leśny SGGW) i krakowskim (Uniwersytet Jagielloński, filia IBL, Zakład Badań Leśnych PAN oraz Wydział Leśny WSR w Krakowie), kierujący Katedrą Leśnictwa od 1937 r., twórca nowoczesnych podstaw nasiennictwa i hodowli selekcyjnej drzew. Jednym z ważniejszych kierunków badawczych były zagadnienia doświadczalnictwa leśnego, dotyczące m.in. ras geograficznych i ekotypów [Barszcz i Sabor 2000, Barszcz 2002]. W 1949 r. założył w ramach IUFRO z 5-letnich sadzonek doświadczenie proveniencyjne modrzewi IUFRO, w tym dwadzieścia pięć pochodzeń modrzewia europejskiego – *Larix decidua* L. oraz po dwa pochodzenia *L. sukaczewii* i *L. leptolepis*. Był także założycielem licznych powierzchni badawczych w Arboretum w Rogowie, w lasach parkowo-zdrojowiskowych w Krynicy oraz w Lesie Wolskim w Krakowie.

Do grona wybitnych leśników – genetyków należał prof. dr hab. Stanisław Bałut (1921–1993), od 1980 do 1991 – kierownik Zakładu, a następnie Katedry Nasiennictwa i Selekcji Drzew Leśnych Wydziału Leśnego Akademii Rolniczej w Krakowie. Zakład ten rozpoczął działalność w roku 1970 z chwilą powołania Zespołu Dydaktycznego Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych w ramach Instytutu Hodowli Lasu, który w 1981 r. został przekształcony w samodzielny Zakład, a następnie w Katedrę. Prof. S. Bałut był inicjatorem i twórcą unikatowej bazy doświadczalnej, jaką było największe doświadczenie świerka pospolitego IUFRO 1964/68 z 1095 pochodzeniami świerka pospolitego z całego zasięgu występowania gatunku; największego doświadczenia jodły pospolitej

* Katedra Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych, Akademia Rolnicza im. H. Kollątaja w Krakowie

w Polsce – Jd PL 86/90, obejmującego dziewięćdziesiąt dziewięć polskich proveniencji i ponad czterysta rodów, oraz powierzchni porównawczych z jodłą olbrzymią i modrzewiem w Krynicy. Prof. S. Bałut uczestniczył także w badaniach grup roboczych IUFRO S 02 02-02-11 Proveniencje świerka pospolitego i 1-01-08 Jodła pospolita.

Obecnie w Katedrze Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych AR w Krakowie badania w zakresie genetyki i selekcji drzew prowadzi czterech pracowników naukowych: prof. dr hab. Janusz Sabor (kierownik Katedry), dr hab. Marian Kulej, dr inż. Kinga Skrzyszewska oraz dr inż. Jacek Banach. Do roku akademickiego 2004/2005 (włącznie) pracownikiem Katedry była również dr Magdalena Polak-Berecka.

Od 1970 r. do dzisiaj prace naukowe Zespołu (1970–1982), następnie Zakładu (1982–1989), a obecnie Katedry koncentrują się na ocenie zmienności wewnątrzgatunkowej gatunków lasotwórczych Karpat w oparciu o powierzchnie proveniencyjne świerka pospolitego [Bałut i Sabor 2001, 2002], jodły pospolitej [Skrzyszewska 1997], modrzewia [Kulej 2001], jodły olbrzymiej w Krynicy, a także sosny zwyczajnej w Polanach k. Grybowa [Sabor 1993] i modrzewi w Kolanowie k. Bochni. Aktualnie rozwijane są badania nad strukturą genetyczną populacji drzew leśnych z wykorzystaniem biochemicznych markerów genetycznych, izoenzymów [Polak-Berecka 2001] oraz związków terpenowych [Sabor 1991, Skrzyszewska 1997, Sabor i Skrzyszewska 2002a, b]. Nowym kierunkiem badań jest zachowanie zasobów genowych w programie regionalnych banków genów [Sabor 2000], w tym w nowo założonym regionalnym Karpackim Banku Genów, w którym ochroną objęto czterdzieści dwa jodłowe drzewostany nasienne z Karpat oraz dziewiętnaście drzewostanów bukowych.

Pracownicy Katedry prowadzą również intensywne badania nad zmiennością wewnątrzgatunkową oraz wartością genetyczno-hodowlaną populacji cząstkowych jodły [Sabor i in. 2005] i dębów [Banach 2004].

Wykaz założonych powierzchni badawczych i doświadczeń proveniencyjnych o zasięgu międzynarodowym i krajowym, w jakich uczestniczą pracownicy Katedry, przedstawiono w Dodatku A (tablica X).

Literatura

- Bałut S., Sabor J.** 2001. Inventory provenance test of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst) IPTNS-IUFRO 1964/68 in Krynica. Part I. Description of the experimental area. Test material. AR w Krakowie.
- Bałut S., Sabor J.** 2002. Inventory provenance test of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst). IPTNS-IUFRO 1964/68 in Krynica. Part II. Test results of 1968–1984. Geographical variability of traits in the whole range of the species. AR w Krakowie.
- Banach J.** 2004. Zmienność wewnątrzgatunkowa oraz adaptacja wybranych pochodzeń i rodów dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) w warunkach Pogórza Karpat. Katedra Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych AR w Krakowie. Praca doktorska (maszynopis).
- Barszcz J.** 2002. Badania Profesora Edwarda Chodzickiego nad znaczeniem rodzimych i introdukowanych gatunków drzew domieszkowych w lasach. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 394, ser. Sesja Naukowa, 86, 91–113.

- Barszcz J., Sabor J.** 2000. Edward Chodzicki (1897–1978). [W:] Złota Księga Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie. Wyd. AR w Krakowie, 195–204.
- Jaworski A.** 2000. Stanisław Sokołowski (1865–1942). [W:] Złota Księga Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie. Wyd. AR w Krakowie, 91–99.
- Kulej M.** 2001. Zmienność oraz wartość hodowlana modrzewi różnych pochodzeń z terenu Polski w warunkach siedliskowych Beskidu Sudeckiego. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 273, ser. Rozprawy, 273.
- Polak-Berecka M.** 2001. Określenie struktury genetycznej wybranych populacji świerka pospolitego z terenu Karpat metodą markerów izoenzymowych. Katedra Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych AR w Krakowie. Praca doktorska (maszynopis).
- Sabor J.** 1991. Wstępna ocena biochemicznego polimorfizmu polskich pochodzeń sosny zwyczajnej na podstawie analizy zawartości monoterpenów w korze drzew. Sylwan, 10, 37–42.
- Sabor J.** 1993. Zmienność sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) i hodowlana wartość jej polskich proveniencji w warunkach siedliskowych Beskidu Sudeckiego. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, ser. Rozpr. Hab., 185.
- Sabor J.** 2000. Opracowanie metodyki sporządzania regionalnych banków genów, Leśny Bank Genów Kostrzyca, z. 20.
- Sabor J., Skrzyszewska K.** 2002a. Rola genetycznych markerów terpenowych w selekcji i taksonomii drzew leśnych. I. Chemizm i synteza – zakres zastosowań. Sylwan, R. CXLVI, nr 8, 41–48.
- Sabor J., Skrzyszewska K.** 2002b. Rola genetycznych markerów terpenowych w selekcji i taksonomii drzew leśnych. II. Studia struktury genetycznej populacji drzew leśnych. Sylwan, R. CXLVI, nr 8, 49–60.
- Sabor J., Skrzyszewska K., Mejnartowicz L.** 2005. Genetyczna analiza zmienności między- i wewnątrzpopulacyjnej jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w świetle potrzeb hodowli i zachowania zasobów genowych gatunków drzew leśnych. Sprawozdanie końcowe tematu 7/00. Zalecenia dla praktyki. Katedra Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych AR w Krakowie (maszynopis).
- Skrzyszewska K.** 1997. Analiza zmienności wewnątrzgatunkowej i wartości genetyczno-hodowlanej jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) pochodzeń Ogólnopolskiego Doświadczenia Proveniencyjnego Jd PI 86–90. Katedra Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych AR w Krakowie. Praca doktorska (maszynopis).
- Skrzyszewska K.** 1999. Ocena struktury genetycznej jodły pospolitej markerami monoterpenowymi na powierzchni porównawczej Jd PI 86–90 w Nadleśnictwie Baligród. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 339, ser. Sesja Naukowa, 61, 67–86.
- Sokołowski S.** 1912. Doświadczenia nad żołądzą sławońską i galicyjską. Sylwan, 30, 393–411.
- Sokołowski S.** 1930. Hodowla lasu. LSTW, Lwów, wyd. III.
- Sokołowski S.** 1931. Prace biometryczne nad rasami sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris*) na ziemiach Polski. Prace Rolniczo-Leśne, 5, PAU, Warszawa, Kraków.

Część II

Podstawy teoretyczne. Genetyka biochemiczna

Wstęp do genetyki biochemicznej

Leon Mejnartowicz*

Rezultaty badań genetycznych drzewostanów w ostatnich dziesięcioleciach, szczególnie w zakresie genetyki biochemicznej, w znacznym stopniu wpłynęły na wyjaśnienie statusu systematycznego i ekologicznego oraz struktury genetycznej populacji najważniejszych gatunków europejskich i północnoamerykańskich drzew leśnych.

Sądzi się na przykład, że długowieczność dębów europejskich: szypułkowego (*Quercus robur* L.; jego synonim: *Q. pedunculata* Ehrh.) oraz bezszypułkowego (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) wiąże się z ich plastycznością fenotypową wynikającą z dużej zmienności genetycznej tych gatunków. Zmienność tę można było określić dokładnie tylko za pomocą genów kodujących izoenzymy i markerów DNA. Okazało się, że zakres rozpoznanej zmienności genetycznej u dębów należy do największej wśród dotychczas poznanej u drzew leśnych.

Analiza zmienności genetycznej krajowych gatunków drzew w znacznej mierze reprezentowana jest przez doświadczenia porównawcze różnych populacji, czyli tzw. doświadczenia proveniencyjne. Doświadczenia te opisują głównie zmienność morfologiczną i fizjologiczną cech mających związek z produktywnością drzewostanów. Istotną różnicą między badaniami proveniencyjnymi a genetyczną analizą populacji za pomocą genów markerowych i markerów DNA polega na tym, że wszystkie cechy analizowane podczas badań proveniencyjnych są kodowane przez wiele genów, czyli są cechami poligenicznymi. Do takich cech należą cechy o istotnym znaczeniu dla gospodarki leśnej, m.in. przyrost drzew na wysokość i grubość, odporność na mróz, fazy fenologiczne, wrażliwość na suszę i choroby wywoływane przez grzyby itp. Cechy te podlegają w znacznym stopniu oddziaływaniu środowiska, a ich odziedziczalność jest niewielka i tym zasadniczo różnią się od izoenzymowych markerów genowych, terpenów i markerów DNA.

Odmienne założenia leżą u podstaw analizy genów markerowych – enzymowych lub markerów otrzymanych z bezpośredniego trawienia (rozcinania) DNA czy też innych markerów biochemicznych, odnoszących się zwykle do metabolitów wtórnych, takich jak terpeny, fenole itp. Markery genetyczne są z reguły cechami jednogenowymi, o charakterze dziedziczenia dominującym, kodominującym lub recesywnym. Zwykle są one przekazywane z pokolenia na pokolenie zgodnie z prostymi regułami praw Mendla. Dzięki obecności tkanki haploidalnej w megagametoficie (w literaturze używane są równoważnie określenia: makrogametofit i endosperm) u roślin z klasy szpilek (*Coniferae*) można określić genotyp osobnika za pomocą genów markerowych, bez uciekania się do hodowli kontrolowanych mieszańców. Analiza genetyczna takich cech w materiale diploidalnym i poliploidalnym roślin okrytonasiennych (*Angiospermae*), do których zaliczamy nasze drzewa liściaste, stwarza większe trudności. W celu pokonania tych trudności wykonuje się kontrolowane zapylenia wewnątrz- i międzygatunkowe, by otrzymać mieszańce o znanych genotypach.

* Pracownia Genetyki Biochemicznej, Instytut Dendrologii PAN w Kórniku

W genetyce biochemicznej stosuje się szereg bardzo specyficznych terminów, określeń i skrótów, których liczba wciąż rośnie wraz z rozwojem metod analitycznych. Poniżej zostaną przedstawione niektóre podstawowe pojęcia mające związek z genetyką biochemiczną.

Podstawowe pojęcia genetyczne

Obok badań enzymów, genetyka biochemiczna zajmuje się również analizą białek innego typu, np. białek strukturalnych, oraz związków fenolowych, cukrowców, a szczególnie zainteresowanie budzą bezpośrednie nośniki informacji genetycznej, jakimi są DNA – kwas dezoksyrybonukleinowy i RNA – kwas rybonukleinowy. Kwasy te u roślin są zawarte w jądrze komórkowym, chloroplastach i w mitochondriach, a RNA także w cytoplazmie. Markery DNA, podobnie jak markery genowe, by mogły być wykorzystywane w analizie genetycznej, muszą występować w formie allelicznej.

Organizmy, jakimi są drzewa, składają się z bilionów komórek. Wszystkie te komórki pochodzą od jednej zapłodnionej komórki – zygoty. Oznacza to, że komórka ta zawiera w sobie informację genetyczną – ojcowską, przekazaną przez pyłek i mateczną – zawartą w komórce jajowej i że ma ona zdolność do dokładnego przekazywania tej informacji tysiącom następnym generacji komórek. W zapłodnionej komórce jajowej – zygocie – znajduje się informacja dotycząca wzrostu, rozwoju, rozmnażania się i również, jak się ostatnio okazało, także śmierci organizmu. Jest to niezwykła właściwość żywej komórki – zdolność precyzyjnego przekazywania cech dziedzicznych, zakodowanych w układzie nukleotydów w DNA, kolejnym pokoleniom komórek. Występujące niekiedy zmiany w sekwencji nukleotydów w DNA nazywamy mutacjami.

Materiał genetyczny u organizmów eukariotycznych, tj. takich, których komórki zawierają jądra komórkowe otoczone błonami (a więc także u drzew), ułożony jest liniowo w skomplikowane struktury zwane chromosomami, zawierającymi obok DNA i RNA kwaśne i zasadowe białka – histony. Wszystkie drzewa należą do eukariota. Chromosomy eukariota zawierają tysiące razy więcej DNA niż prokariota, czyli wirusy i bakterie. Genom stanowi haploidalny (tj. pojedynczy) zespół chromosomów, który znajduje się w jądrze komórkowym gamety męskiej lub żeńskiej. Genom zawiera całą informację genetyczną organizmu. U człowieka genom jądrowy składa się z około trzech miliardów par zasad rozmieszczonych na odrębnych, dwudziestu czterech odcinkach DNA – chromosomach. Zasady tworzą pary w DNA następująco: tymina (T) łączy się z adeniną (A), a cytozyna (C) – z guaniną (G).

Liczbę chromosomów znajdujących się w gametach, tj. w pyłku lub w komórce jajowej, nazywamy haploidalną liczbą chromosomów (n). Haploidalna liczba chromosomów może być równa lub większa od podstawowej liczby chromosomów (x) stanowiącej najmniejszą, monoploidalną liczbę chromosomów danego gatunku. Na przykład u wszystkich dębów i krajowych sosen genom stanowi $n = x = 12$ chromosomów, ale np. w przypadku rodzaju *Betula* sądzi się, że $x = 7$ chromosomów. Podobnie u rodzaju *Tilia*, mającego największy genom (41 chromosomów) spośród naszych drzew leśnych, $x = 7$ chromosomów. Przykładowe dane dotyczące haploidalnej liczby chromosomów u ważniejszych rodzajów drzew zestawiono w postaci tabelarycznej.

Haploidalna liczba chromosomów u niektórych rodzajów drzew

Rodzina	Rodzaj	Liczba podstawowa n
<i>Ginkgoaceae</i>	<i>Ginkgo</i>	12
<i>Pinaceae</i>	<i>Abies, Pinus, Picea</i>	12
	<i>Pseudotsuga</i>	12, 13
<i>Betulaceae</i>	<i>Alnus, Betula, Corylus</i>	14
<i>Fagaceae</i>	<i>Fagus, Quercus</i>	12
<i>Ulmaceae</i>	<i>Ulmus</i>	14
<i>Oleaceae</i>	<i>Fraxinus</i>	23
<i>Tiliaceae</i>	<i>Tilia</i>	41

Komórki somatyczne, tj. wszystkie komórki organizmu poza rozrodczymi, są u większości drzew komórkami diploidalnymi, czyli zawierają po dwa genomy, np. u sosen, świerków i dębów mają po 24 chromosomy. Genom człowieka zawiera 24 chromosomy (w komórkach znajdujemy 22 autosomy + 2 chromosomy płci, czyli łącznie 46 chromosomów), a u słynnej muszki owocowej (*Drosophila melanogaster*) znajdujemy jedynie 4 pary chromosomów, co też przesądziło o jej wielkim znaczeniu dla podstawowych badań genetycznych.

Z definicji wynika zatem, że w komórkach somatycznych organizmu diploidalnego znajdują się zawsze dwa genomy – jeden zespół chromosomów pochodzący od ojca (u drzew przekazywany przez pyłek) i drugi – od matki (u wszystkich organizmów eukariotycznych przekazywany w komórce jajowej).

Prawie wszystkie nasze drzewa leśne są diploidami, a tylko nieliczne – poliploidami. U poliploidów podobnie jak u diploidów gamety zawierają połowę liczby chromosomów znajdujących się w komórkach somatycznych. Poliploidy spotykamy wyłącznie wśród krajowych drzew liściastych: np. niektóre osiki są triploidami, brzoza omszona ($4n = 56$) i jawor ($4n = 52$) są tetraploidami. Poliploidami są też niektóre wierzby, np. *Salix fragilis* ($2n = 38, 57, 76, 114$), *Salix alba* ($2n = 76$). Poliploidy tego samego gatunku nie zawsze różnią się zewnętrznie od diploidów.

Zewnętrzny obraz organizmu lub cechy (wysokość, grubość, pokrój, barwa itp.) nazywamy fenotypem. Organizmy o takim samym składzie genetycznym mogą różnić się zewnętrznie, czyli mieć różne fenotypy, bowiem fenotyp jest sumą współdziałania czynników środowiskowych i genetycznych, i przeciwnie – osobniki o jednakowych fenotypach mogą mieć różne genotypy. Selekcja i hodowla drzew opierały się do połowy lat siedemdziesiątych XX w. na ocenie wartości fenotypowej drzew, bez znajomości struktur genetycznych populacji. Stąd mamy do czynienia ze stosunkowo małym postępowaniem selekcyjnym uzyskiwanym w hodowli lasu.

Fundamentalnym pojęciem w genetyce, której to nazwy użył jako pierwszy w 1905 r. Bateson, jest gen. Pojęcia genu i genotypu zostały wprowadzone do nauki w 1909 r. przez Johannsena.

Gen jest to jednostka dziedziczenia wyrażona liniowym układem nukleotydów w DNA lub RNA, określająca dzięki zawartej w nim informacji genetycznej kolejność aminokwasów w polipeptydzie lub nukleotydów w cząsteczkach RNA. Przyjmuje się, że geny zajmują określoną pozycję w chromosomie nazywaną locus genu (liczba mnoga: loci).

W wyniku działania zarówno czynników zewnętrznych, jak i wewnętrznych może dochodzić do zmian w strukturach DNA (mutacji), w wyniku czego powstają różne formy danego genu nazywane allelami. Allele to formy genu leżące na homologicznych chromosomach.

Powszechnie używane w genetyce pojęcie genotypu jest niejednoznaczne. Ma co najmniej trzy znaczenia:

- 1) całkowity zespół genów znajdujących się w organizmie,
- 2) zbiór alleli danego locus lub kilku badanych loci,
- 3) grupa organizmów mających identyczną budowę genetyczną.

W literaturze genetycznej możemy też spotkać określenie genotypu jako „opis genetycznej zawartości organizmu”.

Genotyp może być określony na podstawie analizy potomstwa powstałego z kontrolowanego krzyżowania dwóch osobników, czyli tak jak czynił to twórca genetyki Grzegorz Mendel. Metoda ta została zastosowana na wielką skalę w ostatnich latach, w analizie genetycznej dębów europejskich. Formy rodzicielskie i potomstwo są następnie poddawane bezpośredniej analizie DNA lub jego produktów w postaci izoenzymów.

Zaskakująco duża część, bo ponad 97%, DNA u eukariota jest „bezsensowna”, co oznacza, że taki fragment DNA nie niesie informacji genetycznej. Odwrotnie u prokariota – bezsensowny DNA stanowi zaledwie 10% materiału genetycznego. DNA bezsensowny nazywany jest też „śmieciowym”, „pasożytniczym lub „samolubnym”. U człowieka stanowi on nieco ponad 98% całej ilości DNA. Bezsensowny DNA zawiera błędy w kodzie genetycznym, jest nie przepisywany – to znaczy nie koduje i może mieć sekwencje zasad powtórzone nawet setki i tysiące razy w genomie. Sądzi się, że śmieciowy DNA nie pełni żadnych funkcji w komórce, a przynajmniej nie zostały one, jak dotychczas, odkryte. Nie kodujące fragmenty DNA są często wykorzystywane do badań molekularnej zmienności wewnątrz- i międzygatunkowej drzew.

Niektóre geny są powtórzone w DNA wiele razy, niekiedy kilkadziesiąt, a nawet kilka tysięcy razy. Nie należy mylić wielu kopii jednego genu z pojęciem poligeny, tj. takiego genu, który łącznie z kilkoma innymi genami o jednakowym działaniu kształtuje jakąś cechę ilościową. Zmienność genetyczna cech ilościowych, wywołana równoczesną segregacją wielu genów, nazywana jest zmiennością poligeniczną, a powodujące ją geny noszą wtedy nazwę poligenów (lub genów kumulatywnych). Zmianom fenotypowym wywołanym przez wcześniej wspomniane mutacje zapobiegają geny supresorowe.

Jeżeli chromosomy homologiczne zawierają w danym locus lub loci odmienne allele, to organizm taki nazywamy heterozygotycznym. U heterozygoty para genów pochodząca od matki i od ojca jest różna (np. *A1A2* lub *Aa*), gdy zaś są one identyczne (np. *A1A1* lub *aa*), to organizm taki jest homozygotą. W genetyce biochemicznej terminu „heterozygotyczność” używa się powszechnie do określenia częstości (frekwencji) heterozygot w badanym zbiorze osobników. Heterozygotyczność obserwowana w populacji w danym momencie oznaczana jest symbolem *H_o* (lub jako heterozygotyczność aktualna – *Ha*). Heterozygotyczność oczekiwaną w badanej populacji zgodnie z prawem Hardy’ego-Weinberga oznaczamy symbolem *H_e*.

Geny letalne i subletalne

Geny letalne nazywane są niekiedy czynnikami letalnym. Badane były u wielu organizmów, w tym także u drzew, np. u modrzewi [Kosiński 1986]. Geny te powodują śmierć organizmu w sytuacji, gdy allele wystąpią w stanie homozygotycznym lub gdy mają charakter allelu dominującego. Oszacowana liczba czynników letalnych u drzew wynosi około 7. Geny półletalne (semiletalne) nie powodują śmierci drzew, a jedynie obniżają ich żywotność. Geny letalne i półletalne mają istotny wpływ na osobniczy sukces reprodukcyjny, zmniejszając bowiem liczebność potomstwa powstałego z samozapłodnienia, czyli zmniejszają chów wsobny.

U organizmów heterozygotycznych w pierwszym pokoleniu Mendel [1866] zauważył, że niektóre cechy i odpowiadające im allele mają charakter dominujący, podczas gdy inne są przez nie maskowane. Allele te i cechy przez nie kodowane nazywamy recesywnymi. W analizie bezpośredniej DNA u drzew stwierdzono występowanie obydwu typów tych genów, a ponadto w wyniku badań nad dziedziczeniem enzymów okazało się, że bardzo wiele genów nie jest ani dominującymi, ani recesywnymi. W takim przypadku nazywane są one genami kodominującymi.

Izoenzymy

Izoenzymy (albo izozymy lub też allozymy) są allelicznymi formami enzymów. Termin „izoenzym”, zalecany przez Międzynarodową Unię Biochemiczną, zaproponowali Markert i Møller [1959] do określenia różnych form cząsteczkowych enzymu o takiej samej specyficzności substratowej. Wiele izoenzymów spełnia warunki, o czym dalej, stawiane genom markerowym [Hamrick i Godt 1989]. Badania izozymów u drzew leśnych w Polsce wprowadzono po raz pierwszy w 1975 r. w celu poznania różnic wewnątrzgatunkowych modrzewia [Mejnartowicz i Bergmann 1975], daglezi [Mejnartowicz 1976], a następnie sosny [Krzakowa i Szweykowski 1978, Mejnartowicz 1979b, Mejnartowicz i Bergmann 1985, Prus-Głowacki i in. 1993], jodły [Mejnartowicz [1979a, 2003, Mejnartowicz i Bergmann 2003], świerka [Mejnartowicz i Bergmann 1977], cisa [Lewandowski i in. 1995] i innych gatunków.

Niezwykle ważną rolę odegrały badania izoenzymowych genów markerowych w analizie drzewostanów występujących w warunkach zanieczyszczonego środowiska. Dzięki tego typu badaniom, wykonanym w Polsce po raz pierwszy na świecie, udowodniono, że zanieczyszczenia wywierają wpływ na strukturę genetyczną populacji drzew leśnych [Mejnartowicz 1982, 1983, 1984, Scholz i Bergmann 1984, Prus-Głowacki i Nowak-Bzowy 1989]. Zaletą badania izoenzymów jest bezpośredni związek izoenzymów z ważnymi szlakami metabolicznymi [Bergmann i Mejnartowicz 2002, Mejnartowicz i Bergmann 2003].

Geny sprzężone

Można oczekiwać, że allele różnych loci (geny niealleliczne) dzięki rekombinacji łączą się losowo w populacji. Jednakże geny i markery leżące na tym samym chromosomie mają tendencję do wspólnego przenoszenia przez gamety. Zjawisko to nazywamy sprzężeniem

genetycznym. Im bliżej siebie geny leżą na chromosomie, tym większe jest ich sprzężenie i tym większa jest ich tendencja do wspólnego przechodzenia do następnego pokolenia komórek. Przy sprzężeniu loci obserwowana częstość dwóch lub więcej genotypów w populacji panmiktycznej, tj. takiej, w której kojarzenie zachodzi losowo (a tak teoretycznie jest w większości populacji drzew leśnych), jest inna niż wynika to z teoretycznego rozkładu częstości genów w populacji. Udział rekombinantów wśród potomstwa jest mniejszy niż ma to miejsce przy losowej segregacji genów. Zjawisko to nazywamy nierównowagą sprzężeniową. W czasie mejozy może dochodzić do pęknięć chromatyd i wymiany odcinków w chromosomach homologicznych. Dzięki temu zjawisku, nazywanym „crossing-over”, dochodzi do rozerwania sprzężeń między genami. Crossing-over może zachodzić także w czasie mitozy, jako tzw. somatyczny crossing-over.

Geny markerowe

Geny markerowe stosowane są w analizie zmienności międzygatunkowej, wewnątrzgatunkowej, wewnątrzsobniczej, a nawet wewnątrztkankowej i wewnątrzkomórkowej [Müller-Starck 1991]. Uważa się, że geny takie powinny:

- a) mieć charakter alleliczny,
- b) łatwy do określenia charakteru dziedziczenia,
- c) nie wykazywać wrażliwości na wpływy środowiska,
- d) nie zmieniać się w trakcie rozwoju ontogenetycznego,
- e) pozwalać na wykrywanie zmian w genomie,
- f) umożliwiać wykrywanie tzw. cichych zmian nukleotydowych, tzn. takich, które nie przejawiają efektu fenotypowego.

W genetyce biochemicznej drzew wykorzystywane są głównie geny markerowe, oznaczane za pomocą bezpośredniej analizy DNA, oraz geny izoenzymowe i markery otrzymane po elektroforezie tzw. białka ogólnego. Z częstości alleli w populacji obliczany jest dystans genetyczny między populacjami – mówimy wtedy o dystansie allelicznym, lub z częstości genotypów obliczany jest dystans genotypowy. Najczęściej stosowaną metodą obliczania dystansu genetycznego jest metoda, którą opracował Nei [1972]. Według tej metody populacje znajdują się na ciągłej skali zawartej między zerem a jednością. Wartość zerową dystans uzyskuje wtedy, gdy populacje są identyczne genetycznie, a wartość 1 – gdy nie mają wspólnych alleli lub genotypów. Nieco inaczej podchodzi do oceny dystansu genetycznego Gregorius [1974], bowiem w opracowanej przez niego metodzie dystans nie ma ograniczonej wartości.

Zastosowanie rekombinacji DNA *in vitro* do badań genetycznych drzew

Informacja genetyczna u drzew zawarta jest nie tylko w DNA jądrowym, który oznaczamy skrótem nDNA (od nazwy angielskiej „nuclear DNA”), ale także w genach znajdujących się poza chromosomami – w chloroplastach. DNA chloroplastowy oznaczamy jako ctDNA lub cpDNA. Tak oznaczony DNA bywa mylony z cDNA – DNA komplementarnym w dwuniciowej kopii kodującego białko kwasu rybonukleinowego – mRNA. Ponadto niewielkie ilości DNA znajdujemy w organellach wytwarzających energię – mitochondriach. Mitochondrialny DNA tworzy kolistą cząsteczkę zbudowaną z około 200-2400 tysięcy par zasad i określany jest skrótem mtDNA.

W ciągu ostatnich piętnastu lat zostały wybitnie ulepszone metody analizy i sekwencjonowania DNA i to w takim stopniu, że podjęto udaną próbę zbadania całego genomu człowieka, a dzięki rozwiniętych w tym celu technikom analitycznym i statystycznym znacznie wzrosła wiedza o genomie drzew.

Metoda PCR (reakcja łańcuchowa polimerazy), odkryta w 1983 r. przez Kary Mullisa, pozwalająca namnażać DNA, uważana jest za jedno z największych osiągnięć naukowych minionego stulecia. Spirala, a dokładniej helisa, DNA składa się z dwóch bardzo długich łańcuchów polinukleotydów. Helisa DNA może zostać rozwinięta pod działaniem czynników denaturujących, np. wysokiej temperatury, kwasów czy zasad, lub rozcięta przez enzymy – endonukleazy, dla których substratem jest dwuniciowy DNA. Nić komplementarnego DNA oznaczana jest skrótem cDNA. Nić taka może zostać ponownie połączona w procesie renaturacji z własną nicią lub dołączyć do fragmentu DNA innego gatunku, uzyskując w ten sposób nowy, hybrydowy, rekombinacyjny DNA (rDNA), np. fragment DNA dębów, świerka, sosny czy daglezi łączy się z fragmentem DNA petunii, którego sekwencja została już poznana. Komplementarność nici DNA wynika z sekwencji połączeń między parami zasad: adenina–tymina (AT) i guanina–cytozyna (GC). Z DNA związane są polisacharydy złożone z łańcucha monosacharydów połączonych wiązaniami glikozydowymi. Są one związkami ochronnymi i jako takie utrudniają reakcje chemiczne z DNA.

Metody dotyczące bezpośredniej analizy DNA można zgrupować w dwie kategorie:

- A) nie wykorzystujące PCR,
- B) oparte na metodzie PCR.

Ad. A. Do metod nie opierających się na PCR (non-PCR) należy np. RFLP – najstarsza technika analizująca polimorfizm długości fragmentów restrykcyjnych (Restriction Fragment Length Polymorphism). W DNA organizmów wyższych obserwuje się liczne powtórzenia pewnych sekwencji zasad. Podobnie RNA nie jest wolny od powtórzeń. Zoldos i inni [1999] ujawnili obecność 2200 powtórzeń pewnych genów w rRNA u *Q. robur* i *Q. petraea* i aż 4000 powtórzeń tych genów u *Q. pubescens*.

Regiony DNA z pewną liczbą powtórzeń nukleotydów to tzw. mikrosatelity lub inaczej – proste powtórzenia tandemowe (STR – simple tandem repeats), które zawierają około 2–8 par nukleotydów w powtórzeniu liniowym, oraz minisatelity, inaczej: zmienna liczba powtórzeń tandemowych (VNTR), zawierające dłuższe fragmenty powtórzeń 16–100 nukleotydów. Mikrosatelity i minisatelity są hiperzmiennymi regionami DNA.

Analiza mikrosatelitów i minisatelitów odegrała szczególnie dużą rolę we współczesnej genetyce dębów, pozwalając na skonstruowanie map genomów jądrowych i cytoplazmatycznych [Barreneche i in. 1998, Dumolin-Lapeague i in. 1998]. Mikrosatelity jako markery DNA pozwoliły np. na wykrycie niepożądanych domieszek w plonie nasion *Q. robur* oraz na określenie genotypu matek na podstawie analizy półrodzeństw [Lexer i in. 1999, 2000]. Dotychczas nie jest wiadome, jaka jest funkcja biologiczna mini- i mikrosatelitów. Znajdujemy je głównie w regionach centromerów, telomerów oraz w pętłach chromatyny, mających prawdopodobnie znaczenie w czasie łączenia się w pary homologicznych chromosomów.

Fragment nici DNA można namnożyć w milionach kopii i przenieść (klonować) za pomocą plazmidów bakteryjnych znajdujących się w bakteriach patogenicznych, takich jak *Agrobacterium tumefaciens* czy *Agrobacterium rhizogenes*. Plazmidy są pozachromosomowymi, superzwiniętymi, kolistymi, cząstkami dwuniciowego DNA. Mają one region zdolny do samopowieliania i powieliania połączonych z nim genów.

Ad. B. Metoda PCR – reakcja łańcuchowa polimerazy (PCR – Polymerase Chain Reaction) pozwala powielać przez polimerazę DNA sekwencje jednoniciowego DNA (ang. ssDNA – single-stranded DNA) służące jako matryca do syntezy nici komplementarnej. Starterami są oligonukleotydy hybrydujące specyficznie z określonym regionem jednoniciowego DNA (matrycy). Starter umożliwia rozpoczęcie reakcji, tworząc dwuniciowy DNA oraz wyznacza na matrycy sekwencjonowany region. Jedną z metod należących do grupy PCR jest analiza polimorfizmu DNA amplifikowanego losowo – RAPD (Randomly Amplified Polymorphic DNA). Atrakcyjność tej metody polega na jej prostocie, szybkości i wydajności oraz na stosowaniu nieskomplikowanej aparatury w postaci termocyklera. Markery RAPD mają dominujący charakter dziedziczenia. Genotypy homozygot są zatem odróżnialne tylko przez obecność lub brak prążka na żelu, na którym wykonuje się elektroforezę. Dość częstym błędem jest utożsamianie obecności prążka o takim samym ciężarze cząsteczkowym na żelu RAPD z jego identycznością u dwóch porównywanych organizmów. Jednakże prążki o takim samym ciężarze cząsteczkowym nie zawsze są identyczne.

W odróżnieniu od drzew nagozależkowych, drzewa okrytozależkowe sprawiają znaczne trudności w czasie badań przepływu genów między populacjami, wewnątrz populacji, a także między generacjami drzew. Ostatnio problem ten próbuje się rozwiązać poprzez analizę mikrosatelitarnego DNA. Lexer i inni [2000] opracowali metodę śledzenia dawców gamet męskich w półrodzeństwach (haf-sib) dębu szypułkowego, stosując analizę kodominujących loci mikrosatelitarnych. Metoda ta może być stosowana także do badań innych gatunków drzew.

Genom chloroplastowy (cpDNA, ctDNA) i jego zmienność

W genetyce bardzo dużą rolę odgrywają badania DNA zawartego w jądrze komórkowym, a szczególnie w chloroplastach i mitochondriach. Cechą charakterystyczną DNA chloroplastowego jest to, że tworzy on koliste cząsteczki zawierające dużą liczbę powtórzonych sekwencji nukleotydowych, o identycznej budowie. Informacja genetyczna w cpDNA jest bardzo „upakowana”. Chloroplastowy DNA jest ewolucyjnie bardzo konserwatywny, z wyjątkiem niektórych regionów, tzw. hot spots, gdzie zmienność jego jest tak duża, że można badać nawet zmienność wewnątrzklonalną drzew [Mejnartowicz 1992]. U *Pinaceae*, *Taxodiaceae* i innych genom chloroplastowy dziedziczony jest od drzewa ojcowskiego.

Genom mitochondrialny (mtDNA)

Genom mitochondrialny, chociaż bardzo mały, jest niezwykle ważny dla organizmu ze względu na kodowane w nim enzymy oddychania tlenowego. DNA mitochondrialny (mtDNA) dziedziczy się tylko od jednego rodzica. U wielu roślin, w tym u świerka pospolitego, mtDNA dziedziczy się w sposób maceczny. Mitochondrialny DNA koduje rRNA i tRNA potrzebne do translacji mitochondrialnego mRNA. Ilość DNA zawartego w mitochondriach jest bardzo mała, wynosi bowiem mniej niż 1% całego DNA. W mtDNA występuje, w odróżnieniu od cpDNA, duża zmienność wyrażona szeregiem mutacji punktowych, które można badać za pomocą metody RLPF. Badania mtDNA i cpDNA u 378 populacji *Quercus robur* z Francji ujawniło istnienie asocjacji pomiędzy pewnymi mutacjami cpDNA i mtDNA. Grupowanie populacji oparte na rezultatach badań cpDNA i mtDNA dało taki sam wynik [Dumolin-Lapeague i in. 1998].

Literatura

- Barreneche T., Bodenes. C., Lexer C., Trontin J.F., Fluch S., Streiff R., Plomion C., Roussel G., Steinkellner H., Burg K., Favre J.M., Glossl J., Kremer A.** 1998. A genetic linkage map of *Quercus robur* L. (pedunculate oak) based on RAPD, SCAR, microsatellite, minisatellite, isozyme and 55 rDNA markers. *Theoretical and Applied Genetics*, 97(7), 1090–1103.
- Bergmann F., Mejnartowicz L.** 2002. Substrate specificity of glucokinase and fructokinase of several conifer species. *Acta Soc. Bot. Poloniae*, 71(2), 125–127.
- Dumolin-Lapeague S., Pemonge M.H., Petit R.J.** 1998. Association between chloroplast and mitochondrial lineages in oaks. *Molecular Biology and Evolution*, 15 (10), 1321–1331.
- Gregorius H-R.** 1974. Genetischer Abstand zwischen Populationen. 1. Zur Konzeption der genetischen Abstandsmessung. *Silvae Genetica*, 23, 22–27.
- Hamrick J.L., Godt M.J.** 1989. Allozyme diversity in plant species. [W:] *Plant population genetic, breeding and genetic resources*, red. A.H.D. Brown, M.T. Clegg, A.L. Kahler, B.S. Weir. Sinauer Associates, Sunderland MA, 43–63.
- Kosiński G.** 1986. Przyczyny powstawania pustych nasion u modrzewia europejskiego (*Larix decidua* Mill.). *Arboretum Kórnickie*, 31, 107–182.
- Lexer C., Heinze B., Steinkeller H., Kampfer S., Ziegenhagen B., Glossl J.** 1999. Microsatellite analysis of maternal half-sib families *Quercus robur*, pedunculate oak, detection of seed contaminations and inference of the seed parents from the offspring. *Theoretical and Applied Genetics*, 99(1–2), 185–191.
- Lexer C., Heinze B., Gerber S., Macalka-Kampfer S., Steinkeller H., Kremer A., Glossl J.** 2000. Microsatellite analysis of maternal half-sib families *Quercus robur* pedunculate oak. II. Inferring the number of pollen donors from the offspring. *Theoretical and Applied Genetics*, 100 (6), 858–865.
- Krzakowa M., Szweykowski J.** 1978. Variation of 6-PGD in the populations of Polish Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). [W:] *Proceedings of the Conference on Biochemical Genetics of Forest Trees*. Umeå, Sweden, 86–98.
- Lewandowski A., Mejnartowicz L., Burczyk J.** 1995. Genetic structure of English yew (*Taxus baccata* L.) in the Wierzchlas Reserve: implications for genetic conservation. *For. Ecol. Manag.*, 73, 221–227.
- Markert C.L., Møller F.** 1959. Multiple forms of enzymes, tissue, ontogenetic, and species specific patterns. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 45, 753–763.
- Mejnartowicz L.** 1976. Genetic investigations on Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco.) populations. *Arboretum Kórnickie*, 21, 125–187.
- Mejnartowicz L.** 1979b. Genetic variation in some isoenzyme loci in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) populations. *Arboretum Kórnickie*, 24, 91–104.
- Mejnartowicz L.** 1979a. Polymorphism at the LAP and GOT loci in *Abies alba* Mill. populations. *Bulletin de l'Académie Polonaise des Sciences. Série des Sciences Biologiques*, 27(12), 1063–1070.
- Mejnartowicz L.** 1982. Enzymatic investigations on tolerance of forest trees. Abstracts. First International Symposium on Gaseous Air Pollutants and Plant Metabolism, 2–5 August 1982, Oxford, U.K.

- Mejnartowicz L.** 1983. Changes in genetic structure of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) population affected by industrial emission of fluoride and sulphur dioxide. *Genetica Polonica*, 24(1), 41–50.
- Mejnartowicz L.** 1984. Enzymatic investigations on tolerance in forest trees. [W:] Gaseous Air Pollutants and Plant Metabolism, red. M.J. Koziół, F.R. Whitly. London–New York, 381–398.
- Mejnartowicz M.** 1992. Untersuchungen über inter- und intraspezifische Variation der cpDNA in der Gattung *Populus*. Dissertation zur Erlangung des Doktorsgrades. Georg-August Universität Göttingen.
- Mejnartowicz L.** 2003. Genetic analysis of silver-fir populations in the Beskids. *Acta Soc. Bot. Poloniae*, 72(2), 115–119.
- Mejnartowicz L., Bergmann F.** 1975. Genetic studies on European larch (*Larix decidua* Mill.) employing isoenzyme polymorphisms. *Genetica Polonica*, 16(1), 29–35.
- Mejnartowicz L., Bergmann F.** 1977. Variation and genetics of ribonucleases and phosphodiesterases in conifer seeds. *Canadian Journal of Botany*, 55(6), 711–717.
- Mejnartowicz L., Bergmann F.** 1985. Genetic differentiation among Scots pine populations from the lowlands and the mountains in Poland. *Lecture Notes in Biomathematics*, 60, 242–252. Springer Verlag, Berlin.
- Mejnartowicz L., Bergmann F.** 2003. Mode of inheritance of aspartate aminotransferase in silver-fir (*Abies alba* Mill.). *Silvae Genetica*, 52(11), 15–18.
- Mendel G.** 1866. Versuche über Pflanzenhybriden. *Verhandl. Naturforsch. Vereines Brünn* 4. Abhandlungen, 3–47.
- Müller-Starck G.** 1991. Survey of genetic variation as inferred from enzyme gene markers. [W:] Genetic variation in European populations of forest trees., red. G. Müller-Starck, M. Ziehe. Sauerländer's Verlag. Frankfurt a. Main, 20–37.
- Nei M.** 1972. Genetic distance between populations. *Amer. Natur.*, 106, 283–292.
- Prus-Głowacki W., Nowak-Bzowy R.** 1989. Demographic processes in *Pinus sylvestris* populations from regions under strong and weak anthropogenous pressure. *Silvae Genetica*, 38(2), 55–62. 241.
- Prus-Głowacki W., Urbaniak L., Żubrowska-Gil M.** 1993. Allozyme differentiation in some European populations of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Genetica Polonica*, 34(2), 159–176.
- Scholz F., Bergmann F.** 1984. Selection pressure by air pollution as studied by isozyme-gene-systems in Norway spruce exposed to sulphur dioxide. *Silvae Genetica*, 33, 238.
- Zoldos V., Papes D., Cerbah M., Panaud O., Besendorfer V., Siljak-Yakovlev S.** 1999. Molecular-cytogenetic studies of ribosomal genes and heterochromatin reveal conserved genome organization among 11 *Quercus* species. *Theoretical and Applied Genetics*, 99(6), 969–977.

Określanie poziomu zmienności genetycznej w populacjach drzew leśnych metodą markerów izoenzymowych

Magdalena Polak-Berecka*

Znaczenie zmienności genetycznej dla populacji drzew leśnych

Istotnym warunkiem zmienności fenotypowej drzew w populacji jest ich odmienna konstytucja genetyczna, inaczej mówiąc, zróżnicowanie genetyczne. Na strukturę genetyczną populacji lasu naturalnego wpływa wiele czynników. Należą do nich: mutacje, które zazwyczaj są nieistotne na poziomie populacji; imigracje z genetycznie różnych grup przyczyniające się do obecności nowych genów w puli genowej populacji; fragmentacja populacji, czyli tworzenie lokalnych ekotypów i ras geograficznych; dobór naturalny polegający na eliminowaniu genotypów niedostosowanych; dryf genetyczny, czyli losowe eliminowanie pewnych alleli z puli genowej małej, izolowanej populacji. W populacjach lasu naturalnego czynnikiem przyczyniającym się do zmiany genetycznego składu populacji przeciwdziałają mechanizmy sprzyjające utrzymaniu zmienności. Są to: recesywność, heterozja, zapobieganie swobodnej rekombinacji, krzyżowy system kojarzenia, przepływ genów, a także nieskuteczność doboru naturalnego. W procesie selekcji w populacji zostają utrwalone tylko te nowe geny, które warunkują cechy fenotypowe korzystne w istniejących warunkach środowiska. W wyniku selekcji różnokierunkowej częstość genotypów w pokoleniu generatywnym ulega wyraźnym zmianom. Zatem zmienność genetyczna polega na zróżnicowaniu genetycznego wyposażenia osobników tworzących populację i powstaje w określonych warunkach środowiskowych wskutek działania wielu czynników, których efekt w postaci nowych alleli zostaje utrwalony przez działającą selekcję. Zmienność genetyczna jest podstawą utrzymania populacji w homeostazie ze środowiskiem. Z pojęciem zmienności genetycznej osobników tworzących populację wiąże się bezpośrednio pojęcie heterozygotyczności, która warunkuje dużą fizjologiczną plastyczność osobników i populacji, czyli zdolność dostosowania się jej do odmiennych warunków siedliskowych.

Aby określić poziom zmienności genetycznej populacji, można oprzeć się na pewnych cechach fenotypowych, których zróżnicowanie u poszczególnych osobników jest odzwierciedleniem zmienności loci genowych kontrolujących te cechy. Do tego typu cech należy obecność białek enzymatycznych (izoenzymów), których ekspresja jest bezpośrednim dowodem obecności określonego allelu w genomie osobnika. Istnieje szereg właściwości charakteryzujących izoenzymy, z których wynika zastosowanie ich jako markerów zmienności genetycznej, ponieważ są niezależne od czynników środowiska zewnętrznego, są stabilne ontogenetycznie, są dziedziczone według zasad kodominacji, czyli współdominowania, co

* Katedra Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych, Akademia Rolnicza im. H. Kollątaja w Krakowie

oznacza, że u heterozygoty widoczne są efekty fenotypowe każdego allelu. Izoenzymowe loci genowe można identyfikować za pomocą prostej, biochemiczno-genetycznej metody, jaką jest elektroforeza.

Niezależność większości izoenzymów od czynników środowiska zewnętrznego i stabilność ontogenetyczna to cechy, które predystynują te białka do wykorzystywania ich jako markerów genetycznych. Około 30% enzymów wykazuje zmienność pod względem ruchliwości elektroforetycznej i aktywności w różnych tkankach tej samej rośliny lub w różnych okresach rozwoju ontogenetycznego [Mejnartowicz 1993]. Wybitnie różnią się między sobą pod względem aktywności dehydrogenazy jabłczanowej (Mdh) tkanki rosnących i dojrzałych igieł. Aktywność Mdh wzrasta wraz z wiekiem igieł [Mejnartowicz 1993].

Obliczanie parametrów zmienności genetycznej

Na podstawie częstości (p), czyli frekwencji alleli i stosunku liczby loci polimorficznych (I) do całkowitej liczby loci (L) analizowanych w populacji ($p = I/L$) oblicza się następujące parametry zmienności genetycznej: heterozygotyczność obserwowaną, heterozygotyczność oczekiwaną, indeks wsobności Wrighta oraz średnią liczbę alleli w locus.

Heterozygotyczność obserwowana (H_{ob}) opisuje udział osobników heterozygotycznych w całkowitej liczbie osobników badanej populacji i jest wypadkową polimorfizmu genów i równomierności częstości alleli. Po przeprowadzeniu badań genetycznych i obserwacji reaktywności populacji drzew leśnych na stresy środowiskowe stwierdzono, że odporność i długość życia są wprost proporcjonalnie skorelowane z poziomem heterozygotyczności osobników.

Heterozygotyczność oczekiwana (H_e) jest to heterozygotyczność, jaka powinna istnieć w populacji będącej w stanie równowagi genetycznej Hardy'ego–Weinberga (frekwencja heterozygot oczekiwana przy założeniu panmiksji). Opisuje ją wzór:

$$H_e = 1 - \sum p_i^2$$

gdzie p_i – częstość i -tego allelu w danym locus [Nei i Roychoudry 1974].

Statystyczną istotność odchylenia od stanu równowagi Hardy'ego–Weinberga sprawdza się za pomocą testu χ^2 . Różnice między parametrami H_{ob} i H_e mogą świadczyć o nielosowym kojarzeniu gamet, migracji, mutacji, selekcji lub dryfie genetycznym.

Względna miarą zmian poziomu heterozygotyczności w populacjach jest indeks wsobności Wrighta. Określa go wzór:

$$F = 1 - \frac{H_{ob}}{H_e}$$

Współczynnik wsobności oznacza względne zmniejszenie się heterozygotyczności w grupie wybranych losowo osobników określonej populacji, wywołane kojarzeniem krewniaczym. Gdy populacja znajduje się w stanie równowagi genetycznej ($H_{ob} = H_e$), F przyjmuje wartość zero [Brown 1979, Yazdani i in. 1985, Bush i Smouse 1992]. Efektywna liczba alleli to parametr uwzględniający częstość i -tego allelu w danym locus

genowym. Miara ta odnosi się do poszczególnych loci (a nie jest wartością średnią ze wszystkich loci) i opisuje heterogeniczność rozkładu wariantów allelicznych w populacji, a wyraża się go wzorem:

$$V_k = \frac{1}{\sum p_i^2}$$

gdzie: p_i – frekwencja i -tego allelu w k -tym locus.

Parametr ten przyjmuje wartości maksymalne wtedy, gdy wszystkie allele mają taką samą częstość.

Średnia liczba alleli w locus (M) określa liczbę wariantów genetycznych w populacji. Opisuje ją stosunek ogólnej liczby alleli w populacji do liczby analizowanych w niej loci [Hattamer 1994, Rothe 1994], a odpowiedni wzór ma postać:

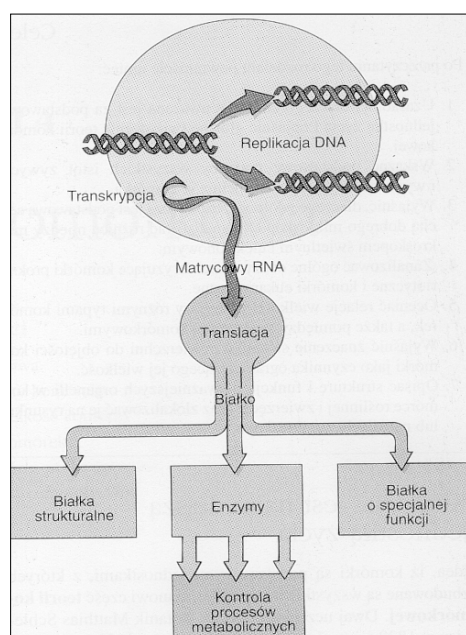
$$M = \frac{A}{L}$$

gdzie:

A – ogólna liczba alleli w populacji,

L – liczba loci analizowanych w populacji [Bergmann i Gregorius 1979].

Izoenzymy jako produkty różnych alleli i genów



Ryc. 1. Ogólny schemat biosyntezy białek [według Solomona i in. 1996]

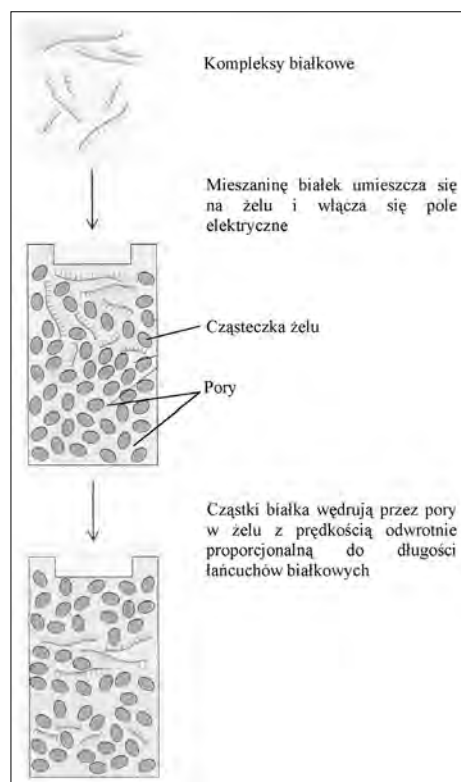
Białka są pierwotnymi produktami funkcjonowania genów i pełnią kluczową rolę w niemal wszystkich procesach biologicznych, np. w katalizie, transporcie, w kontroli wzrostu i różnicowania. Białka wiążą specyficzne substraty i inne cząsteczki, pośrednicząc w reakcjach katalitycznych oraz przenosząc energię i informację.

Synteza enzymów odbywa się pod kontrolą informacji genetycznej, którą stanowi specyficzna liniowa sekwencja nukleotydów na odcinku DNA. Różnice sekwencji nukleotydów tworzących poszczególne geny wpływają bezpośrednio na różnice w doborze aminokwasów podczas biosyntezy białek (ryc. 1). Proporcja i kolejność aminokwasów w łańcuchu polipeptydowym determinuje strukturę pierwszorzędową białka, od której zależą struktury dalszych rzędów, a w końcowym efekcie konformacja cząsteczki enzymu. Genetycznie uwarunkowane różnice budowy chemicznej wpływają na aktywność enzymów oraz na ich ładunek elektryczny.

Izoenzymy są to różne formy molekularne enzymów homologicznych, czyli spełniających tę samą funkcję (katalizują tę samą reakcję w organizmie, ale różnią się pod względem regulacji czynności enzymatycznej, miejsca lokalizacji w komórce, aktywności tkankowej), wywodzące się z genetycznie uwarunkowanych różnic struktury pierwszorzędowej. Różnice genetyczne polegają na obecności na chromosomach wielu loci genowych oraz różnych alleli kodujących ten sam enzym. W przypadku, gdy enzymy kodowane są przez różne allele tego samego locus, mówimy że są to allozymy, gdy natomiast ich struktura determinowana jest przez różne loci genowe, nazywamy je izozymami. Izoenzymy umożliwiają mierzenie zmienności genetycznej na poziomie bliskim DNA. Wykorzystując różnice ładunków elektrycznych cząsteczek oraz ich wielkość, można rozdzielić poszczególne izoenzymy. Badając białka, możemy wnioskować o formach allelicznych genów.

Rozdzielanie białek metodą elektroforezy żelowej

Elektroforeza jest jedną z podstawowych technik wykorzystywanych w analizie białek. Za pomocą tej metody izoenzymy oraz allozymy zostają rozdzielone w polu elektrycznym według ich ciężaru cząsteczkowego, wielkości i kształtu oraz wypadkowego ładunku

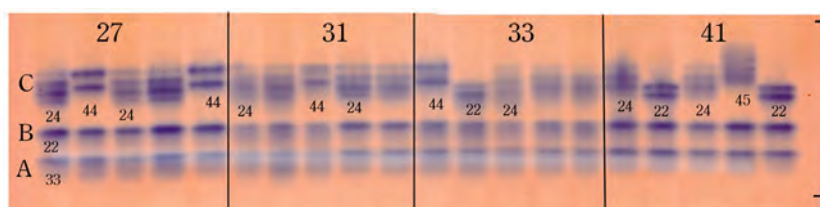


Ryc. 2. Schemat elektroforetycznego rozdzielenia białek (według Darnella i innych [1990])

cząsteczki, dając po wybarwieniu obraz na żelu w postaci określonego układu prążków (ryc. 2). Białka są złożone z aminokwasów, które są amfolitami, a więc mają zdolność dysocjacji zarówno jonów wodorowych, jak i jonów wodorotlenowych. Białka można więc uważać za amfoteryczne polielektrolity, których cząsteczki na swej powierzchni noszą liczne ładunki ujemne i dodatnie. Zatem znak ładunku cząsteczki białka jest zależny od pH roztworu, gdyż w jednym zakresie pH białko wędruje do katody (-), w innym do anody (+). Dzieje się tak dlatego, że aktualne stężenie jonów wodorowych w roztworze zwiększa lub cofa dysocjację grup zasadowych lub kwasowych i w ten sposób wpływa na ilość indywidualnych ładunków cząsteczki białka. Takie pH, przy którym cząsteczka białkowa nie migruje w polu elektrycznym, nazywa się punktem izoelektrycznym białka. Przy pH bardziej kwaśnym niż to odpowiada punktowi izoelektrycznemu, efektywny ładunek cząsteczki białkowej będzie dodatni, a białko będzie wędrować jako kation (H^+) do katody (-). Odpowiednio przy pH wyższym niż punkt izoelektryczny białko występuje w formie anionowej (OH^-) i wędruje do anody (+).

Rozdzielanie elektroforetyczne prowadzi się prawie zawsze na żelu (skrobiowym lub poliakrylamidowym). Żele tłumią prądy konwekcyjne wytwarzane przez małe gradienty temperatury, co jest istotne dla skutecznego rozdzielania, oraz działają jak sita molekularne, przez co znacznie zwiększają rozdzielczość. Częsteczki, których rozmiary są małe w porównaniu z porami żelu, łatwo w nim wędrują, natomiast cząsteczki znacznie większe od porów są prawie nieruchome. Cząsteczki o rozmiarach pośrednich poruszają się w żelu z różną prędkością. W polidispersyjnym roztworze białka, czyli takim, w którym cząsteczki mają różny ładunek i kształt (np. mieszanina izoenzymów), molekuly obdarzone są różną ruchliwością elektroforetyczną. Szybkość wędrowania naładowanych cząsteczek białkowych w polu elektrycznym zależy także od natężenia pola elektrycznego oraz oporu stawianego przez żel poruszającym się cząsteczkom.

Po przeprowadzeniu procesu elektroforezy należy odpowiednio wybarwić żele, aby uwidocznić określony układ prążków na zymogramie. Barwienie żeli, inaczej wizualizacja, polega na ich inkubacji w temperaturze 37°C w buforze odpowiednim dla danego systemu enzymatycznego. Bufor wybarwiający zawiera w swym składzie m.in. barwnik oraz substraty reakcji katalizowanej przez dany enzym, w wyniku której powstaje produkt widoczny na zymogramie w postaci barwnego prążka (ryc. 3).



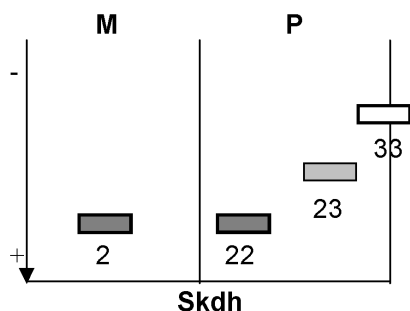
Ryc. 3. Zymogram transaminazy glutaminianowoszczawiooctanowej (Got) potomstwa drzew doborowych świerka istebniańskiego; u góry zymogramu zaznaczono numery rodów, litery alfabetu opisują loci, a cyfry – allele [Polak-Berecka 2001]

Zastosowanie markerów izoenzymowych do badań struktur genetycznych i systemów kojarzenia populacji drzew leśnych

Badanie polimorfizmu izoenzymów wnosi duży wkład w zrozumienie i daje możliwość opisaną genetycznej struktury populacji, szczególnie drzew iglastych, które mają łatwe do wyizolowania tkanki haploidalne (makrogametofity). Tkanki makrogametofitów z różnych nasion jednego drzewa są źródłem informacji na temat segregacji alleli podczas mejozy i służą do oznaczania częstości rekombinacji pomiędzy badanymi loci izoenzymowymi. Badania izoenzymowe umożliwiają analizę sprzężeń u drzew. Jedną z pierwszych publikacji w tym zakresie dotyczyła świerka pospolitego. Jej autor [Lundkvist 1974] stwierdził, że u badanego przez niego gatunku allele *Lap1* i *Lap2* oraz *Got3* segregują w sposób niezależny (dziś wiemy, że loci te leżą na różnych chromosomach).

Doskonałym materiałem do analiz biochemicznych są nasiona, ponieważ oprócz haploidalnej tkanki makrogametofitu zawierają także zarodki diploidalne będące materiałem do badań porównawczych pokoleń rodzicielskich i potomnych. Do określania struktury genetycznej populacji używa się ekstraktu białek enzymatycznych nie tylko z nasion, ale także z pączków spoczynkowych lub z igieł poszczególnych osobników.

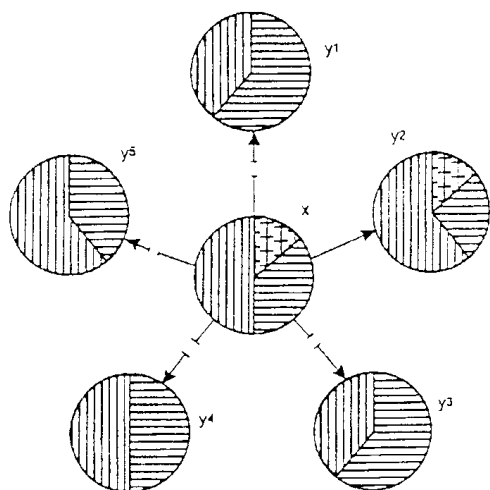
Analiza izoenzymatyczna stwarza możliwości prześledzenia systemu kojarzenia dowolnej populacji drzew (ryc. 4). Izoenzymy pozwalają określić poziom samozapłodnienia oraz stopień zanieczyszczenia plantacji nasiennych obcym pyłkiem [Burczyk 1990].



Ryc. 4. Przykład rozdziału elektroforetycznego enzymu dehydrogenazy szikimianowej (Skdh); M – drzewo mateczne, P – potomstwo, 2, 22, 23, 33 – allele, strzałka wskazuje kierunek przebiegu elektroforezy [Polak-Berecka 2001; za: Burczyk 1990]

Jak widać z ryciny 4, analiza potomstwa drzewa matecznego wyłącznie z allele 2 prowadzi do otrzymania obrazu z allelami 22, 23, 33. Można zatem wnioskować, że zarodek powstał z udziałem ojca pochodzącego z innego drzewostanu.

Genetyka populacyjna rozpatruje geny jako zbiory alleli w obrębie zespołu osobników, które krzyżują się między sobą i dzięki temu mają wspólną pulę genów. Populacja wykazuje rozkład właściwości dziedzicznych zależny od rozkładu alleli genów. Za pomocą izoenzymów można kompleksowo zbadać system kojarzenia, czyli różnice częstości różnych wariantów allelicznych w puli rodzicielskiej ojcowskiej i matecznej oraz w potomstwie, a także oszacować efektywną wielkość populacji. Efektywna wielkość populacji jest parametrem systemu kojarzenia definiującym liczbę osobników, które mają udział w tworzeniu nowego pokolenia. Parametr ten jest miarą wzrostu wsobności i dryfu genetycznego na skutek ograniczonej wielkości populacji. Efektywną wielkość populacji można oszacować, porównując częstość alleli u populacji rodzicielskiej i populacji potomnej lub przez porównanie rzeczywistych częstości gamet (multilocus) przekazanych potomstwu z częstościami tych gamet oczekiwanych na podstawie struktury genotypowej populacji rodzicielskiej [Burczyk 1998].



Ryc. 5. Prawo wykluczenia Backmanna. Sektory w kole reprezentują frekwencje alleli (według Backmanna [1986])

Jedną z metod testowania zróżnicowania genetycznego potomstwa drzew leśnych jest test opierający się na prawie wykluczenia Backmanna. Test ten polega na określeniu przynależności genotypu X do danej populacji, w sytuacji gdy mamy do czynienia ze zbiorem różnych genotypów.

Jedną z metod testowania zróżnicowania genetycznego potomstwa drzew leśnych jest test opierający się na prawie wykluczenia Backmanna. Test ten polega na określeniu przynależności genotypu X do danej populacji, w sytuacji gdy mamy do czynienia ze zbiorem różnych genotypów.

Podstawowymi markerami służącymi do identyfikacji interesującego nas genotypu, np. określenia pochodzenia partii nasion, są unikatowe allele, charakterystyczne tylko dla jednej populacji, a nieobecne u osobników innych populacji tego gatunku (ryc. 5) [Backmann 1986].

Zmienność struktury genetycznej populacji drzew leśnych na przykładzie świerka pospolitego

Pierwszy przykład genetycznej kontroli enzymu roślinnego podał Schwartz w 1960 r., wydzielając metodą elektroforezy enzym – fosfatazę alkalinową. Podstawowe prace badawcze, w których wykorzystywano polimorfizm izoenzymów przejawiający się m.in. ich zróżnicowaną ruchliwością elektroforetyczną, wykonane zostały przez Bartlesa [1971] i Bergmanna [1973a, b]. Cytowani autorzy m.in. wyodrębnili i opisali system genetycznej kontroli esterazy i aminopeptydazy leucynowej. Na podstawie dalszych poszukiwań naukowych w tej dziedzinie stwierdzono, że wiele systemów enzymatycznych u gatunków drzew iglastych dziedziczy się zgodnie z prawami Mendla. Niekiedy jednak zachodzą istotne odchylenia od oczekiwanej segregacji alleli w stosunku 1:1, tłumaczy się to:

- różną żywotnością gamet niosących różne allele,
- sprzężeniem z genem letalnym,
- selekcją przeciw 1 albo 2 allelom,
- kontrolą izoenzymu przez więcej niż 1 locus,
- interakcją międzyalleliczną [Bartles 1971, Bergmann 1973b, 1974, Tigerstedt 1973, Lundkvist 1974, Lundkvist 1979, Mejnartowicz i Bergmann 1977, Poulsen i in. 1983, Altuchov i in. 1986, Muona i in. 1987, Morgante i in. 1989, Gončarenko i in. 1995, Krutovskij i Bergmann 1995].

Zmienność markerów genetycznych w populacjach drzew leśnych można przedstawić na przykładzie świerka.

Najczęściej wykorzystywane u świerka pospolitego markery izoenzymowe oraz informacje na temat ich kontroli genetycznej zestawiono w postaci tabelarycznej (zob. tabelę na stronie następnej).

W wyniku przeprowadzonych do tej pory badań wykryto następujące grupy sprzężeńowe pomiędzy loci izoenzymowymi u świerka pospolitego:

- 1) *Lap-1*, *Lap-2*, *Got-3*,
- 2) *Est-1*, *Est-2*, *Aph-1*,
- 3) *Got-1*, *Pgi-2*, *Dia-4*, *Adh*,
- 4) *Fle*, *Lap-1*, *Me*,
- 5) *G-6-pd*, *Idh-2*, *Gdh*,

6) *Pgm-2*; *Mdh-3* [Altuchov i in. 1986, Muona i in. 1987, Geburek i Wuehlisch 1989, Gončarenko i in. 1994].

Spośród wymienionych loci najsilniej sprzężone są u świerka dwie pary loci: *Got-1/Pgi-2* i *Idh2/Gdh*, między którymi częstość rekombinacji wynosi, odpowiednio, 6,2 i 7,8% [Muona i in. 1987, Lewandowski i Mejnartowicz 1994]. Częstość rekombinacji genów jest to jednostka, która wyraża odległość między dwoma genami na genetycznej mapie chromosomów.

Systemy enzymatyczne analizowane u świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.)
 [Konnert i Maurer 1995, Mejnartowicz i Lewandowski 1998]

Enzym, w nawiasie skrót i numer enzymu	Liczba loci	Liczba alleli
Akonitaza (Aco, E.C. 4.2.1.3)	1	3
Aminopeptydaza leucynowa (Lap, E.C. 3.4.11.1)	2	7, 8
Amylaza (Amy, E.C. 3.2.1.1)	2	3, 7
Dehydrogenaza glukozy-6-fosforanowa (G-6-Pdh, E.C. 1.1.1.49)	1	4
Dehydrogenaza glutaminianowa (Gdh, E.C. 1.4.1.2)	1	3
Dehydrogenaza izocytrynianowa (Idh, E.C. 1.1.1.42)	2	4, 2
Dehydrogenaza jabłczanowa (Mdh, E.C. 1.1.1.37)	4	1 2, 2, 2
Dehydrogenaza 6-fosfoglukonianowa (6-Pgd, E.C. 4.2.1.12)	3	2, 4, 3
Dehydrogenaza mrówczanowa (Fdh, E.C. 1.2.1.2)	1	4
Dehydrogenaza sorbitolowa (Sdh, E.C. 1.1.1.14)	1	3
Dehydrogenaza szikimianowa (Shdh, E.C. 1.1.1.25)	2	4, 3
Diaforaza (reduktaza menandionowa Mnr) (Dia, E.C. 1.6.4.3)	2	1, 3
Enzym jabłkowy (hydroksybutanodiowy) (Me, E.C. 1.1.1.40)	1	2
Esteraza (Est, E.C. 3.1.1.1)	1	2
Esteraza fluorescencyjna (Fle, E.C. 3.1.1.2)	1	3
Fosfataza kwaśna (Aph, Acp, E.C. 3.1.3.2)	2	2, 4
Fosfodwuesteraza I (Pd-asa, E.C. 3.1.4.1)	1	2
Fosfoglukomutaza (Pgm, E.C. 2.7.5.1)	2	3, 3
Fosfoglukonianowa izomeraza (Pgi, E.C. 5.3.1.9)	2	2, 5
Karboksylaza fosfoenolopirogronianowa (PEPca, E.C. 4.1.1.31)	1	4
Rybonukleaza II (RN-asa, E.C. 3.1.4.23)	2	2, brak danych
Transaminaza glutaminianowoszczawiooctanowa (aminotransferaza asparaginianowa Aat) (Got, E.C. 2.6.1.1)	3	4, 3, 3

Znajomość istniejących sprzężeń pomiędzy stosowanymi markerami izoenzymowymi jest istotna przy obliczaniu parametrów genetycznych oraz interpretacji danych uzyskiwanych w wyniku analizy wielu loci. Ze sprzężeniami genów wiąże się zjawisko tzw. pseudo-naddominacji (hitch hiking) genów – oznacza to, że gen neutralny może zachowywać się jak gen selekcionowany, jeżeli jest sprzężony z genem podatnym na selekcję [Rasmuson 1979].

Istnieją dwie teorie dotyczące poziomu obserwowanej u drzew iglastych zmienności genetycznej. Według Kimury i Ohty [1971] zmienność genetyczna może mieć charakter neutralny, niezależny od środowiska, a jej źródłem są zmiany losowe utrwalone przez dryf genetyczny. Z kolei Marshall i Allard [1970] wyrażają pogląd, że zmienność enzymów może wynikać z selekcji określonych genotypów, szczególnie faworyzującej heterozygoty.

Zmienność enzymów zależy też od historii gatunku i strategii życiowej poszczególnych grup roślin. Świerk pospolity jako gatunek charakteryzujący się szerokim zasięgiem geograficznym, długim czasem trwania pokoleń, dużą płodnością, krzyżowym sposobem rozmnażania i wiatropylnością wykazuje wysoki poziom zmienności genetycznej. Według Lagercrantz i Rymana [1990] 95% całkowitej zmienności gatunku występuje wewnątrz populacji, a jedynie 5% przypada na zmienność międzypopulacyjną. W przebadanych populacjach świerka z całego zasięgu występowania cytowani autorzy stwierdzili 73% loci polimorficznych, średnią liczbę alleli w locus wynoszącą 2,6 i średnią heterozygotyczność – 0,115, a obliczone przez nich wartości dystansów genetycznych między populacjami nie przekroczyły 0,04.

Rozprzestrzenianie się świerka nastąpiło w późnym glacie z kilku ostoi. Wymienia się trzy refugia glacialne: na północnym wschodzie Europy ostoja były regiony leżące w północno-środkowej Rosji, druga ostoja znajdowała się w Karpatach, trzecia – w północno-wschodniej części Alp. Fakt ten tłumaczy istnienie różnic w puli genowej świerka pospolitego w obrębie zasięgu jego występowania, odmienna struktura genetyczna wpływa z kolei na procesy adaptacyjne drzew.

Wspomniani już Lagercrantz i Ryman [1990] na podstawie analizy zmienności izoenzymowej siedemdziesięciu populacji świerka z naturalnego zasięgu występowania tego gatunku w Europie stwierdzili, że populacje z Europy Centralnej są uboższe pod względem zmienności genetycznej od populacji północno-wschodnich i skandynawskich. Przyczyną mniejszego poziomu zmienności genetycznej u środkowoeuropejskich populacji świerka mogło być gwałtowne zmniejszenie się wielkości populacji w refugiach karpackich podczas ostatniego zlodowacenia.

Wyniki badań Bergmanna i Gregoriusa [1979] nad zmiennością genetyczną populacji świerka pospolitego z czterech regionów naturalnego zasięgu występowania wskazują, że populacje alpejskie oraz populacje z Karpat Wschodnich charakteryzują się mniejszą zmiennością genetyczną niż populacje skandynawskie i z Europy Centralnej. Jednakże różnice pod względem zmienności genetycznej były przez nich obserwowane nie tylko między populacjami z różnych regionów geograficznych, ale również między populacjami z tego samego terenu. Populacje z granicy zasięgu występowania cechują się mniejszą – jak podają – zmiennością genetyczną niż populacje centralne. Znalazło to potwierdzenie w obserwacji klinalnej zmienności częstości alleli w niektórych loci izoenzymowych, polegającej na wzroście frekwencji alleli w populacjach marginalnych.

W przeciwieństwie do Skandynawii i Rosji, gdzie świerk jest gatunkiem niżowym, w Europie Centralnej gatunek ten występuje w górach, panując w paśmie regla górnego oraz, w zmieszaniu z jodłą i bukiem, w reglu dolnym. Jednym z mechanizmów selekcji

naturalnej działającej na populacje z tych terenów są zmienne warunki środowiskowe. Nie-licznym przykładem wpływu selekcji na enzymy może być *Aph-B*. Bergmann w czasie swoich pierwszych badań [1975] wykazał wpływ selekcji środowiskowej związanej z długością i szerokością geograficzną na zmienność allozymów w locus *Aph-B* wśród populacji alpejskich i skandynawskich. Obecnie w badaniach enzymu tego prawie się nie wykorzystuje z uwagi na jego specyficzną ekspresję.

Poza czynnikami filogenetycznymi, takimi jak migracje gatunku z różnych refugium po okresie lodowcowym, i poza selekcją naturalną, która współcześnie oddziałuje na populacje świerkowe, poziom zmienności i zróżnicowania genetycznego świerka pospolitego zależy także od hodowlanych zabiegów człowieka, jakim drzewostany świerkowe poddawane są od co najmniej pięciu pokoleń. Przypuszcza się nawet, że struktura alleliczna dziewiczych drzewostanów świerkowych może być, chociaż w stopniu niewielkim, modyfikowana przez przepływ genów za pośrednictwem pyłku pochodzącego z sąsiednich sztucznych drzewostanów. O istnieniu bezpośredniego wpływu zabiegów hodowlanych na strukturę genetyczną drzewostanów świerkowych donosi Gömöry [1992], który dowiódł, że drzewostany sztuczne pochodzące z sadzenia lub siewu mają mniejszą heterozygotyczność niż drzewostany z odnowień naturalnych. Może to jego zdaniem wynikać z dryfu genetycznego wywołanego zbyt małą liczbą drzew, których nasiona wykorzystano do zalesień. Ponadto działalność gospodarcza człowieka wywołuje bardzo poważne skutki genetyczne w populacjach drzewiastych: na plantacjach nasiennych ograniczona liczba klonów może doprowadzić do tworzenia się grup osobników spokrewnionych ze sobą, bowiem ograniczone rozsiewanie pyłku i nasion sprzyja kojarzeniu krewniaczemu (samozapłodnieniu) i wzrostowi wsobności w takiej populacji. Skutkiem tego może być zjawisko tzw. depresji wsobnej (wzrost śmiertelności potomstwa, obniżenie się żywotności, płodności, tempa wzrostu). Zjawisko obciążenia genetycznego genami letalnymi wiąże się z heterozygotycznością osobników – działanie czynników letalnych jest niwelowane lub pomniejszone w heterozygotach. Negatywnie na strukturę genetyczną drzewostanu może wpływać pozyskiwanie nasion z plantacji nasiennych, gdzie stwierdza się duże zachwianie pod względem uczestnictwa poszczególnych klonów męskich w zapłodnieniu kwiatów i w produkcji nasion przez poszczególne klony. Niebagatelny wpływ na zmianę struktury genetycznej drzewostanów wywiera także antropopresja. Pierwsze na świecie badania zmian struktury genetycznej w populacjach roślin będących pod wpływem zanieczyszczenia środowiska zostały wykonane w Polsce z zastosowaniem izoenzymowej analizy drzewostanu sosny zwyczajnej [Mejnartowicz 1978]. Poźniejsze badania [Prus-Głowacki i Siwecki 1990, Prus-Głowacki i Godzik 1995] dotyczące innych gatunków drzew potwierdziły pierwsze wnioski, że pula genów i genotypów populacji roślin występujących w środowisku skażonym emisjami przemysłowymi ulega zubożeniu w porównaniu z populacjami tych samych gatunków występujących poza terenem emisji.

Wuehlich i Krusche [1991] zbadali wpływ genetyczny izoenzymowych genów markerowych na przyrost grubości świerka w wieku 21 lat. Autorzy ci analizowali w tym celu 67 proveniencji rosnących na jednej powierzchni próbnej doświadczenia IPTNS–IUFRO 1964/68, w tym 8 proveniencji z ostoi rosyjskich, 40 proveniencji z regionu karpackiego oraz 19 pochodzeń alpejskich. Tylko u proveniencji karpackich opisali oni istotny addytywny wpływ genetyczny locus *6-Pgdh-B* na przyrost grubości i dodatni wpływ na tę cechę allelu B₂. Wykazali też znaczne różnice pod względem częstości alleli w locus *6-Pgdh-B* u proveniencji karpackich omawianego gatunku pomiędzy osobnikami o dużym przyroście

grubości a osobnikami o małej pierśnicy. Markery izoenzymowe mogą zatem być uważane za indykatory pewnych cech fenotypowych (np. pierśnicy), jeżeli na poziomie całej populacji istnieje addytywny efekt genów odpowiedzialnych za daną cechę. Fakt ten może znaleźć praktyczne zastosowanie podczas realizowania programów selekcji. Na obecnym etapie badań nie został jednak jeszcze wyjaśniony problem, czy loci genowe kontrolujące cechy ilościowe są w jakiś sposób związane z loci genów kodujących polimorfizm białek.

Analiza zmienności izoenzymowej z trzech rejonów naturalnego występowania świerka w Polsce (Sudety, Beskidy, północno-wschodnia Polska) wykazała 53% loci polimorficznych, średnią liczbę alleli w locus równą 1,8 i średnią heterozygotyczność – 0,134. Najmniejszy dystans genetyczny (0,005) występował między grupą populacji beskidzkich a grupą populacji z północno-wschodniej Polski, nieco większy (0,006) – między grupą populacji sudeckich i beskidzkich, a największy (0,008) – między grupą populacji sudeckich a grupą populacji z północno-wschodniej Polski [Lewandowski i in. 1997]. Lewandowski i Burczyk [2002] przeprowadzili obszerną analizę 29 populacji świerka pospolitego z Polski w odniesieniu do 13 systemów izoenzymowych kodowanych przez 27 loci genowych. Wykazali, że średnio 71% badanych loci w populacji było polimorficznych, średnia i efektywna liczba alleli w locus wynosiły odpowiednio: 2,17 i 1,26, a heterozygotyczność oczekiwana – 0,156. Cytowani autorzy stwierdzili stosunkowo małe zróżnicowanie i niewielki dystans genetyczny pomiędzy populacjami z północno-wschodniej i południowej Polski, na co prawdopodobnie miała wpływ historia migracji świerka na terenie naszego kraju oraz przepływ genów.

Pomimo bardzo małej wartości dystansów genetycznych Mejnartowicz i Lewandowski [1998] stwierdzili występowanie istotnych różnic między populacjami, nawet w obrębie jednego regionu geograficznego, w odniesieniu do świerka z południa i północnego wschodu Polski. Poszczególne populacje można odróżnić dzięki obecności alleli unikatowych pamiętając, że takie analizy będą wiarygodne tylko wtedy, jeśli będą oparte na odpowiednio licznych i reprezentatywnych próbach. Za pomocą takich alleli wyróżniono np. świerki z Borek, Gołdapi i z Lasu Bawarskiego, a także odróżniono populacje świerka z Alp Zachodnich od populacji z Alp Wschodnich [Rothe 1990, Gianini i in. 1991, Konnert 1994]. Ruetz i Bergmann [1989] wyróżnili specyficzny allel *Aph* (kwaśnej fosfatazy) u niektórych szczytowych populacji wysokogórskich świerków z Alp Bawarskich. Ci sami autorzy porównali stopień izoenzymowej zmienności genetycznej i heterozygotyczności 45 drzew doborowych i 60 przypadkowo wybranych osobników świerka pospolitego z tej samej populacji z Lasu Bawarskiego. Uzyskane przez nich wyniki są zgodne z wynikami prac innych autorów i wskazują na podobieństwa frekwencji alleli i częstości występowania alleli rzadkich, na zbliżone wartości średniej liczby alleli w locus, polimorfizmu oraz zmienności genetycznej. Grupy drzew przebadane przez Bergmanna i Ruetza [1991] znacznie różniły się pod względem stopnia średniej heterozygotyczności, zwłaszcza w odniesieniu do trzech loci kontrolujących enzymy cyklu pentozo-fosforanowego, tj. *6Pgdh-B*, *-C* i *G6Pdh-A*. Według cytowanych wyżej autorów osobniki homozygotyczne powstałe z samozapylenia eliminowane są z populacji przez selekcję naturalną już w stanie młodocianym jako siewki, a proces selekcji działa przeciwko homozygotom powstałym w wyniku zapylenia krzyżowego. Stwierdzenie to poparte jest uzyskanymi przez nich wynikami, które wskazują na nadmiar heterozygot (ujemna wartość współczynnika Wrighta) u dojrzałych populacji drzew leśnych. Można więc przypuszczać, że różnice pod względem cech wzrostowych i adaptacyjnych drzew są związane z różnym stopniem ich heterozygotyczności, a zatem wybór drzew doborowych na podstawie najlepszych w populacji fenotypów oznacza wybór

osobników o genotypach heterozygotycznych. Nie można jednak sądzić, że korzyść z heterozygotyczności rozkłada się na wszystkie polimorficzne loci, raczej heterozygotyczny stan niektórych tylko loci wzmacnia witalność osobników, szczególnie dotyczy to loci kodujących enzymy biorące udział w reakcjach biochemicznych na różnych etapach cyklu metabolicznych w organizmie.

Literatura

- Altuchov Y.P., Krutovskij K.V., Gafarov N.I., Ducharev V.A., Morozov G.P.** 1986. Allozimnyj polimorfizm v prirodnoj populacii eli evropejskoj (*Picea abies* (L.) Karst.). I. Sistemy polimorfizma i mechanizmy ich gennogo kontrolja. *Genetika*, 22, 2135–2151.
- Backmann F.** 1986. Genetic means of verifying observance of the law. I. Methodical principles of “provenance identification”. IUFRO Joint Meeting of WP.S.2.2.01-14 on Biochemical Genetics and Legislation of Forest Reproductive Material. Bundesforsch. für Forst und Holzw., Hamburg.
- Bartles H.** 1971. Genetic control of multiple esterases from needles and macrogametophytes of *Picea abies*. *Planta*, 99, 283–289.
- Brown A.D.H.** 1979. Enzyme polymorphism in plant populations. *Theor. Pop. Biol.*, 15, 1–42.
- Bergmann F.** 1973a. Genetische Untersuchungen bei *Picea abies* mit Hilfe der Isoenzym-Identifizierung. III. Geographische Variation an 2 Esterase und 2 Leucinoaminopeptidase Loci in der schwedischen Fichten population. *Silvae Genetica*, 22, 63–66.
- Bergmann F.** 1973b. Genetische Untersuchungen bei *Picea abies* mit Hilfe der Isoenzym-Identifizierung. II. Genetische Kontrolle von Esterase und Leucinoaminopeptidase-Isoenzymen im haploiden Endosperm ruhender Samen. *Theor. Appl. Genetica*, 43, 222–225.
- Bergmann F.** 1974. The genetics of some isoenzyme systems in spruce endosperm (*Picea abies*). *Genetica*, 6, 353–360.
- Bergmann F.** 1975. Adaptive acid phosphatase polymorphism in conifer seeds. *Silvae Genetica*, 24, 175–177.
- Bergmann F., Gregorius H.R.** 1979. Comparison of the genetic diversities of various populations of Norway spruce (*Picea abies*). [W:] Proceedings of the Conference on Biochemical Genetics of Forest Trees, red. D. Rudin. Umeå, 99–107.
- Bergmann F., Ruetz W.** 1991. Isozyme genetic variation and heterozygosity in random tree samples and selected orchard clones from the same Norway spruce populations. *For. Ecol. Manag.*, 46, 39–47.
- Burczyk J.** 1990. Czy izoenzymy mogą pomóc leśnictwu? *Las Polski*, 22, 18–19.
- Burczyk J.** 1998. Systemy kojarzenia drzew iglastych. Wydawnictwo Uczelniane WSP w Bydgoszczy.
- Bush R.M., Smouse P.E.** 1992. Evidence for the adaptive significance of allozymes in forest trees. [W:] Population genetics of forest trees, red. W.T. Adams, S.H. Strauss, D.L. Copes, A.R. Griffin. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 179–196.
- Darnell J., Lodish H., Baltimore D.** 1990. *Molecular Cell Biology*. Scientific American Books, New York.
- Geburek T., Wuehlisch G.** 1989. Linkage analysis of isozyme gene loci in *Picea abies* (L.) Karst. *Heredity*, 62, 185–191.
- Giannini R., Morgante M., Vendramin G.G.** 1991. Allozyme variation in Italian populations of *Picea abies* (L.) Karst. *Silvae Genetica*, 40(3–4), 160–166.

- Gončarenko G.G., Padutov V.E., Silin A.E.** 1994. Construction of genetic maps for some Eurasian coniferous species using allozyme genes. *Biochem. Genet.*, 32, 223–236.
- Gončarenko G.G., Zadeika I.V., Birgelis J.J.** 1995. Genetic structure, diversity and differentiation of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in natural populations of Latvia. *For. Ecol. Manag.*, 72, 31–38.
- Gömöry D.** 1992. Effect of the stand origin on the genetic diversity of Norway spruce (*Picea abies* Karst.) populations. *For. Ecol. Manag.*, 54(1–4), 215–223.
- Hattemer H.H.** 1994. Die Genetische Variation und ihre Bedeutung für Wald und Waldbaume. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 145, 12, 953–975.
- Kimura M., Otha T.** 1971. Protein polymorphism as a phase of molecular evolution. *Nature*, 229, 467–469.
- Konnert M.** 1994. Überprüfung der Anzucht von Pflanzgut mit Hilfe der Isoenzymanalyse. *Allg. Forstztschr.*, 49(5), 225–227.
- Konnert M., Maurer W.** 1995. Isozymic investigations on Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and European silver fir (*Abies alba* Mill.): a practical guide to separation methods and zymogram evaluation. From the German Federal-State Working Group „Conservation of Forest Gene Resources”.
- Krutovskij K.V., Bergmann F.** 1995. Introgressive hybridization and phylogenetic relationships between Norway, *Picea abies* (L.) Karst., and Siberian, *P. obovata* Ledeb., spruce species studied by isozyme loci. *Heredity*, 74(5), 464–480.
- Lewandowski A., Burczyk J.** 2002. Allozyme variation of *Picea abies* in Poland. *Scand. J. For. Res.*, 17, 487–494.
- Lewandowski A., Burczyk J., Chalupka W.** 1997. Preliminary results on allozyme diversity and differentiation of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in Poland based on plus-tree investigations. *Acta Soc. Bot. Pol.*, 66(2), 197–200.
- Lewandowski A., Mejnartowicz L.** 1994. Detection of close linkage between glutamate and isocitrate dehydrogenase/allozyme loci in *Picea abies*. *Hereditas*, 120, 281–282.
- Lagercrantz U., Ryman N.** 1990. Genetic structure of Norway spruce (*Picea abies*): concordance of morphological and allozymic variation. *Evolution*, 44, 38–53.
- Lundkvist K.** 1974. Analysis of linkage in *Picea abies* by means of isozyme analysis. [W:] Proceedings of the IUFRO joint meeting of working parties on population and ecological genetics, breeding, theory and progeny testing. Stockholm.
- Lundkvist K.** 1979. Allozyme frequency distributions in four Swedish populations, of Norway spruce (*Picea abies* K.). I. Estimations of genetic variation within and among populations, genetic linkage and a mating system parameter. *Hereditas*, 90, 127–143.
- Marshall F., Allard R.W.** 1970. Maintenance of isozyme polymorphism in natural populations of *Avena barbata*. *Genetics*, 66, 393–399.
- Mejnartowicz L.** 1978. Genetic characteristic of some Scots pine tree susceptible or somewhat resistant to the action of SO₂. [W:] 4th Annual Report USDA FG-Po-326, red. S. Białobok. Polish Academy of Sciences, Institute of Dendrology, Kórnik, 26–32.
- Mejnartowicz L.** 1993. Genetyka biochemiczna. [W:] *Biologia sosny zwyczajnej*, red. S. Białobok. Instytut Dendrologii PAN, 305–324.
- Mejnartowicz L., Bergmann F.** 1977. Variation and genetics of ribonucleases and phosphodiesterases in conifer seeds. *Can. J. Bot.*, 55, 711–717.

- Mejnartowicz L., Lewandowski A.** 1998. Genetyka biochemiczna świerka pospolitego. [W:] Biologia świerka pospolitego, red. A. Boratyński, W. Bugała. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 240–255.
- Morgante M., Vendramin G.G., Giannini R.** 1989. Genetics of 6PGD and SKDH in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). J. Gen. Breed., 43, 67–71.
- Muona O., Yazdani R., Lindqvist G.** 1987. Analysis of linkage in *Picea abies*. Hereditas, 106, 31–36.
- Nei M., Roychoudry A.K.** 1974. Sampling variances of heterozygosity and genetic distance. Genetics, 76, 179–190.
- Polak-Berecka M.** 2001. Określenie struktury genetycznej wybranych populacji świerka pospolitego z terenu Karpat metodą markerów izoenzymowych. Praca doktorska wykonana w Katedrze Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych AR w Krakowie (maszynopis).
- Poulsen H.D., Simonsen V., Wellendorf H.** 1983. The inheritance of 6 isoenzymes in Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.). For. Tree Improv., 16, 12–32.
- Prus-Głowacki W., Godzik S.** 1995. Genetic structure of *Picea abies* trees tolerant and sensitive to industrial pollution. Silvae Genetica, 44(2/3), 62–65.
- Prus-Głowacki W., Siwecki R.** 1990. Studies on the genetic structure of groups of Scots pine resistant and susceptible to *Heterobasidion annosum*. Bull. Finn. Forest Res. Institute, 360, 149–160.
- Rasmuson M.** 1979. Interaction between loci-models and observation. [W:] Proceedings of the Conference on Biochemical Genetics of Forest Trees, red. D. Rudin. Umeå, Sweden, 62–72.
- Rothe G.M.** 1990. Identifizierung von Fichtenklonen durch Isozymanalysen an Nadeln. Allg. Forst- u. Jagdztg., 161(5), 103–107.
- Rothe G.M.** 1994. Electrophoresis of enzymes. Laboratory methods. Springer-Verlag, Berlin, 227–295.
- Ruetz W.F., Bergmann F.** 1989. Möglichkeiten zum Nachweis von autochthonen Hochlagenbeständen der Fichte (*Picea abies*) in der Berchtesgadener Alpen. Forstw. Cbl., 108(3), 164–174.
- Schwartz D.** 1960. Electrophoretic and immunochemical studies with endosperm proteins of maize mutants. Genetics, 45, 1265–427.
- Solomon E.P., Berg L.R., Martin D.W., Villed C.A.** 1996. Biologia. MULTICO Oficyna Wydawnicza, Warszawa.
- Tigerstedt P.M.A.** 1973. Studies on isozyme variation in marginal and central populations of *Picea abies*. Hereditas, 75, 47–60.
- Wuehlisch G., Krusche D.** 1991. Single and multilocus genetic effects on diameter growth in *Picea abies* (L.) Karst. [W:] Biochemical markers in the population genetics of forest trees, red. S. Fineschi, M.E. Malvolti, F. Cnata, H.H. Hattemer. SPB Academic Publishing, Hague, 77–86.
- Yazdani R., Lindgren D., Rudin D., Szmidt A.E.** 1985. Genetic structure of a *Pinus sylvestris* L. seed-tree stand and naturally regenerated understory. For. Sci., 11, 410–416.

Wykorzystanie izoenzymów jako markerów genetycznych

Andrzej Lewandowski*

Pomimo wielu ograniczeń metody elektroforetycznego rozdziału enzymów na różnego rodzaju żelach są dzisiaj jedną z najczęściej stosowanych technik biochemicznych w genetyce populacyjnej i ewolucyjnej. Izoenzymy są markerami neutralnymi, dziedziczącymi się w sposób mendelowski. Mają one charakter kodominacyjny, co oznacza, że u osobnika heterozygotycznego widoczny jest efekt fenotypowy działania dwóch różnych alleli danego genu. O szerokim zastosowaniu technik wykorzystujących izoenzymy jako markery genetyczne zadecydowała możliwość mierzenia zmienności na poziomie bliskim DNA, przy stosunkowo niskim koszcie oraz łatwości, mnogości i szybkości analiz. Istnieje możliwość równoczesnego określenia genotypu badanej tkanki nawet dla kilkunastu loci.

W nasionach roślin nagozalążkowych, do których należą drzewa iglaste, znajduje się haploidalna (mająca pojedynczy zestaw chromosomów) tkanka makrogametofitu, w której można bezpośrednio analizować alleliczne produkty genów. Dzięki temu bez konieczności wykonywania uciążliwych, kontrolowanych krzyżowań można ustalić sposoby dziedziczenia izoenzymów. W makrogametofitach pochodzących z pojedynczego, heterozygotycznego drzewa warianty alleliczne segregują zwykle w proporcjach oczekiwanych jak w przypadku krzyżowań testowych. Częstość genotypów i alleli w badanych populacjach drzew nagozalążkowych można oszacować, analizując haplotypy makrogametofitów albo diploidalne fenotypy siewek lub dorosłych drzew. Zazwyczaj częstość alleli szacuje się, oznaczając genotypy drzew na podstawie próby 7–10 makrogametofitów pochodzących z nasion zebranych indywidualnie z każdego osobnika. Genotypy można także określić na podstawie analizy diploidalnej tkanki zarodków lub pąków spoczynkowych. Określenie genotypu na podstawie fenotypu izoenzymów z tkanek diploidalnych można przeprowadzić wtedy, gdy znany jest sposób interpretacji genetycznej analizowanych zymogramów.

Dzięki temu, że w nasionach drzew iglastych obok diploidalnego zarodka znajduje się haploidalna tkanka makrogametofitu są one znakomitym materiałem do badania systemów kojarzenia. Genotyp makrogametofitu jest identyczny z genotypem komórki jajowej tworzącej zarodek. Dlatego bezpośrednie porównanie genotypu zarodka z genotypem makrogametofitu tego samego nasiona pozwala na jednoznaczne określenie genotypu gamety męskiej tworzącej zarodek, a dostarczonej przez pyłek.

Nieco inaczej postępuje się w przypadku drzew okrytozalążkowych. W ich nasionach nie ma haploidalnej tkanki makrogametofitu, dlatego genotyp musi być ustalany jedynie przez analizę tkanek diploidalnych. Są to najczęściej młode liście, pąki spoczynkowe bądź końce drobnych korzeni. Sposób dziedziczenia izoenzymów powinien być określony na materiale pochodzącym z krzyżowań kontrolowanych.

* *Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk w Kórniku*

Badania prowadzone obecnie z wykorzystaniem izoenzymów jako markerów genetycznych u drzew leśnych dotyczą głównie takich kwestii, jak sposób dziedziczenia poszczególnych białek enzymatycznych i poszukiwanie sprzężeń genetycznych między kodującymi je loci, zmienność genetyczna oraz określenie struktury genetycznej populacji, szukanie podobieństw izoenzymowych w aspekcie taksonomicznym czy poznanie systemów kojarzenia. Druga grupa prac to badania o aspekcie hodowlanym, m.in. identyfikacja klonów, weryfikacja poprawności przeprowadzania krzyżowań kontrolowanych, ustalanie poziomu samozapłodnienia i zanieczyszczenia obcym pyłkiem na plantacjach nasiennych.

Poniżej podano przykłady wykorzystania izoenzymów w praktyce leśnej.

Ocena poziomu samozapłodnienia u drzew iglastych

Drzewa iglaste są organizmami wiatropylnymi, u których przeważa zapłodnienie krzyżowe. Jednak większość gatunków jest jednopienna, co oznacza, że w obrębie jednego osobnika wytwarzają się zarówno kwiaty męskie, jak i żeńskie. W związku z tym istnieje niebezpieczeństwo, że część potomstwa może powstać na skutek procesu samozapłodnienia. Konsekwencją samozapłodnienia jest zmniejszenie się produkcji pełnych nasion oraz wzrost wsobności populacji potomnej, co może wiązać się z gorszą jakością wielu cech ważnych z punktu widzenia adaptacji organizmu, a więc: mniejszą płodnością, wolniejszym wzrostem, większą wrażliwością na choroby i szkodniki niż ma to miejsce w przypadku zapłodnienia krzyżowego. Dlatego też badania poziomu samozapłodnienia drzew iglastych prowadzone są od wielu lat. Na początku w tym celu wykorzystywano markery morfologiczne. Jednak największy postęp w tej dziedzinie nastąpił z chwilą zastosowania izoenzymów jako markerów genowych oraz związanych z tym rozwojem nowych metod statystycznych. Obecnie poziom zapłodnienia krzyżowego został poznany u większości gatunków drzew iglastych (tab. 1).

Jak wynika z tabeli 1, większość gatunków wykazuje wysoki poziom zapłodnienia krzyżowego (ponad 80%), a tym samym niski poziom samozapłodnienia. Wyjątkiem jest *Thuja plicata* o bardzo niskim poziomie zapłodnienia krzyżowego. Należy jednak podkreślić, że wyniki te dotyczą poziomu zapłodnienia krzyżowego obserwowanego w stadium zarodków nasion, a nie jego wartości rzeczywistej. Według niektórych szacunków prawdopodobieństwo samozapylenia w obrębie korony tego samego drzewa może wynosić nawet 25%, a poziom rzeczywistego samozapylenia u sosny zwyczajnej czy świerka pospolitego jest nawet dwa razy większy od poziomu stwierdzonego w wyniku analizy zarodków nasion.

Samozapłodnienie u drzew iglastych jest wartością zmienną, podlega kontroli genetycznej i zależy od czynników środowiskowych. Różnice pod względem tej cechy istnieją nie tylko między gatunkami i między różnymi populacjami w obrębie gatunku, ale także między różnymi osobnikami w obrębie populacji i często zmieniają się w kolejnych latach [Burczyk 1998]. Dla przykładu, różnice zaobserwowane pod względem ilości przeżywających nasion, które powstały w wyniku samozapłodnienia, pomiędzy drzewami modrzewia polskiego w przypadku populacji Ciechostowice wynoszą od 0 do 18% [Lewandowski 1993]. Modrzew europejski, w tym jego podgatunek – modrzew polski, uważane są za drzewo prawie samosterylne, dające bardzo mało pełnych nasion po samozapyleniu, przy jednocześnie dużym indywidualnym zróżnicowaniu tej cechy. Mniejsza niż przy zapyleniu krzyżowym płodność towarzysząca samozapyleniu jest przede wszystkim efektem obciążenia genetycznego ujawniającego się wskutek kumulacji tak zwanych czynników letalnych

powodujących śmierć zarodków [Kosiński 1986]. Różnice między poszczególnymi drzewami pod względem wielkości samozapylenia mogą być również wynikiem braku synchronizacji między początkiem pylenia a receptywnością kwiatów żeńskich. Jest prawdopodobne, że niektóre drzewa z powodu różnic między czasem kwitnienia kwiatostanów męskich i żeńskich nie mają szans na samozapłodnienie, co jest zresztą zjawiskiem niezmiernie korzystnym dla gatunku.

Tabela 1. Współczynniki zapłodnienia krzyżowego obliczone dla wybranych kilku gatunków drzew iglastych

Gatunek	tm	l.l.	l.p.	t.p.	Źródło
<i>Larix decidua</i>	0,94	6	1	N	Lewandowski i inni 1991
	0,93	3	1	P	Burczyk i inni 1991
<i>Larix occidentalis</i>	0,95	7	2	N	El-Kassaby i Jaquish 1996
<i>Picea abies</i>	0,83	6	1	N	Muona i inni 1990
<i>Picea omorica</i>	0,84	5	1	N	Kuittinen i Savolainen 1992
<i>Pinus silvestris</i>	0,91	10	1	P	Koski i Muona 1986
	0,95	7	3	N	Mouna i Harju 1989
	0,98	6	1	P	Burczyk 1991
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	0,93	11	2	N	Shaw i Allard 1981
	0,91	11	1	P	Shaw i Allard 1981
<i>Thuja plicata</i>	0,32	2	1	P	El-Kassaby i inni 1994

tm – współczynnik zapłodnienia krzyżowego, l.l. – liczba użytych loci, l.p. – liczba badanych populacji, t.p. – typ populacji: N – populacja naturalna, P – plantacja nasienna

Określenie poziomu samozapłodnienia u poszczególnych drzew w populacji, obok walorów poznawczych, może mieć znaczenie praktyczne. W przypadku znalezienia w populacji drzew z genetycznie uwarunkowanymi tendencjami do zawiązywania dużej liczby pełnych nasion w wyniku samozapłodnienia, należy zrezygnować z pozyskiwania z takich drzew nasion przeznaczonych do produkcji materiału szkółkarskiego.

Ocena poziomu zanieczyszczenia obcym pyłkiem plantacji nasiennych

Jednym z poważniejszych zagrożeń dla wysokiej jakości genetycznej nasion wytwarzanych na plantacjach nasiennych jest zanieczyszczenie ich obcym pyłkiem pochodzącym spoza plantacji nasiennej. Bezpośrednim zabezpieczeniem przed tym problemem jest izolacja przestrzenna. Od początku starano się zakładać plantacje nasienne w miejscach oddalonych od litych drzewostanów tego samego gatunku, przy czym nie zawsze się to udawało. Intuicyjnie przyjmowano, że im izolacja jest większa, tym lepiej. Jednak do czasu zastosowania markerów izoenzymowych nie wiadomo, jaki jest realny poziom zagrożenia plantacji nasiennych obcym pyłkiem, gdyż nie znano odpowiedzi na pytanie, na jaką odległość efektywnie może przemieszczać się pyłek drzew. Wyniki uzyskane po analizach izoenzymowych były szokujące, gdyż okazało się, że poziom zanieczyszczenia plantacji obcym pyłkiem jest bardzo duży (tab. 2), a pyłek może być efektywnie przekazywany nawet na odległość dziesiątków kilometrów.

Tabela 2. Ocena zanieczyszczenia plantacji nasiennych obcym pyłkiem

Gatunek	Lokalizacja	Wielkość zanieczyszczenia	Źródło
<i>Pinus sylvestris</i>	Finlandia	33%	Harju i Muona 1989
	Finlandia	67%	Pakkanen i Pulkkinen 1991
	Szwecja	72%	Yazdani i Lindgren 1991
	Szwecja	52%	Wang i inni 1991
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	USA	29%	Smith i Adams 1983
	USA	91%	Adams i Birkes 1989
	Kanada	34%	Xie i inni 1991

Jak wynika z tabeli 2, zanieczyszczenie obcym pyłkiem może być bardzo zróżnicowane. Wśród czynników wpływających na wielkość zanieczyszczenia można wymienić stopień izolacji plantacji, wielkość plantacji, intensywność produkcji pyłku w obrębie plantacji oraz stopień synchronizacji kwitnienia osobników rosnących na plantacji nasiennej z kwitnieniem osobników tego samego gatunku spoza niej.

Brak zanieczyszczenia obcym pyłkiem obserwuje się m.in. na dobrze izolowanych plantacjach nasiennych zlokalizowanych poza naturalnym zasięgiem danego gatunku. W związku z dużym zagrożeniem związanym z zanieczyszczeniem obcym pyłkiem wydaje się, że pewnym rozwiązaniem może być tworzenie plantacji nasiennych właśnie poza naturalnym zasięgiem gatunku lub na obszarach, gdzie dany gatunek występuje sporadycznie. Jednak wtedy może pojawić się szereg innych problemów związanych z prowadzeniem takiej plantacji, jak chociażby kłopoty z aklimatyzacją roślin. Wyniki uzyskane z badań na plantacji nasiennej daglezi sugerują także, że większe plantacje nasienne są w stanie wytworzyć gęstszą chmurę pyłkową mogącą zredukować udział obcego pyłku [Adams i in. 1997].

Ocena stopnia zamieszania szczepów w obrębie klonów na plantacjach nasiennych

Aby plantacja funkcjonowała prawidłowo, niezbędna jest informacja, czy dany obiekt został założony zgodnie z planem. W tabeli 3 podano przykład wykorzystania analizy jedenastu loci izoenzymowych do identyfikacji szczepów na plantacji nasiennej sosny zwyczajnej w Nadleśnictwie Zdrojowa Góra. Na początku określono genotypy dwóch drzew doborowych oznaczonych jako 1301 i 1305 w jedenastu loci izoenzymowych. Z danych zebranych w tabeli wyraźnie wynika, że za pomocą zastosowanych markerów genetycznych można łatwo odróżnić obydwie drzewa doborowe. Na przykład w locus *Got2* oraz *Lap2* drzewo doborowe nr 1301 jest homozygotą 22, natomiast drzewo 1305 – heterozygotą 23. Drzewa te różnią się również genotypami w locus *6Pgd1* i *6Pgd2*. Gdy genotypy drzew doborowych porównano z genotypami wyznaczonymi u odpowiednich szczepów rosnących na plantacji nasiennej, to zauważono, że na trzy zbadane szczepy klonu 1301, jeden (1301c) był szczepem błędnie przypisanym do klonu 1301. W trzech loci szczep ten miał odmienne genotypy (oznaczenia liczbowe wytłuszczone; tab. 3) niż drzewo doborowe.

Tabela 3. Przykład wykorzystania analizy 11 loci izoenzymowych do identyfikacji szczepów sosny zwyczajnej na plantacji nasiennej Nadleśnictwa Zdrojowa Góra

Drzewo/szczep	Genotypy										
	<i>Adh2</i>	<i>Fle</i>	<i>Gdh</i>	<i>Got2</i>	<i>Got3</i>	<i>Lap2</i>	<i>Mdh1</i>	<i>Mdh3</i>	<i>Mdh4</i>	<i>6Pgd1</i>	<i>6Pgd2</i>
1301	22	22	12	22	24	22	22	36	44	34	11
1301a	22	22	12	22	24	22	22	36	44	34	11
1301b	22	22	12	22	24	22	22	36	44	34	11
1301c	12	22	12	22	24	22	22	33	34	34	11
1305	22	22	12	23	24	23	22	36	44	33	12
1305a	23	22	12	23	24	23	22	36	44	33	12
1305b	22	12	22	23	44	23	12	66	43	33	12
1305c	22	22	12	23	24	23	22	36	44	33	12

Metoda przedstawiona na powyższym przykładzie jest wykorzystywana do analizy jednorodności szczepów w obrębie klonów na plantacjach nasiennych. Dla przykładu, na przeanalizowane 160 szczepów z plantacji nasiennej sosny zwyczajnej w Nadleśnictwie Gniewkowo stwierdzono, że aż 44 szczepy nie należały do klonów, do których je przypisano w chwili zakładania plantacji nasiennej [Burczyk i in. 2000]. Zamieszanie szczepów może powstać przy zbiorze zrazów, przy szczepieniu oraz sadzeniu na plantacji. Może być również wynikiem obecności drzew wyrosłych z podkładki. Błędy w opisie szczepów stwierdza się dość często na plantacjach nasiennych i to nie tylko w Polsce, ale i w innych krajach Europy i w Ameryce Północnej. Zazwyczaj zamieszanie nie przekracza 10% wszystkich szczepów obecnych na plantacji.

Przeprowadzone obserwacje wskazują jednoznacznie na potrzebę dużej dokładności i staranności przy zakładaniu i prowadzeniu plantacji nasiennych. W razie stwierdzenia niedokładności można jednak dokonać stosownych korekt w opisie szczepów, na przykład wykorzystując izoenzymy. Przy prowadzeniu krzyżowań kontrolowanych niezbędna jest weryfikacja przynależności szczepów do poszczególnych klonów.

Literatura

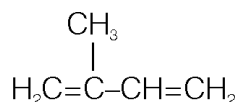
- Adams W.T., Birkes D.S.** 1989. Mating patterns in seed orchards. [W:] Proceedings of the 20th Southern Forest Tree Improvement Conference, Charleston, South Carolina, 75–86.
- Adams W.T., Hipkins V.D., Burczyk J., Randall W.K.** 1997. Pollen contamination trends in a maturing Douglas-fir seed orchards. *Can. J. For. Res.*, 27, 131–134.
- Burczyk J.** 1991. The mating system in Scots pine clonal seed orchard in Poland. *Ann. Sci. For.*, 48, 443–451.
- Burczyk J.** 1998. Systemy kojarzenia drzew iglastych. Wyższa Szkoła Pedagogiczna w Bydgoszczy.
- Burczyk J., Kosiński G., Lewandowski A.** 1991. Mating pattern and empty seed formation in relation to crown level of *Larix decidua* (Mill.) clones. *Silva Fenn.*, 25, 201–205.

- Burczyk J., Działuk A., Lewandowski A.** 2000. Zmienność genetyczna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) na klonowej plantacji nasiennej w Gniewkowie. Sylwan, CXLIV(7), 65–74.
- El-Kassaby Y.A., Jaquish B.** 1996. Population density and mating pattern in western larch. J. Hered., 87, 438–443.
- El-Kassaby Y.A., Russell J., Ritland K.** 1994. Mixed mating in an experimental population of western red cedar, *Thuja plicata*. J. Hered., 85, 228–231.
- Harju A., Muona O.** 1989. Background pollination in *Pinus sylvestris* seed orchards. Scand. J. For. Res., 4, 513–520.
- Kosiński G.** 1986. Przyczyny powstawania pustych nasion u modrzewia europejskiego (*Larix decidua* Mill.) Arboretum Kórnickie, 31, 107–182.
- Koski V., Muona O.** 1986. Probability of inbreeding in relation to clonal differences in male flowering and embryonic lethals. [W:] Proceedings of the IUFRO Conference. A joint meeting of Working Parties on Breeding Theory, Progeny Testing and Seed Orchards. Williamsburg, Virginia, 391–400.
- Kuittinen H., Savolainen O.** 1992. *Picea omorica* is a self-fertile but outcrossing conifer. Heredity, 68, 183–187.
- Lewandowski A.** 1993. Ocena wielkości samozapłodnienia u modrzewia polskiego. Arboretum Kórnickie, 38, 35–41.
- Lewandowski A., Burczyk J., Mejnartowicz L.** 1991. Genetic structure and mating system in an old stand of Polish larch. Silvae Genetica, 40, 75–79.
- Muona O., Harju A.** 1989. Effective population sizes, genetic variability, and mating system in natural stands and seed orchards of *Pinus sylvestris*. Silvae Genetica, 38, 221–228.
- Muona O., Paule L., Szmidt A.E., Kärkkäinen K.** 1990. Mating system analysis in a central and northern European populations of *Picea abies*. Scand. J. For. Res., 5, 97–102.
- Pakkanen A., Pulkkinen P.** 1991. Pollen production and background pollination levels in Scots pine seed orchards of northern Finnish origin. [W:] Pollen Contamination in Seed Orchards. Proceedings of the Meeting of the Nordic Group for Tree Breeding 1991, red. D. Lindgren. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Genetics and Plant Physiology, Umeå, Sweden, 14–21.
- Shaw D.V., Allard R.W.** 1981. Analysis of mating system parameters and population structure in Douglas-fir using single-locus and multilocus methods. [W:] Proceedings of the Symposium on Isozymes of North American Forest Trees and Forest Insects, 27 July, 1979, Berkeley, California, 18–22.
- Smith D.B., Adams W.T.** 1983. Measuring pollen contamination in clonal seed orchard with the aid of genetic markers. [W:] Proceedings of the Southern Forest Tree Improvement Conference, 6–9 June 1983, University of Georgia, Athens, 69–77.
- Wang X., Lindgren D., Szmidt A.E., Yazdani R.** 1991. Pollen migration into a seed orchard of *Pinus sylvestris* L. and the methods of its estimation using allozyme markers. Scand. J. For. Res., 6, 379–385.
- Xie C.Y., Yeh F.C., Dancik B.P., Strobeck C.** 1991. Joint estimation of immigration and mating system parameters in gymnosperms using the EM algorithm. TAG, 83, 137–140.
- Yazdani R., Lindgren D.** 1991. Variation of pollen contamination in a Scots pine seed orchard. Silvae Genetica, 40, 243–246.

Ocena zmienności genetycznej za pomocą markerów terpenowych*

Janusz Sabor**

Terpeny (terpenoidy) są podstawowymi składnikami lotnych związków w olejkach eterycznych (żywiczych) produkowanych przez większość iglastych gatunków drzew, a obecnych w igłach, drewnie oraz tkance korowej. Są to głównie monoterpény węglowodorowe ze szkieletem węglowym składającym się z dwu połączonych jednostek izoprenu (C₅H₈), o wzorze chemicznym:



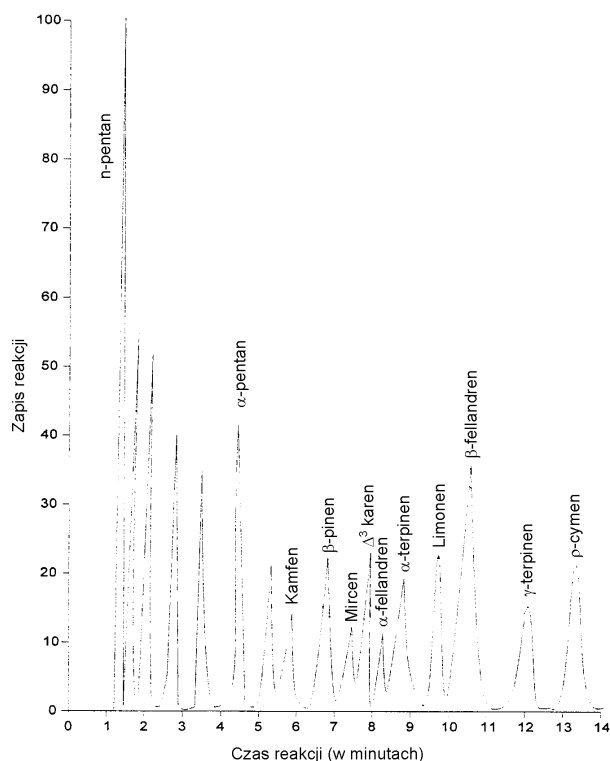
oraz seskwiterpeny, z trzema jednostkami izoprenu. Związki te, wraz z rozwojem i powszechnym stosowaniem w chemii organicznej metod fizycznych, głównie chromatografii gazowo-cieczowej (GLC), stają się wygodnym narzędziem badań w genetyce leśnej. Metody GLC (Gaz-Liquid Chromatography) pozwalają rozdzielić składniki mieszaniny (gaz–ciecz) na podstawie różnic wartości współczynników podziału określających zróżnicowanie prędkości migracji tych składników spowodowane różnym ich powinowactwem do faz: ruchomej, służącej do transportu mieszaniny przez kolumnę, oraz nieruchomej – stacjonarnej, wpływającej na ruch poszczególnych składników mieszaniny.

W GLC fazą ruchomą jest gaz, natomiast fazę nieruchomą stanowi ciało stałe lub ciecz, którą nasącza się zwykle ciało nieaktywne pełniące rolę nośnika. Badaną mieszaninę wprowadza się przez szybkie odparowanie do strumienia gazu obojętnego (nośnego). Mieszanina ta przepływa wraz z gazem przez nieruchomą kolumnę. Poszczególne składniki wędrują z różną prędkością, zależnie od współczynników ich podziału. W wyniku tego procesu następuje rozdzielenie mieszaniny. Rozdzielone składniki opuszczają kolumnę i są analizowane ilościowo przez tzw. detektor. Sygnał detektora jest proporcjonalny do ich stężenia w detektorze lub masy na jednostkę czasu. Wykres przedstawiający sygnał jako funkcję czasu nosi nazwę chromatogramu składającego się z wielu szczytów (pików) (zob. rycina).

Obliczenia ilościowe wykonywane są na podstawie porównań wielkości pików substancji wzorcowych z wielkością pików substancji w badanych próbkach. Wyniki często przedstawia się procentem udziału związku terpenowego w sumie monotrpenów. Profile terpenowe badanych populacji drzew wyrażone mogą być również procentowym udziałem związku w jednostce wagowej analizowanej tkanki.

* W niniejszym opracowaniu wykorzystano fragmenty publikacji *Nasiennictwo, szkółkarstwo i selekcja drzew leśnych. Cz. III. Podstawy selekcji drzew* [Sabor 1998].

** *Katedra Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych, Akademia Rolnicza im. H. Kollątaja w Krakowie.*



Chromatogram standardowych monoterpenu i n-węglowodorów [Squillace 1976]

Spośród ogólnej liczby 60 składników spektrum chromatograficznego olejku żywicznego jako markery służą najczęściej węglowodory mono- i seskwiterpenowe: α - i β -pinen, limonen, kariofyllen, longifolen, mircen, fellandren, a przede wszystkim Δ^3 -karen. Skład terpenów jest w populacji drzew w obrębie gatunku zmienny, a ich synteza pozostaje pod kontrolą pojedynczych loci. Obecnie znanych jest 15 takich loci. Występowanie Δ^3 -karenu pozostaje pod genetyczną kontrolą pojedynczego locus z dwoma segregującymi allelami. Monoterpeny wykorzystuje się do oceny zróżnicowania wewnątrzgatunkowego (rasowego) oraz interpretacji genetycznej pochodzeń [Backmann 1986].

Zmienność geograficzną różnych ras na obszarze występowania gatunku analizuje się głównie na podstawie histogramów uwidaczniających rozkład prawdopodobieństwa występowania określonych profili terpenowych. W przypadku sosny pospolitej jest to przede wszystkim analiza częstotliwości genotypu z „wysokim”, lub „niskim” Δ^3 -karenem oraz α - i β -pinenem.

Allel kodujący „niski” poziom karenu u sosny zwyczajnej jest recesywny w odróżnieniu od allelu dominującego odpowiedzialnego za „wysoki” karen [Tigerstedt i in. 1978]. Największą zmienność w zasięgu występowania gatunku wykazują głównie α - i β -pinen. β -pinen ze względu na determinizm genetyczny jest ważnym markerem genetycznym pozwalającym wyróżnić odmiany i populacje cząstkowe sosny zwyczajnej [Tobolski i Hanover 1971, Wright 1976]. Wysoki procent α -pinenu odnotowali u tego gatunku

w południowej części jego zasięgu (z wyjątkiem Grecji) Tobolski i Hanower [1971]. Dużą koncentrację omawianego związku obserwuje się również u proveniencji hiszpańskich określonych przez Wrighta i Bulla [1963] jako *Pinus sylvestris* var. *iberica*. U sosny zwyczajnej rosnącej na terenach północnych najwyższą koncentracją wśród związków monoterpenu wyróżnia się Δ^3 -karen [Tobolski i Hanower 1971, Tigerstadt i in. 1978]. Sosna z południowej Francji (*Pinus sylvestris* var. *aquitana*) charakteryzuje się znacznym udziałem w sumie monoterpenu β -pinenu, sosna z północnych Włoch oraz Turcji i Gruzji (*P. sylvestris* var. *armena*) – mircenu, a *P. sylvestris* var. *rhodopaea* – β -pinenu i limonenu.

W Europie centralnej sosny odmian niżowych: haska (*P. sylvestris* var. *hagnensis*) z południowo-zachodnich Niemiec oraz hercyńska z Wogezów, Czarnego Lasu i Rudaw wykazują dużą koncentrację Δ^3 -karenu i β -pinenu, a małą – mircenu, α -pinenu oraz β -fellandrenu i terpinolenu.

Sosna zwyczajna z terenów Polski, określana jako *Pinus sylvestris* var. *polonica*, charakteryzuje się według Tobolskiego i Hanovera [1971] stosunkowo niewielką zawartością α - i β -pinenu, względnie dużą – Δ^3 -karenu oraz występowaniem mircenu, limonenu, β -fellandrenu i terpinolenu.

Ocena zawartości związków monoterpenu u sosny pospolitej występującej w Polsce, głównie α - i β -pinenu oraz Δ^3 -karenu, wykazuje pod tym względem zmienność proveniencyjną zarówno w przypadku niżowych, jak i górskich populacji cząstkowych. Proveniencje górskie sosny z Nowego Targu i Piwnicznej charakteryzują się ogólnie mniejszą zawartością α - i β -pinenu, a większą – Δ^3 -karenu w korze drzew. U drzew z „małym” karenem występuje dwukrotnie mniejsza zawartość α -pinenu. Występowanie genotypu „mały” karenu [C/C] w analizowanych grupach pochodzeń nie zależy od pierśnicy drzew [Sabor 1993, Sabor i Janeczko 1995].

W przypadku innych gatunków markerami terpenowymi są: dla jodły α -pinen, β -pinen, kamfen, limonen, β -fellandren [Skrzyszevska 1997, 1999], a dla świerka α -pinen, β -pinen, kamfen, mircen, α -fellandren, Δ^3 -karenu i limonen [Sabor 1997].

Literatura

- Backmann F.** 1986. Genetic means of verifying observance of the law. I. Methodical principles of “provenance identification”. IUFRO Joint Meeting of WP.S.2.2.03–14 on Biochemical Genetics and Legislation of Forest Reproductive Material. Bundesforsch. für Forst und Holzw., Hamburg.
- Sabor J.** 1993. Zmienność sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) i hodowlana wartość jej polskich proveniencji w warunkach siedliskowych Beskidu Sądeckiego. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, ser. Rozpr. hab., 185.
- Sabor J.** 1997. Ocena zróżnicowania genetycznego świerka rasy istebniańskiej pochodzeń Inwentaryzacyjnego Doświadczenia Proveniencyjnego Świerka Pospolitego IPTNS-IUFRO 1964/68 markerami monoterpenu. [W:] Zachowanie leśnych zasobów genowych i hodowla selekcyjna świerka pospolitego w Nadleśnictwie Wisła. Sprawozdanie roczne, Zakład Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych AR w Krakowie (maszynopis).
- Sabor J.** 1998. Nasiennictwo, szkółkarstwo i selekcja drzew leśnych. Cz. III. Podstawy selekcji drzew. Skrypt do wykładów i ćwiczeń. AR w Krakowie.

- Sabor J., Janeczko M.** 1995. Geograficzna zmienność zawartości wybranych monoterpenów w korze drzew sosny zwyczajnej. *Sylvan*, 5, 41–50.
- Skrzyszevska K.** 1997. Analiza zmienności wewnątrzgatunkowej i wartości genetyczno-hodowlanej jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) pochodzeń Ogólnopolskiego Doświadczenia Proweniencyjnego Jd PL 86/90. Rozprawa doktorska. Zakład Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych AR w Krakowie (maszynopis).
- Skrzyszevska K.** 1999. Ocena struktury genetycznej jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) markerami monoterpenowymi na powierzchni badawczej Jd PL 86/90 w Nadleśnictwie Baligród. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie, ser. Sesja Naukowa*, 61, 67–86.
- Squillace A.E.** 1976. Analyses of monoterpenes of conifers by gas-liquid chromatography. [W:] *Modern methods in forest genetics*, Berlin–Heidelberg, 120–157.
- Tigerstedt P.M.A., Hiltunen R., Chung M.S, Moren E.** 1978. Inheritance and genetic variation of monoterpenes in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). [W:] *Proceedings Conference on Biochemical Genetics of Forest Trees*, red. D. Rudin. Umeå, Sweden, 293–299.
- Tobolski J.J., Hanover J.W.** 1971. Genetic variation in the monoterpenes of Scotch pine. *For. Sci.*, 17, 293–299.
- Wright J.W.** 1976. *Introduction to forest genetics*. Academic Press. New York.
- Wright J.W., Bull W.I.** 1963. Geographic variation in Scotch pine. *Silvae Genetica*, 12(1), 5–25.

Część III

Podstawy teoretyczne. Genetyka populacyjna

Tezy o naturalności lasów

Kazimierz Rykowski*

Definicje naturalności

Pojęcie naturalności jest niezmiennie obecne w najnowszych koncepcjach gospodarki leśnej zbliżonej do natury, naturalnej lub półnaturalnej hodowli lasu, jak również w dyskusjach o ochronie przyrody. Rozumienie naturalności jest jednak raczej intuicyjne i niejednoznaczne. Już wstępne przybliżenie problemu wyłania co najmniej dwie kwestie: (1) kwestię stosowanej terminologii (lasy dziewicze, pierwotne, dzikie, rodzime, naturalne) oraz (2) kwestię roli czy miejsca człowieka w przyrodzie.

Pierwsza kwestia, natury semantycznej, którą należałoby pilnie rozstrzygnąć, pomaga w definiowaniu lasów o określonych cechach strukturalno-funkcjonalnych, kwestia druga stanowi przedmiot refleksji filozoficznej i będzie zapewne rozstrzygana tak długo, jak długo istnieć będzie samoświadomość gatunku.

Jeśli przyjmiemy najczęściej powtarzaną definicję naturalności przyrody lub definicję lasów naturalnych jako „przyrodę nietkniętą działalnością człowieka”, to wyłonią się dwie, przeciwstawne opinie: pierwsza mówi o tym, że istnieją na świecie, również w Polsce, resztki lasów naturalnych, pierwotnych, dziewiczych i że ich obszar ciągle się zmniejsza, druga – że wobec powszechności bezpośredniego czy pośredniego oddziaływania człowieka na przyrodę (np. poprzez zmiany klimatu) takich lasów już nie ma.

Bardziej racjonalne wydaje się być traktowanie naturalności jako kontinuum pewnej zmiennej, począwszy od pełnej naturalności (100%) do absolutnej sztuczności (0% naturalności). Jeśli założymy, że nawet najbardziej naturalne lasy świata noszą ślady człowieka, a nawet najczystsze klonalne plantacje zawierają elementy dzikiej przyrody, to możemy uznać, że większość lasów naszej planety jest częściowo naturalna lub tylko częściowo sztuczna.

Kierunki kształtowania lasu naturalnego

Głębokie zmiany roślinności naturalnej człowiek zapoczątkował już w neolicie, a więc przynajmniej od 5000 lub 6000 lat człowiek przekształcał w sposób trwały i ciągły pierwotne zbiorowiska leśne, zmieniając ich strukturę gatunkową i przestrzenną. Dostyc wcześnie rozstał się więc z rzeczywistością nienaruszoną przyrodą. Słowo „rozstał” nie jest najlepszym określeniem. Ludzie zawsze współistnieli z lasami i współistnieją teraz. Możemy mówić o koewolucji człowieka i lasu – zmieniał się człowiek i wraz z nim i jego potrzebami zmieniał się las. Istotą sprawy staje się więc nie sam fakt oddziaływania człowieka czy jego obecność w przyrodzie, lecz rodzaj oddziaływania, cel i zakres.

* Zakład Ekologii i Ochrony Środowiska, Instytut Badawczy Leśnictwa w Warszawie

W określeniu „naturalny” nie kryje się przeszłość danego obiektu, lecz procesy, które go aktualnie kształtują. Nie jest zatem istotne, czy obiekty tej samej klasy istniejące przed nim były lub nie były dotknięte ludzką ręką. Istotne jest to, że współcześnie obiekt kształtują siły przyrody (klimat, gleba, stosunki wodne, sukcesja ekologiczna itp.) nie zaś człowiek. Przy takim ujęciu wyłania się jednak problem sposobów i metod kształtowania danego obiektu: jeśli bowiem człowiek oddziałuje na przyrodę, wykorzystując naturalne procesy właściwe „siłom przyrody” (sukcesję, konkurencję, selekcję, dobór naturalny itp.), to czy tworzony w ten sposób przez człowieka obiekt jest naturalny, czy nie? Nie każdy ślad ludzkiej działalności dyskwalifikuje lasy jako naturalne.

Istotny jest poziom organizacji, do którego odnosi się pojęcie naturalności. Czym innym jest naturalność na poziomie krajobrazu, czym innym na poziomie zbiorowiska lub populacji. Wydaje się, że takie same prawa rządzą zarówno populacją sosny rozwijającą się w luce drzewostanu „naturalnego”, jak na zrębie zupełnym. W funkcjonowaniu populacji łatwiej jest znaleźć „naturalność” przyrody niż w zbiorowisku, gdzie człowiek może wpływać np. na skład gatunkowy. Człowiek jednak może i wpływa na powiązania troficzne, na obieg pierwiastków (np. przez nawożenie), na rozkład materii organicznej, na produktywność ekosystemów. Jest zainteresowany eliminowaniem jednych elementów i preferowaniem innych, wykorzystując przy tym prawa i procesy naturalne.

Może dojść do sytuacji, gdy naturalne pozostaną wyłącznie procesy fizjologiczne, np. w leśnictwie klonalnym. Sztuczna uprawa drzew będzie z fizjologicznego punktu widzenia uprawą naturalną. „Naturalność” pojawia się nieoczekiwanie również na poziomie krajobrazu: ludzie w miastach traktują sztucznie zakładane parki z obcymi gatunkami roślin jako fragmenty przyrody naturalnej.

Należy zwrócić uwagę na relatywność pojęć „naturalny” i „naturalność”. Pojęcia te tracą na wyrazistości, rozmywają się wraz z przechodzeniem na wyższe poziomy organizacji przyrody. Krajobraz naturalny powstaje przy dużym udziale działalności człowieka – w skali mozaiki krajobrazowej elementy naturalne przeplatają się z elementami antropogenicznymi (las, pola uprawne, wody, sady, parki, osiedla, infrastruktura komunikacyjna).

Las naturalny a ekosystem

Błędem byłoby ograniczanie lasów naturalnych do ekosystemów leśnych, gdzie dominują drzewa wiekiem przekraczające uznawaną dla danego gatunku, w danym środowisku i określonym położeniu geograficznym dojrzałość biologiczną. Okresowa dynamika takiego ekosystemu ma się charakteryzować współistnieniem drzew żywych, starych drzew osłabionych wiekiem, stojących drzew zamierających i martwych, a także obecnością martwych drzew leżących wykazujących zróżnicowane stadia rozkładu drewna. Na powyższy opis lasu naturalnego istnieje powszechna zgoda, ale opis ten nie wyczerpuje istotnych cech lasów naturalnych – obecności wszystkich stadiów sukcesyjnych rozwoju lasów oraz ich przestrzennej lukowej/mozaikowej struktury. Struktura taka może się tworzyć na odpowiednio dużej powierzchni w wyniku oddziaływania naturalnych zakłóceń i przebiegu naturalnych procesów ekologicznych.

Człowiek ma naturalną (właśnie „naturalną”, chociaż immanentną człowiekowi...) skłonność do traktowania wszystkich ekosystemów zdominowanych przez długowieczne drzewa jako naturalne, bardziej trwałe i stabilne. Tymczasem wiele typów roślinności ze starymi drzewami ma znacznie bardziej niestabilny charakter niż mogłoby się to wydawać i niż się powszechnie sądzi.

Małe lub przejściowe zmiany w warunkach środowiska mogą powodować daleko idące i długotrwałe zmiany roślinności. Na dłuższą metę przestrzenne rozmieszczenie typów roślinności w istotny sposób zależy od klimatu, a niewielkie nawet zmiany temperatury i opadów mogą powodować znaczące zmiany w zbiorowiskach roślinnych. Zmiany roślinności mogą powodować również niezamierzone i niekontrolowane oddziaływania człowieka na środowisko (np. eutrofizacja spowodowana depozytem związków azotowych pochodzących z dalekich odległości lub zmiany klimatyczne). Zbiorowiska, które składają się z gatunków długowiecznych mogą powoli reagować na tego typu zmiany czynników środowiska, ale nawet mała zmiana może powodować daleko idące konsekwencje.

Jednym z najważniejszych skutków małych zmian temperatury (rzędu 1–2°C) może być ich wpływ na częstotliwość, rozległość i intensywność zaburzeń (choćby rozregulowanie pogody w ostatnich latach). Wpływa to na strukturę i rozmieszczenie roślinności i może stanowić istotny mechanizm, za pośrednictwem którego małe zmiany klimatyczne powodują istotne zmiany w roślinności.

Każdy punkt na osi czasu jest szczególnie i niepowtarzalny. Nie ulega wątpliwości, że utrzymanie roślinności w stanie „naturalnym” jest w wielu przypadkach pożądane. Znalezienie jednak odniesienia do tego stanu w czasie może być bardzo trudne. W każdym szczególnym momencie roślinność danego obszaru może wykazywać cechy szczególnie decydujące o jej odrębności w stosunku do wszystkich innych możliwych okresów i miejsc, które równie dobrze mogłyby stanowić punkt odniesienia. Czy istnieją wzorce naturalności, do których można się odwołać, poszukując rozwiązań w działaniu praktycznym?

Ze względu na zmienność przyrody zdefiniowanie roślinności naturalnej lub zdefiniowanie naturalnych zakłóceń dla wielu obszarów jest bardzo trudne – roślinność aktualna jest pomocna tylko w ograniczonym zakresie, ponieważ prawie wszystkie ekosystemy zostały w taki lub inny sposób przekształcone. Przeszłość także dostarcza tylko bardzo niepewnych wskazówek co do tego, jak mogłaby wyglądać teraźniejszość, chociażby dlatego, że fluktuacje klimatu, czynniki o charakterze losowym i zwykły upływ czasu mogłyby spowodować inny wygląd teraźniejszości, nawet gdyby nie było oddziaływania człowieka.

„Las jest rzeką zmian” – nigdy nie jest taki, jaki był, nigdy nie będzie taki, jaki jest teraz. Dlatego tak ważna jest obserwacja nurtu tej rzeki – źródła wiedzy o tym, co i jak leśnik powinien w lesie robić, by zachować jego trwałość i względną równowagę.

W środowisku, które z natury jest niestabilne, idea tzw. potencjalnej roślinności naturalnej lub naturalnych zaburzeń bazuje na bardzo kruchych podstawach. Ponieważ czynniki losowe i niewielkie fluktuacje klimatu mogą powodować daleko idące zmiany w roślinności, zarówno gatunki zajmujące daną jednostkę krajobrazu, jak i związane z nimi procesy ekosystemowe będą podlegać dużym wahaniom, nawet w relatywnie krótkich przedziałach czasu i żaden stan nie da się wyróżnić jako bardziej naturalny od innych. Statyczne ujęcie koncepcji potencjalnej roślinności naturalnej stanowi przeszkodę w efektywnym sprawowaniu ochrony walorów przyrodniczych lasów i ich integralności ekologicznej. Praktyczna przydatność koncepcji naturalnej roślinności potencjalnej stoi pod znakiem zapytania, a przecież ta właśnie idea stanowi główną teorię wspierającą współczesne zarządzanie i hodowlę lasu w dążeniach do osiągnięcia zgodności składu gatunkowego drzewostanu z siedliskiem.

W praktyce zarządzania lasu ocenę zgodności fitocenozy z biotopem sprowadza się do analizy składu gatunkowego drzewostanu w odniesieniu do gleby; inaczej mówiąc, znajomość glebowych wymagań gatunków drzew oraz rozpoznanie gleby decyduje

o stopniu zgodności. Praktyka idzie jeszcze dalej, sprowadzając poprawność ekologiczną do zgodności obecnego składu gatunkowego drzewostanu z typem gospodarczym ustalonym w planie urządzania. Przypomnijmy, że gospodarczy typ drzewostanu (GTD) to skład gatunkowy i budowa drzewostanu, do którego w danych warunkach siedliskowych należy dążyć w ciągu całego cyklu produkcyjnego i który stanowi podstawę planowania hodowlanego. O stopniu zgodności zaś decyduje przyjęty arbitralnie zakres udziału mięszosociowego lub powierzchniowego gatunków głównych rzeczywistych, przyjętych w planach urządzania. Czy takie działanie jest rzeczywiście zgodnością fitocenozy z biotopem? Czy postępowanie to dostatecznie wyczerpuje postulat trwałości przyszłych lasów zbudowanych na tak rozumianej zgodności składu gatunkowego z siedliskiem?

Na potrzeby programu ochrony przyrody w nadleśnictwie zgodność, o jakiej mowa, określa się w ten sam sposób (według metody Biura Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej): fitocenoza wzorcowa = gospodarczy typ drzewostanu określony przez komisję techniczno-gospodarcze. A zatem wzorcem zgodności biocenozy z biotopem stał się gospodarczy typ drzewostanu. Czy gospodarczy typ drzewostanu jest również wzorcem naturalności lasów gospodarczych?

Skutki zagospodarowania lasu

W myśl nowoczesnej praktyki leśnej, dążąc do uzyskania maksymalnego efektu gospodarczego, wprowadzono, i nadal się wprowadza, do lasów strefy umiarkowanej i borealnej wiele systemów zagospodarowania i technologii, które zmieniły lasy „naturalne” na lasy „sztuczne” i wyeliminowały lub ograniczyły w lasach zagospodarowanych procesy naturalne:

- wydatnie ograniczono pożary, po których pozostawały w lesie w dużych ilościach węgiel i martwe drewno;
- wyeliminowano stojące drzewa martwe oraz martwe drewno leżące (leżanina), a „czystość” i „porządek” w lesie stały się chlubą gospodarza;
- sztucznie zaczęto kształtować skład gatunkowy w wyniku preferowania gatunków komercyjnych (iglastych) o dużych walorach przyrostowych;
- sztucznie zaczęto prowadzić selekcję gatunków, przyjmując kryteria przyrostowo-surowcowe;
- schematyczne podziały powierzchniowe wprowadziły wewnętrzną fragmentację lasu i pogłębiły fragmentację kompleksów leśnych;
- naturalne procesy rozwojowe – naturalna sukcesja, konkurencja, starzenie się i śmiertelność, obecność drewna martwego w różnej postaci, rozrodczość i selekcja naturalna, dobór naturalny, procesy adaptacji, przeżywalność i strategia przetrwania zostały wyeliminowane lub ograniczone; procesy te zostały zastąpione sztucznym odnowieniem, cięciami pielęgnacyjnymi, sztuczną selekcją przez preferowanie ekotypów o pożądanym cechach, zwłaszcza przyrostowych, szkółkarstwem „rolniczym”, walką z „posuszem” i usuwaniem drzew zamierających i martwych, stymulacją przyrostu opartą na fizjologii odżywiania (nawożenie, odwadnianie), wprowadzeniem wieku rębności, który nie pokrywa się z wiekiem odnowienia i fizjologiczną starością itd. W ten sposób działania uzasadnione celami gospodarczymi pozbawiły lasy zagospodarowane cech naturalności i zagubiły cele ekologiczne, o które społeczeństwo wydaje się obecnie upominać.

Czy przywracanie utraconych cech jest możliwe i racjonalne? Czy istnieje powrót do raju utraconego?

Nieliczne badania prowadzone w lasach naturalnych wskazują na zaskakująco dużą dynamikę zmian składów gatunkowych na przestrzeni krótkiego czasu, krótszego od czasu potrzebnego do wyhodowania jednego pokolenia drzewostanu w lasach gospodarczych. Zachodzi pytanie: w jaki sposób utrzymać, bez utraty stabilności, „pożądany” skład gatunkowy (tzn. gospodarczy typ drzewostanu) w lesie zagospodarowanym przy tak dużym nacisku zmian naturalnych, które stanowią przecież mechanizm stabilizacji i są rezultatem procesów dostosowawczych? Z takich obserwacji wypływają ważne konsekwencje dla gospodarki leśnej, zwłaszcza w kontekście renaturalizacji – przywracania naturalnego charakteru fitocenozy leśnym i zgodności biocenozy z biotopem. Skład gatunkowy jest tu bardzo niepewnym kryterium naturalności. Nie ma bowiem wzorca, do którego można by go odnosić. Oczywiście problem ten nie we wszystkich przypadkach siedlisk występuje jednakowo ostro. Generalnie, w przypadku wszystkich siedlisk uboższych łatwiej zachować jest zgodność biocenozy z biotopem jako kryterium naturalności niż w przypadku siedlisk bogatych. W tym drugim przypadku dobrym przykładem jest siedlisko lasu łęgowego, na którym zaleca się (*Zasady hodowli lasu*) hodować drzewostany z przewagą dębu, podczas gdy w warunkach mniej lub bardziej naturalnych w składzie gatunkowym drzewostanu dominują głównie topole i wierzby.

Stabilność a trwałość lasu

Tradycyjna koncepcja stabilności dotyczyła podstawowego elementu ekosystemu leśnego – drzewostanu i jego odporności na takie czynniki, jak śnieg i wiatr. Obecnie przeważa coraz bardziej pogląd, że drzewostan jest tylko jednym z elementów złożonego systemu obejmującego organizmy autotroficzne, heterotroficzne i środowisko fizyczne. W związku z tym koncepcja stabilności uległa rozszerzeniu i mówi się obecnie o stabilności ekologicznej, mając na myśli cały ekosystem leśny.

Trwałość lasu jest warunkiem koniecznym dla wszelkich poczynań i do formułowania jakichkolwiek poglądów. Chodzi tu, rzecz jasna, nie o trwałość użytkowania czy trwałość dochodów, lecz o trwałość istnienia lasu wynikającą z mechanizmów samoregulacji. Zapewnienie trwałości lasu w takim rozumieniu to przede wszystkim potraktowanie lasu jako tworzywa natury, który powstał w wyniku koewolucji elementów biotycznych i abiotycznych i jako taki jest w zasadzie niepowtarzalny. Hodowcy twierdzą, że niepowtarzalny jest każdy drzewostan. Jeśli obiekt jest niepowtarzalny, to jaką wiedzę można z niego czerpać na użytek innych, równie niepowtarzalnych obiektów?

Współczesne kierunki rozwoju gospodarki leśnej to poszukiwanie modelu gospodarstwa leśnego bliskiego naturze (closed to nature forestry, ecosystem approach forestry). Założenia takiego modelu wywodzą się z opisu lasu pierwotnego lub lasu naturalnego. Uzasadnia to rosnące zainteresowanie leśnictwa lasami naturalnymi, zwłaszcza możliwością ich identyfikacji w różnych stadiach rozwojowych i stopniach deformacji. Istnieje przekonanie, że las pierwotny/naturalny może być wzorcem, w jaki sposób przy wykorzystaniu swobodnie działających sił natury i przy użyciu małej ilości energii dodatkowej można zapewnić zadowalającą produktywność i stabilność lasów gospodarczych.

Badania w rezerwach i parkach narodowych stają się niezwykle cenne. Badań takich jest, niestety, niewiele, a ich przydatność dla gospodarki leśnej ograniczona. Ograniczona

przede wszystkim z powodu zasadniczej różnicy: w parkach i rezerwach leśnych zawsze było martwe drewno, i to w dużych ilościach, jako podstawowy, strukturalny element lasów naturalnych. W lasach zagospodarowanych martwe drewno było programowo usuwane (było, ponieważ od niedawna zaleca się pozostawianie pewnej ilości martwych drzew w lesie; problem jest natomiast z ową „pewną ilością”). Nie ulega wątpliwości, że im mniej jest w lesie martwego drewna, tym bardziej jest on nienaturalny, a jednocześnie tym lepiej oceniany przez praktykę leśną. Czy możliwe jest zbliżanie gospodarki leśnej do natury i jednocześnie utrzymywanie przedmiotu gospodarowania w stanie dalekim od naturalnego?

Badania w rezerwach i parkach narodowych nie wyczerpują potrzeb współczesnej gospodarki leśnej. Istnieje kategoria wiedzy, którą leśnik może zdobyć na obszarach, gdzie naturalne procesy zachodzą w następstwie lub w zderzeniu z destrukcją lasu, pochodzącą od samej przyrody bądź w następstwie procesów gospodarczych, i na obszarach, które sam wybierze i przygotuje do określonych celów. Więcej informacji mogą dostarczyć tereny, na których będzie następować restytucja zbiorowisk leśnych w sposób nie zakłócony działalnością gospodarczą, a więc obszary, na których powstawać będą lasy „wtórnie naturalne”. Do takich obszarów należą na przykład wylesione niegdyś obszary w Sudetach, pożaryska, lasy zniszczone przez wiatr, lasy zniszczone na poligonach, lasy uszkodzone przez przemysł. Obszary takie są również niezwykle cenne dla pozakonserwatorskiej ochrony przyrody. To na takich właśnie obszarach należałoby obserwować wszelkie zachodzące na nich procesy naturalne: sukcesję, konkurencję, dostosowywanie się, rozwój i strategię przetrwania zbiorowisk leśnych, a następnie wyciągać wnioski i na ich podstawie formułować zalecenia dla praktyki zagospodarowania lasów, zwłaszcza produkcyjnych. Wiedza o naturalnych tendencjach dynamicznych zbiorowisk leśnych jest niezbędna dla współczesnej gospodarki leśnej i czynnej ochrony przyrody. Na tej podstawie obydwie dziedziny mogą rozwijać stosowne strategie i procedury postępowania i zamiast wzniecać konflikty – współpracować.

Integralność ekologiczna

Z operacyjnego punktu widzenia w przypadku lasów zagospodarowanych lepszym kryterium niż „naturalność”, z uwagi na bardziej precyzyjne formułowanie celów hodowlanych, jest tzw. integralność ekologiczna. Takie podejście zmienia sposób traktowania zarówno gospodarki leśnej, jak i ochrony przyrody w lasach. Podstawowym bowiem warunkiem zachowania integralności ekologicznej i walorów przyrodniczych lasów staje się maksymalna ochrona procesów naturalnych, a nie lasów naturalnych jako obiektów istniejących fizycznie.

Struktura i skład gatunkowy lasów zmieniają się w sposób ciągły jako efekt wielu naturalnych, jednocześnie przebiegających procesów, co prowadzi do powstania charakterystycznej mozaiki płatów o różnej wielkości i znajdujących się w różnych fazach rozwoju. Dużą rolę w kształtowaniu tej mozaiki odgrywa przypadek, którego nie można ani „zaplanować”, ani inscenizować”.

Obok naturalnych zaburzeń i katastrof podobną, twórczą rolę w kształtowaniu integralności ekologicznej ekosystemów leśnych w lasach zagospodarowanych mogą odgrywać właściwie „zaplanowane” i odpowiednio „zainscenizowane” działania hodowlane, które będą wyzwać naturalne procesy ekosystemowe i uwzględniać np. przestrzenną zmienność i mozaikowość warunków glebowo-siedliskowych czy charakter naturalnych zakłóceń w technologiach użytkowania i odnawiania lasów.

Z punktu widzenia integralności ekologicznej lasów ważniejsze znaczenie od stabilności mechanicznej (w sensie odporności np. na śniegołomy czy wiatrołomy) ma stabilność ekologiczna (sprężystość, elastyczność), której manifestacją jest wykształcenie pełnej mozaiki zróżnicowań, ze wszystkimi charakterystycznymi dla lasów naturalnych stadiami rozwojowymi.

Z punktu widzenia integralności ekologicznej i zachowania przez lasy zdolności adaptacji do ciągle zmieniających się warunków środowiska podstawowe znaczenie odgrywa różnorodność na poziomie genetycznym, którą gospodarka leśna potrafi rozpoznawać i wykorzystywać. Czy zawsze trafnie?

Skutki selekcji

Głęboko w problematykę naturalności lasów wkraczają badania genetyczne i prace selekcyjne. Prowadząc badania genetyczne, mówi się o „rodzimości”, co oznacza na ogół „naturalność” pochodzeń. Już jednak w XVII w. nasiona drzew leśnych z Europy północno-wschodniej były w obrocie handlowym. Teza więc o „rodzimości” czy „naturalności” drzewostanów jest w wielu przypadkach wątpliwa.

Przyjęta zasada rodzimości lub naturalności jest trudna do realizacji, jeśli uwzględnia się ruchomość naturalnych zasięgów występowania drzew leśnych w aspekcie historycznym, jak również procesy introdukcji i reintrodukcji niektórych gatunków leśnych (np. daglezi).

Zmienność genetyczna drzew leśnych jest najwyższa w stosunku do wszystkich żyjących roślin i w znacznej mierze nosi charakter naturalny. Każda próba udomowienia zawęży pulę genową. Zmienność i bogactwo puli genowej jest głównym elementem strategii organizmów długowiecznych, o dużej niepewności jutra. Dlatego skutki prac genetycznych w leśnictwie, zwłaszcza sztucznej selekcji, mogą przynieść daleko idące konsekwencje: jest dużym ryzykiem podejmowanie decyzji hodowlanych, które ważą na życiu drzew na najbliższe dziesiątki i setki lat, na podstawie wyników uzyskanych w krótkich okresach badawczych. Nawet badania kilkudziesięcioletnie nie obejmują całego życia drzew, a tym bardziej życia ich potomstwa. Wobec długowieczności drzew leśnych wszystkie decyzje podejmowane na podstawie wyników badań genetycznych i selekcyjnych są obciążone dużym ryzykiem. Osiągnięcia selekcji z trudem dają się wtłoczyć w koncepcję lasu wielofunkcyjnego. Z trudem również będzie korzystała z tych osiągnięć wielofunkcyjna gospodarka leśna rozumiana jako realizacja wszystkich funkcji lasu w tym samym miejscu i w tym samym czasie.

Leśnictwo powinno zająć się całą skalą zmienności lasów, całym spektrum użyteczności i wszystkimi formami ochrony: od lasów naturalnych w rezerwach po plantacje i leśnictwo klonalne. Nie może być zepchnięte wyłącznie do roli producenta drewna. Należy odwrócić fałszywy obraz leśnika, który w opinii wielu kręgów społecznych postrzega w lesie wyłącznie drzewa, a gospodarkę leśną sprowadza do umiejętności sadzenia, pielęgnacji i wycinania. Renaturalizacja lasów zagospodarowanych nie jest wypełnieniem zgłaszanych postulatów „zbliżania leśnictwa do przyrody” (closed to nature forestry) czy „pół-naturalnej hodowli” i nie jest wyłącznie problemem technicznym. Pozwala na ukazanie wielowymiarowości lasu i wieloaspektowości zawodu leśnika. Rozwija jego kompetencje i nadaje mu nowy wymiar – już nie tylko producenta drewna, ale przede wszystkim mądrego zarządcy przyrody.

Ekologia restytucyjna

Teoria sukcesji Clementsa, która budowała deterministyczny obraz przyrody i współtworzyła zasady determinizmu ekologicznego, poddawana jest weryfikacji. Wraz z nią zdaje się relatywizować pojęcie naturalności, z którego wyeliminowano człowieka. On sam i wszystko co robi, jest traktowane jako „skażenie natury”, jako element obcy lub sztuczny, nienaturalny.

Jednocześnie narasta świadomość zmienności i nieprzewidywalności przyrody. Coraz trudniej o uogólnienia. Ważność badanych przypadków ogranicza się najczęściej do nich samych. Coraz ostrożniej podchodzi się do ekstrapolacji obserwowanych, rozproszonych trendów. Stąd coraz częściej pojawia się potrzeba teorii o coraz wyższym stopniu ogólności. Teorie takie powstają, tłumacząc coraz więcej nagromadzonych faktów (teoria katastrof, teoria chaosu, teoria systemów dysypatywnych, systemy rozmyte i inne).

Pozostawanie w obrębie naturalności, w której nie ma miejsca dla człowieka, ogranicza jego działania, również ochronne, i krępuje współczesne rozumienie przyrody.

Ekologia restytucyjna zajmuje się tworzeniem układów ekologicznych, których właściwości i funkcje zastępują układ zniszczony. Nie jest możliwe odtwarzanie naturalności – możliwe jest tworzenie nowej, współczesnej naturalności.

Współczesną naturalność lasów może realizować idea zachowania integralności ekologicznej. Ochrona procesów naturalnych wymaga przyjęcia kilku poziomów zróżnicowanej intensywności użytkowania i ochrony ekosystemów leśnych. Istotnym, jeśli nie najważniejszym, poziomem systemu jest odniesienie działań do określonego wzorca, albo inaczej – uzyskanie „referencji” dla postępowania gospodarczego od samej przyrody, czyli od obszarów, gdzie wstrzymana będzie taka działalność.

Naturalnego zespołu wzorcowego nie można zaprogramować. Taki zespół musi powstać na drodze swobodnej sukcesji. Aby był użyteczny dla gospodarki leśnej, powinien powstać w lasach gospodarczych, nie zaś w rezerwacie czy w parku narodowym. Dlatego etap rozwoju, na którym znalazło się leśnictwo w XXI wieku, potrzebuje modeli/wzorców, które powstaną na jego zamówienie, zgodnie ze zróżnicowaniem geograficznym i zmiennością siedliskową, pod wpływem wszelkich współcześnie działających czynników środowiska zewnętrznego i wynikającą stąd presją selekcyjną. Jest racjonalne pozostawienie poza ingerencją gospodarczą określonych, reprezentatywnych obszarów i ich metodyczna, okresowa obserwacja i korzystanie z tej wiedzy w odniesieniu do lasów produkcyjnych. Dobra hodowla lasu nie znosi dogmatów i szablonów, w dużej mierze oparta jest na obserwacji rzeczywistości i wyciąganiu wniosków. Taką rzeczywistość trzeba tworzyć – potrzebują jej Lasy Państwowe. Wyłączenie z eksploatacji gospodarczej części odpowiednio wybranych fragmentów nie uszczupli zdolności produkcyjnych (pozyskanie drewna wynosi obecnie ok. 55% przyrostu!), otworzy natomiast szansę na weryfikację wielu koncepcji, a może na tworzenie „puszcz jutra”?

Idea lasów ochronnych referencyjnych

Byłoby rzeczą ze wszech miar pożądaną, aby stworzyć krajową sieć powierzchni obejmującą fragmenty lasów wyłączonych z bezpośredniej ingerencji gospodarczej. Ustanowienie sieci powierzchni referencyjnych dla typów siedliskowych lasu i typów drzewostanów leży w najlepszym interesie trwałego i zrównoważonego, wielofunkcyjnego

leśnictwa. W pierwszej kolejności lasy referencyjne powinny powstać w Leśnych Kompleksach Promocyjnych. Początkiem takiej krajowej sieci są lasy ochronne/referencyjne ustanowione decyzją Ministra Środowiska na terenach lasów uszkodzonych przez huragan w lipcu 2002 r. w nadleśnictwie Pisz (Obręb Wilcze Bagno)*.

Sieć lasów referencyjnych potrzebna jest jako poligon od dawna oczekiwanej, pewnej kategorii badań leśnych, połączonych z praktycznym zagospodarowaniem lasu, gdzie podczas długich ciągów obserwacyjnych będzie możliwe sprawdzanie przyrodniczej skuteczności i ekonomicznej efektywności nowych rozwiązań oraz bieżąca weryfikacja poczyniń i wyobrażeń o hodowli półnaturalnej, leśnictwie zbliżonym do natury czy tzw. ekologizacji leśnictwa. Dzięki temu mogłyby być realizowane postulowane od dawna aż po dzień dzisiejszy, w tym przez wybitnych leśników, obszary lasu nietykalnego, powierzchnie wzorcowe, rezerwatowe, modelowe, zachowawcze i jeszcze inne, ale mające ciągle ten sam cel: doskonalenie gospodarki człowieka poprzez jej porównywanie z środowiskiem naturalnym. Oto niektóre dawne i nowe opinie w tej sprawie:

„W interesie pewności badań przyrody byłoby wskazaniem wydzielić w miejscowościach możliwie licznych i w możliwie różnych – tak pod względem warunków siedliskowych, jak i pod względem działających «przypadków» odpowiednie obszary lasu nietykalnego, rozwijające swoją sukcesję zespołu naturalnie i bez współdziałania człowieka. Należałoby więc wydzielić rezerваты, których dokładne zbadanie metodą porównawczą wskaże nam w przyszłości te zabiegi gospodarcze, przez których zastosowanie wytwarzać można naturalne zespoły gospodarcze, naturalne typy drzewostanów zagospodarowanych i wykreślać granice naturalnych zasięgów gospodarczych” [Jedliński 1928].

„...byłoby rzeczą nadzwyczaj pożądaną, ażeby w poszczególnych typach lasów były pozostawione mniejsze lub większe powierzchnie, które nie wchodziłyby w zakres normalnej eksploatacji, a przedstawiały niejako czasowe rezerваты lokalne, przeznaczone dla orientowania się w kwestjach stosowania zabiegów gospodarczych” [Paczoski 1930, s. 57].

„W celu dalszego doskonalenia przyjętych obecnie typów gospodarczych drzewostanów konieczne jest zapewnienie możliwości konsekwentnego prowadzenia, metodycznie poprawnej, obserwacji procesów naturalnych w zakresie ekspansji poszczególnych gatunków drzew we wszystkich krainach przyrodniczo-leśnych na poszczególnych siedliskach. Obserwacje te powinny być prowadzone na stałej sieci powierzchni obserwacyjnych, na których należałoby, możliwie dokładnie, zinventaryzować obecny stan siedlisk i drzewostanów i rejestrować ich naturalne zmiany, powodowane przez samą przyrodę. Zmiany te będą wskazywać preferencje dla określonych gatunków drzew poświadczonych w typach gospodarczych drzewostanów – z przyrodniczego punktu widzenia.”

„Nie należy (...) szukać kryteriów oceny zgodności fitocenozy z biotopem opartych wyłącznie na danych urzędzeniowych – z natury statycznych – lecz szukać dynamicznej

* Decyzją Ministra Środowiska nr DL.lp-0233-JJ-17/03 z dnia 10.06.2003 r. wydzielony został w nadleśnictwie Pisz (Leśnictwo Szast, obręb Wilcze Bagno) obszar lasów o powierzchni 445 ha jako „lasy ochronne”. Jest to obszar, który pozostawiono bez ingerencji gospodarczej do naturalnej regeneracji, zachowując całą biomasa zwalonych i złamanych drzew. Stanowi on w całości gospodarstwo rezerwatowe, a wobec pozostałych lasów odnawianych metodami gospodarki leśnej obszar ten jest traktowany jako „Lasy referencyjne”.

podstawy do takiej oceny. (...) taką podstawą może i powinna być uważna i stała obserwacja spontanicznych procesów naturalnych, inspirowanych przez samą przyrodę” [Rozwałka 2001, s. 165].

„W celu lepszego dopasowania regionalnych wzorców lasu do warunków lokalnych w każdym nadleśnictwie należałoby wytypować po jednej powierzchni wzorcowej każdego typu zbiorowiska. Powierzchnie te, najlepiej o charakterze rezerwatowym, powinny być obiektem intensywnego monitoringu przyrodniczego, prowadzonego według jednolitych procedur” [Solon 2001, s. 103].

„Potrzebne jest stworzenie bardzo szczegółowych wzorców (modelowych składów) naturalnych zbiorowisk leśnych występujących na obszarze objętym planem zarządzania. Wszystkie wzorce i prognozy powinny być zapisane w formie zdjęcia fitosocjologicznego” [Balcerkiewicz 2001, s. 22].

„W ocenie zgodności fitocenozy z biotopem, niezmiernie ważna jest znajomość wzorców dynamiki roślinności. (...) nieodzownym elementem służącym do oceny zgodności fitocenozy z biotopem jest wykonanie prac fitosocjologicznych w lasach naturalnych niezniekształconych. Prace (...) powinny być wykonane w różnych fazach rozwojowych tych drzewostanów i na wszystkich siedliskach leśnych. W wyniku tych prac powinien być opracowany klucz ustalający fitocenozy dla poszczególnych typów siedliskowych lasu i faz rozwojowych drzewostanów” [Piątkowski 2001, s. 145].

Literatura

- Balcerkiewicz S.** 2001. Ocena zgodności fitocenozy z biotopem z punktu widzenia botaniki. [W:] Zgodność fitocenozy z biotopem w ekosystemach leśnych, red. R. Zielony. Fundacja „Rozwój”, SGGW, Warszawa, 22–33.
- Jedliński W.** 1928. Asocjacje roślinne, typy drzewostanów i granice zasięgów, jako przyrodnicze podstawy do zarządzania lasu. Nakładem Związku Zawodowego Leśników w Rzeczypospolitej Polskiej, Warszawa.
- Paczoski J.** 1930. Lasy Białowieży. Nakładem Państwowej Rady Ochrony Przyrody w Krakowie, Lubicz 45, Skład Główny w Księgarni Kasy im. Mianowskiego w Warszawie, Pałac Staszica, Poznań.
- Piåtkowski J.** 2001. Metoda oceny zgodności biotopu z fitocenozą z punktu widzenia praktyki leśnej. [W:] Zgodność fitocenozy z biotopem w ekosystemach leśnych, red. R. Zielony. Fundacja „Rozwój”, SGGW, Warszawa, 145–155.
- Rozwałka Z.** 2001. Praktyczna ocena zgodności fitocenozy leśnej z warunkami biotopów z punktu widzenia potrzeb trwałej, zrównoważonej i wielofunkcyjnej gospodarki leśnej. [W:] Zgodność fitocenozy z biotopem w ekosystemach leśnych, red. R. Zielony. Fundacja „Rozwój”, SGGW, Warszawa, 165–173.
- Solon J.** 2001. Ocena stanu lasu z punktu widzenia ekologii krajobrazu. [W:] Zgodność fitocenozy z biotopem w ekosystemach leśnych, red. R. Zielony. Fundacja „Rozwój”, SGGW, Warszawa, 103–113.

Rola doświadczeń proveniencyjnych w poznaniu zmienności wewnątrzgatunkowej drzew leśnych oraz w ocenie wartości genetyczno-hodowlanej poszczególnych populacji cząstkowych

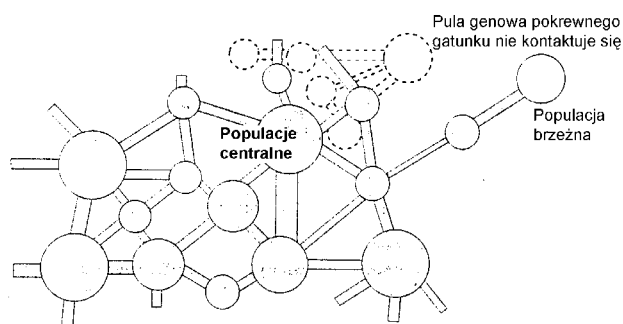
Janusz Sabor*

Założenia metodyczne doświadczeń proveniencyjnych

Gatunek jako populacja genetyczna

Doświadczenie proveniencyjne jest metodą oceny zmienności wewnątrzgatunkowej drzew poprzez ocenę wartości genetycznej poszczególnych populacji cząstkowych, które tworzą poszczególne drzewostany i ich potomstwo generatywne.

Zmienność wewnątrzgatunkową bada się metodami genetyki populacyjnej, w której gatunek jest populacją mendlowską (ryc. 1). Tworzące ją osobniki stanowią wspólnotę rozrodczą, a lokalne pule genowe pozostają w stałym kontakcie, przekazując geny pokolenia rodzicielskiego na osobniki pokolenia potomnego [Sperlich 1977]. Drzewa poszczególnych gatunków w swoim zasięgu występowania tworzą struktury populacji cząstkowych, które są od siebie oddzielone zupełnym lub co najmniej ostro zaznaczającym się brakiem ciągłości



Ryc. 1. System puli genowej populacji mendlowskiej; okręgi wyznaczają populacje lokalne, a łączące je pasma przepływ genów (według Sperlicha [1977])

ści w układzie zmienności odzwierciedlającym istnienie mechanizmów izolacji. Mechanizmy te w znacznym stopniu utrudniają lub całkowicie zapobiegają wzajemnemu przekazywaniu genów między populacjami [Stebbins 1958; cyt. za Giertychem 1989].

W ramach drzewostanów populacje cząstkowe mają pewną efektywną wielkość, która umożliwia swobodne mieszanie się genów.

* Katedra Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych, Akademia Rolnicza im. H. Kollątaja w Krakowie

Definiuje je lotność pyłku i nasion [Giertych 1989]. Populacje takie mogą być uważane za tzw. grupę sąsiedzką osobników o jednakowym prawdopodobieństwie krzyżowania się, którą można traktować jako wspólnotę rozrodczą [Sperlich 1977]. W pojęciu genetycznym populacja drzew jest zatem nie tylko zbiorem osobników, lecz stanowi również tzw. grupę hodowlaną, która jest przedmiotem prac selekcyjnych i hodowlanych [Falconer 1974].

Podstawową metodą analiz selekcyjnych stosowaną do oceny wartości genetyczno-hodowlanej cząstkowych populacji drzew leśnych są doświadczenia proveniencyjne.

Doświadczenia proveniencyjne są eksperymentem, w którym nasiona są kolekcjonowane z określonej liczby drzewostanów, zwykle naturalnych, reprezentujących wartościowe populacje cząstkowe gatunku, a wyhodowane z nich sadzonki rosną w podobnych warunkach zewnętrznych [Wright 1976].

Cel, zakres i metodyka doświadczeń proveniencyjnych

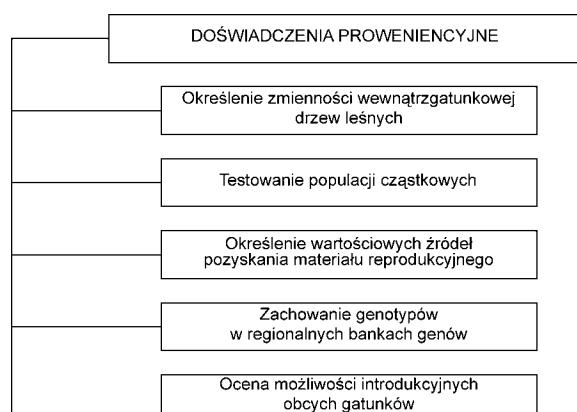
Ze względu na cel oraz zakres badań i metodykę, określające m.in. specyficzny dobór materiału badawczego i jego reprezentatywność, wyróżnić można:

1) doświadczenia, których celem jest poznanie zmienności wewnątrzgatunkowej, testowanie populacji cząstkowych oraz określenie wartościowych źródeł pozyskiwania materiału reprodukcyjnego; są to doświadczenia o charakterze inwentaryzacyjnym (Inventory Provenance Tests, Range Wide Tests), doświadczenia o charakterze regionalnym (Limited Range Tests), doświadczenia łączone proveniencyjno-rodowe (Combined Progeny Provenance Tests) oraz doświadczenia proveniencyjne i plantacje nasienne (Provenance Tests as Seed Orchards) [Wright 1976],

2) doświadczenia o specyficznym doborze materiału badawczego; doświadczenia analizujące potomstwo populacji cząstkowych pod względem ważnych gospodarczo lub specyficznych cech (drewno rezonansowe, cechy odpornościowe), określonych zależności (testy wczesne, selekcja pośrednia itp.) i stosowanej metody badawczej (dobór drzew rodzicielskich, zastosowanie standardów),

3) doświadczenia, których celem jest zachowanie wartościowych genotypów,

4) doświadczenia oceniające możliwości introdukcji gatunków obcych (ryc. 2).



Dobór materiału badawczego, reprezentatywność pochodzeń

Dobór materiału istotnie wpływa na interpretację wyników doświadczenia proveniencyjnego. W przypadku doświadczeń inwentaryzacyjnych eksperyment powinien charakteryzować zmienność całego zasięgu występowania gatunku. W przypadku gatunków o małym areale występowania test proveniencyjny jest reprezentatywny wtedy, gdy obejmuje potomstwo 20–30 pochodzeń populacji

Ryc. 2. Schemat ideowy doświadczeń proveniencyjnych

cząstkowych (drzewostanów). W przypadku dużego zasięgu doświadczenie reprezentatywne musi uwzględniać 50–200 proveniencji. Dobór pochodzeń powinien odpowiadać tzw. randomizacji strefowej zasięgu występowania gatunku, tzn. w jednakowy sposób charakteryzować całą zmienność jego populacji cząstkowych, tj. drzewostanów rodzicielskich potomstwa badanego w doświadczeniu.

O reprezentatywności genetycznej populacji potomnych drzewostanów macierzystych testowanych w doświadczeniu proveniencyjnym decyduje typ kolekcji nasion. Nie jest obojętne, czy nasiona pozyskano z drzew najlepszych, przeciętnych czy wybranych przypadkowo w drzewostanach rodzicielskich. Na ogół zbiera się nasiona 10–20 przeciętnych drzew w drzewostanie rodzicielskim, a w celu wyhodowania potomstwa do testu proveniencyjnego wysiewa się mieszaninę nasion.

Założenia teoretyczne

Analiza populacji cząstkowych wewnątrz subpopulacji mendlowskiej, jaką jest gatunek, jest jedną z metod oceny zmienności i selekcji stosowanych w genetyce populacyjnej drzew leśnych. W czasie badań proveniencyjnych analizuje się zmienność potomstwa populacji cząstkowych gatunku (drzewostanów rodzicielskich), a testy są podstawową metodą ich weryfikacji w ramach programów selekcyjnych drzew.

Pomierzona lub zaobserwowana wartość cechy jest określona tzw. wartością fenotypową (P) osobnika, która dzieli się na komponenty wynikające z oddziaływania genotypu (G), środowiska (E) oraz interakcji tych czynników ($G \times E$). Zależność tę można przedstawić formułą:

$$P = G + E + G \times E$$

Zmienność fenotypowa (ogólna) cechy w populacjach cząstkowych określona wariancją (V_P) jest sumą zmienności spowodowanej efektem: genetycznym (V_G), środowiskowym (V_E) i interakcyjnym (V_{GE}), co można wyrazić zależnością:

$$V_P = V_G + V_E + V_{GE}$$

Ocena każdego efektu zmienności ogólnej ma istotny wpływ na określenie reaktywności badanych genotypów (pochodzeń) na zmianę warunków środowiska. W doświadczeniach proveniencyjnych zakładamy jednolitość wpływu środowiska (E) na badane genotypy, natomiast uzyskaną zmienność (V_P), określoną na podstawie wieloletnich badań, przypisujemy wpływom genotypu (G) oraz interakcji ($G \times E$). Najczęściej interakcje te wyrażamy następującymi współzależnościami: „pochodzenie \times lata obserwacji” ($G \times E_{lata}$) oraz „pochodzenie \times lokalizacja” ($G \times E_{lok}$) pod względem określonej cechy.

Populacje genetyczne są również populacjami statystycznymi, w których wykonuje się pomiary homologiczne lub obserwacje bliskich sobie osobników o różnym stopniu pokrewieństwa. Metody analizy wyników opierają się głównie na analizie wariancyjnej oraz korelacji i regresji. Należy zatem przyjąć założenie, że populacja stanowi zbiór elementów jednorodnych, w którym poszczególne osobniki znacznie się różnią. Zróżnicowanie to jest czysto losowe [Żuk 1989]. W tak pojętej populacji wartość x_i cechy i -tego osobnika można przedstawić za pomocą następującego modelu:

$$x_i = \mu + e_i$$

gdzie:

μ – średnia wartość populacji;

e_i – wartość zmiennej losowej.

Średnią μ przyjmujemy jako wynik działania czynników wpływających na wszystkie cechy populacji, e_i jest wynikiem działania czynników specyficznych i -tego osobnika.

Analizując zmienność, zakładamy że rozpatrywane populacje mają rozkład normalny umożliwiający zastosowanie do oceny danych w doświadczeniach proweniencyjnych analizy wariancyjnej.

Do oceny istotności efektów poszczególnych komponentów wariancji ogólnej najczęściej stosuje się model klasyfikacji krzyżowej dwuczynnikowej z interakcjami. Wtedy model matematyczny określony jest następująco:

$$y_{ij} = m + p_i + b_j + (pb)_{ij} + e_{ij}$$

gdzie:

- y_{ij} – wartość cechy i proweniencji w j bloku,
- m – średnia doświadczenia,
- p_i – odchylenie i proweniencji od średniej,
- b_j – odchylenie j bloku od średniej,
- e_{ij} – błąd doświadczalny,
- $(pb)_{ij}$ – efekt interakcji $G \times E$

lub

$$y_{ij} = m + p_i + b_j + e_{ij}$$

gdzie y_{ij} , m , p_i , b_j , e_{ij} jak we wzorze poprzednim.

W modelu tym wariancja ogólna składa się z następujących komponentów:

Źródło zmienności	Stopnie swobody	Oczekiwane średnie kwadraty
Międzyproweniencyjna	$(p - 1)$	$V_E + bV_P$
Międzyblokowa	$(b - 1)$	$V_E + pV_B$
Błąd	$(p - 1)(b - 1)$	V_E

gdzie:

V_E – błąd doświadczenia wynikający z różnorodności siedliska (bloki) lub innych przyczyn (interakcje: „blok \times pochodzenie”; „lokalizacja \times pochodzenie”; „pochodzenie \times lata”),

V_P – komponent wariancji spowodowany różnicami pomiędzy proweniencjami (wariancja genotypowa),

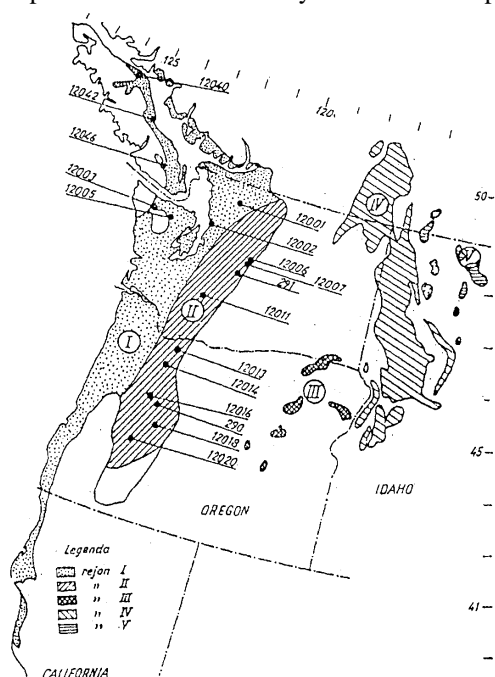
V_B – komponent wariancji spowodowany różnicami pomiędzy blokami;

p – liczba proweniencji,

b – liczba bloków.

Zastosowanie analizy wariancyjnej według opisanych modeli wymaga odpowiednich założeń metodycznych doświadczenia polowego. Ze względu na możliwość oceny poszczególnych elementów modelu wyróżnia się doświadczenia pochodzeniowe bez powtórzeń, w których nie jest możliwa ocena wpływu środowiska (E) i interakcji ($G \times E$), doświadczenia pojedyncze z powtórzeniami (brak możliwości oceny interakcji $G \times E_{lok}$) oraz wielokrotny test pochodzeniowy z powtórzeniami, w którym jest możliwa ocena współzależności $G \times E_{lok}$. W tym celu wykorzystuje się głównie systemy doświadczeń polowych zapewniające jednorodność warunków środowiska: metodę bloków losowanych, kwadratu lub prostokąta łacińskiego itp. Nieliczne doświadczenia są zakładane w systemie „poetek jednego drzewa” (single tree plot).

Starsze doświadczenia porównawcze nie uwzględniały powtórzeń, co znacznie ogranicza możliwość pełnego wykorzystania uzyskanych wyników ze względu na brak możliwości oszacowania wpływu środowiska oraz efektów interakcyjnych: $G \times E$. Nowe powierzchnie proveniencyjne obejmują populacje reprezentatywne i są zakładane jednocześnie w wielu miejscach. Przykładem takiego doświadczenia proveniencyjnego jest największy na świecie inwentaryzacyjny test świerka pospolitego IPTNS-IUFRO 1964/68, który obejmuje 1100 pochodzeń z całego zasięgu występowania gatunku: od centralnej Rosji do Pirenejów, a na północy od Norwegii do Gór Bihor i Gór Dynarskich. Test jest prowadzony na 20 powierzchniach badawczych w czternastu państwach świata [Bałut i Sabor 1993].



Ryc. 3. Obszar naturalnego występowania jodły olbrzymiej w Ameryce Płn. (podział na rejony według Müllera), z zaznaczeniem miejsc zbioru nasion do badań proveniencyjnych w Polsce [Bellon 1990]

Przykładem unikalnego doświadczenia proveniencyjno-rodowego jest Ogólnopolskie Doświadczenie Proveniencyjne Jd PL 86/90 obejmujące 99 proveniencji i 424 rody [Bałut i in. 1991]. Umożliwia ono badanie reakcji genotypów populacji jodły stanowiącej potomstwo drzewostanów rodzicielskich wszystkich najważniejszych rejonów naturalnego występowania tego gatunku. Lokalizacja upraw porównawczych w siedmiu nadleśnictwach, charakteryzujących się zróżnicowanym wpływem klimatu oraz różnym stopniem zagrożenia ekologicznego, pozwala na podjęcie badań nad genetyczną odpornością jodły w całym polskim zasięgu jej występowania.

Doświadczeniem proveniencyjnym spełniającym współczesne wymagania i wykorzystującym aktualne osiągnięcia w zakresie metodyki doświadczalnictwa są założone w 1982 r. nowe powierzchnie z sosną zwyczajną. Nasiona do tego testu proveniencyjnego zbierano w układzie zmienności N-S (od Finlandii do Turcji) oraz równoleżnikowo (od europejskiej części Rosji do Francji), a powierzchnie porównawcze założono w kilkunastu lokalizacjach ciągłego i rozproszonego zasięgu występowania gatunku [Giertych 1993a].

Interesującymi doświadczeniami w zakresie możliwości introdukcji gatunków obcych jest eksperyment IUFRO z *Abies grandis* [Bellon 1990] (ryc. 3). Doświadczenie to obejmuje kilkanaście proveniencji reprezentujących różne regiony naturalnego występowania gatunku na wyspie Vancouver oraz w Górach Kaskadowych, charakteryzujące się zróżnicowanymi warunkami klimatycznymi (głównie opadami). Badania nad zmiennością proveniencyjną i możliwościami introdukcji są prowadzone na pięciu powierzchniach doświadczalnych w szerokim spektrum siedliskowym [Bellon 1990].

Doświadczenia proweniencyjne jako metoda oceny zmienności wewnątrzgatunkowej oraz możliwości introdukcji obcych gatunków

Ocena zmienności wewnątrzgatunkowej

Zmienność wewnątrzgatunkowa jest określana zmiennością genotypową populacji cząstkowych oraz kierunkiem zmian badanych cech w zasięgu występowania gatunku.

Ocena zmienności genotypowej polega na określeniu istotności wpływu genotypu (G), środowiska (E) i interakcji $G \times E$ na zróżnicowanie cech badanych populacji cząstkowych (pochodzeń). Udział zmienności genetycznej w ogólnej zmienności cechy określa tzw. współczynnik odziedziczalności ogólnej:

$$h^2 = \frac{V_G}{V_G + V_E + V_{GE}}$$

gdzie:

h^2 – odziedziczalność (h_{sl}^2 – sensu lato),

V_G – zmienność genetyczna,

$V_G + V_E + V_{GE}$ – zmienność fenotypowa.

W schemacie polowym bloków losowych, m.in. w doświadczeniu proweniencyjnym sosny zwyczajnej w Polanach koło Grybowa, wskaźnik ten jest wyrażony tzw. powtarzalnością lub odziedziczalnością (h_0^2 operacyjne) [Sváb 1978]

$$h^2 = \frac{V_P}{V_P + \frac{V_E}{b}}$$

gdzie:

h^2 – odziedziczalność (h_0^2 operacyjne, powtarzalność);

V_P – komponent wariancji spowodowany różnicami pomiędzy proweniencjami (wariancja genotypowa),

V_E – błąd doświadczenia wynikający z różnorodności siedliska (bloki) lub innych przyczyn (interakcje: „blok \times pochodzenie”; „lokalizacja \times pochodzenie”; „pochodzenie \times lata”),

b – liczba bloków.

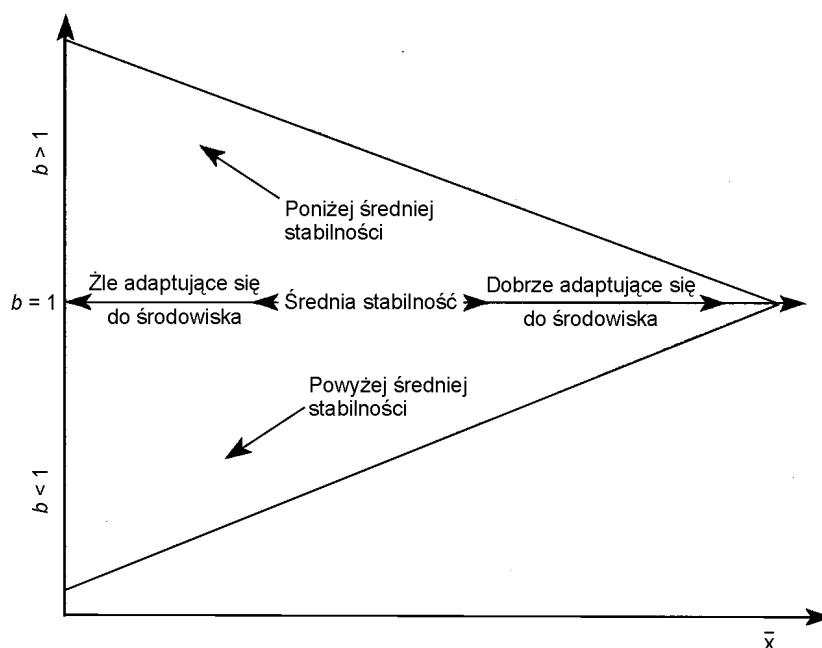
Współczynnik h_0^2 jest równoznaczny ze współczynnikiem h_{sl} i odpowiada odziedziczalności w szerokim sensie, mimo to nie może określać postępu genetycznego u potomstwa [Sváb 1978].

Ocena efektu interakcyjnego ($G \times E$) odnosząca się do określenia zależności: „pochodzenie (genotyp) \times lata obserwacji (środowisko)” jest wykorzystywana jako miernik adaptacji pochodzeń (generatywnego potomstwa drzewostanów rodzicielskich) do nowych warunków siedliskowych uprawy porównawczej [Finlay i Wilkinson 1963].

Ocenę adaptacji określa współczynnik regresji między średnimi wieloletnimi wartościami wybranych cech pochodzenia a średnimi obliczonymi dla całej populacji (b).

Gdy $b > 1$, populacja charakteryzuje się dużą reaktywnością na zmianę środowiska (poprawa lub pogorszenie), natomiast gdy $b < 1$, pochodzenie odznacza się dużą stabilnością.

Dla hodowli selekcyjnej korzystniejsze są te proveniencje, w których przypadku $b < 1$. Określenie interakcji: „pochodzenie (genotyp) \times lokalizacja uprawy (środowisko)” ($G \times E_{lok}$) wyznacza tzw. plastyczność pochodzeń. Jeśli efekt tej interakcji jest nieistotny, to pochodzenia są plastyczne i bez względu na lokalizację będą się dobrze adaptować i rosnąć. W przypadku istotności efektu omawianej interakcji populacje będą charakteryzowały się negatywną reakcją na zmianę środowiska, czyli będą wykazywały brak plastyczności (ryc. 4).



Ryc. 4. Interpretacja oceny reaktywności (stabilności) oraz adaptacji pochodzeń na podstawie współczynnika regresji (b) oraz wartości cechy (według Finlaya-Wilkinson [1963])

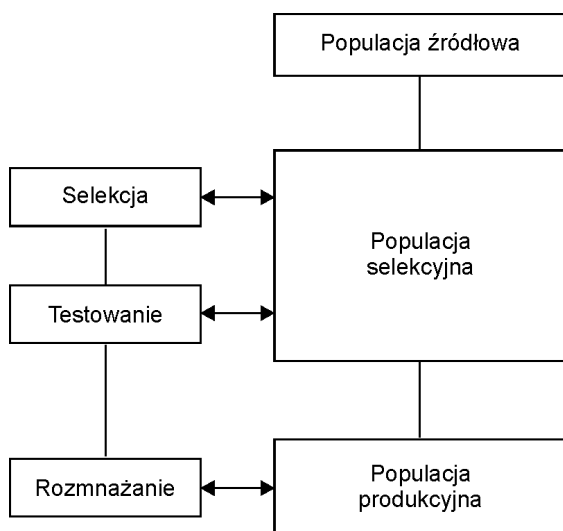
Określenie zmienności badanych cech w zasięgu występowania gatunku odnosi się głównie do ustalenia kierunków zmian na podstawie tzw. klinów zmienności ciągłej. Gatunki drzewiaste charakteryzują się zmiennością uformowaną przez wielopokoleniową selekcję naturalną. Elementami środowiska selekcyjnymi populacje cząstkowe wielu gatunków drzew o szerokim spektrum zasięgowym są głównie elementy klimatu: fotoperiod, długość okresu wegetacyjnego, temperatura, opady itp. Jeśli kliny zmienności różnią się od siebie istotnie, a różnice te mają podłoże genetyczne, określone m.in. na podstawie badań proveniencyjnych, to wyznaczają one zasięg poszczególnych ras gatunkowych.

Zastosowanie doświadczeń proveniencyjnych do oceny zmienności wewnątrzgatunkowej powinno być poprzedzone badaniami genekologicznymi (biosystematycznymi) lub tzw. taksonomią eksperymentalną.

Zasady selekcji masowej i indywidualnej

Jednym z głównych zadań selekcji jest poszukiwanie pochodzeń lepszych od rodzimych [Giertych 1976].

Wyniki doświadczeń proweniencyjnych są podstawą selekcji najwartościowszych populacji cząstkowych i pojedynczych drzew. Doświadczenia proweniencyjne są trwałym elementem wszystkich programów selekcyjnych [Paule 1988] (ryc. 5). Podstawowe kryteria selekcji odnoszą się głównie do oceny wartości hodowlanej pochodzeń na podstawie odziedziczalności cechy określonej udziałem genotypu w zmienności ogólnej, plastyczności i adaptacji populacji cząstkowych (ocena interakcji $G \times E$) oraz przyjętych indeksów ekonomiczno-selekcyjnych. Prowadząc prace selekcyjne, musimy zadbać, aby populacje charakteryzowały się jak największym udziałem efektu genotypowego w zmienności ogólnej cechy (wysoka odziedziczalność), gdyż ich potomstwo będzie rosło w innych warunkach siedliskowych, a jego wartość hodowlana w przypadku małej odziedziczalności nie będzie odpowiadała korzystnym cechom drzewostanów rodzicielskich.



Ryc. 5. Program selekcji (według Paulego [1988])

Dla hodowli praktycznej korzystniejsze są te proweniencje, w przypadku których interakcja „pochodzenie \times lata obserwacji” pod względem cech adaptacyjnych jest nieistotna, a ocena adaptacji nie wykazuje reaktywności pochodzeń ($b > 1$), gdyż nie mamy wpływu na istotne poprawienie warunków środowiska leśnego. W selekcji preferujemy pochodzenia, które charakteryzują się małym efektem interakcji „pochodzenie \times lokalizacja” podstawowych cech adaptacyjnych, a zatem są plastyczne i bez względu na lokalizację upraw będą się dobrze adaptowały do nowego siedliska.

Wartość hodowlaną określają indeksy selekcyjne, łączące wskaź-

niki genetyczne (odziedziczalność cech), hodowlane (wartości standaryzowane różnicy selekcyjnej cech) oraz ekonomiczne (wartość ekonomiczna cech uwzględnionych w indeksie). Jeden z nich określa formuła:

$$I = \Delta G_1 E_1 + \Delta G_2 E_2 + \dots + \Delta G_i E_i$$

gdzie:

I – wartość ekonomiczna pochodzenia,

$\Delta G = i h^2$ i stanowi zysk genetyczny cechy 1, 2, ..., i ,

$i = (M - M_0)/S$ i oznacza standaryzowaną różnicę selekcyjną,

h^2 – współczynnik powtarzalności,

M – średnia wartość cechy w pochodzeniu,
 M_0 – średnia cechy w całym doświadczeniu,
 S – fenotypowe odchylenie standardowe,
 E – ocena ekonomiczna cechy.

Możliwości introdukcji obcych gatunków

Problem wprowadzania obcych gatunków wiąże się z pojęciem naturalizacji, aklimatyzacji i adaptacji drzew. Naturalizacja jest to proces przeniesienia obcych gatunków z obszarów o warunkach zbliżonych do warunków uprawy, aklimatyzacja jest procesem przystosowywania się drzew do nowych warunków, a adaptacja jest skutkiem tego procesu [Bellon i in. 1977].

Zastosowanie doświadczeń proweniencyjnych w programach naturalizacji obcych gatunków dotyczy procesu sztucznej aklimatyzacji ich pochodzeń prowadzonej przez człowieka oraz oceny reakcji testowanych genotypów na nowe warunki środowiskowe ($G \times E$).

Jednym z najważniejszych celów introdukcji populacji cząstkowych gatunków obcych jest poszerzenie produktywności drzewostanów, a także asortymentów drewna.

Zakres introdukcji określa możliwość użytkowania surowca drzewnego gatunków obcych w krajowej gospodarce przetwórczej [Bellon i in. 1977].

Zastosowanie wyników badań proweniencyjnych w hodowli selekcyjnej drzew

Zmienność rasowa

Analiza zmienności wykazuje trzy istotne kierunki zmian:

- z północy na południe,
- z niższych do wyższych położen nad poziomem morza,
- z siedlisk suchych do wilgotnych.

Wymienione trendy zmienności są odbiciem adaptacji drzew do warunków środowiska.

Południowe pochodzenia gatunków strefy północnej rosną szybciej, rozwijają się później na wiosnę i zachowują dłużej liście, mają mniej intensywne zabarwienie jesienią, są mniej odporne na przymrozki i mróz [Wright 1976]. Przykładem takiego kierunku zmienności może być ocena zróżnicowania geograficznego cech populacji cząstkowych sosny zwyczajnej i świerka, a więc drzew rosnących na siedliskach o znacznej amplitudzie warunków ekologicznych. Przykładowo, pochodzenia świerka w doświadczeniu IUFRO 1938 wykazują zmienność klinalną z północy na południe pod względem wczesności pędzenia i terminu zakończenia wegetacji.

Wyraźnie zaznaczającą się zmiennością geograficzną cech wzrostowych i odpornościowych charakteryzują się świerki w doświadczeniu IPTNS-IUFRO 1964/68, najlepiej dokumentującego najwartościowsze dla hodowli selekcyjnej rasy świerka pospolitego [Giertych 1976]. W warunkach siedliskowych doświadczenia w Krynicy są to populacje

cząstkowe z regionów: wschodnio-karpackiego, rumuńskiego oraz pochodzeń polskich z Beskidu Żywieckiego i Śląskiego. Świerki pochodzące z tych regionów najlepiej rosną, późno pędzą i są odporne na przymrozki wiosenne.

Ocena zmienności rasowej pozwala na osiąganie istotnego zysku ekonomicznego. Na przykład przy doborze materiału do zakładania plantacji choinkowych mogą być uwzględnione świerki pochodzeń północnych, o regularnej budowie korony i dużej odporności na smrekuna (*Sacchiphantes viridis* Ratz.) pomimo stosunkowo małej odporności na przymrozki wiosenne [Bałut i Sabor 1993].

W przypadku sosny skala zmienności przedstawiona na podstawie wyników doświadczenia regionalnego w Polanach koło Grybowa uwidacznia, podobnie jak na innych powierzchniach badawczych tego gatunku, duże, w porównaniu z proveniencjami górskimi, zróżnicowanie morfologiczne, wzrostowe i jakościowe sosen pochodzeń mazursko-podlaskich. W warunkach Beskidu Sądeckiego sosny północne i niżowe różnią się pod względem procentu wypadów, przyrostu masy, poziomu akumulacji makro- i mikroelementów, wielkości igieł itp. Obliczone współczynniki regresji oraz korelacji wartości cech adaptacyjnych i szerokości geograficznej drzewostanów rodzicielskich potwierdzają ciągły charakter zmienności tych cech. Wraz ze wzrostem szerokości geograficznej lokalizacji drzewostanów rodzicielskich maleje procent wypadów, a wzrasta średnia wysokość ich potomstwa generatywnego [Sabor 1993]. Analizując charakter tych zależności, można wyraźnie stwierdzić, że elementem selekcyjnym pochodzenia był czynnik klimatyczny – liczba dni okresu wegetacji drzewostanów rodzicielskich. Charakter tej zmienności jest zgodny z opinią Langleta (cyt. za Giertychem [1993a]): „*gdziekolwiek sosna występuje autochtonicznie, tam jest ona przystosowana do środowiska i różni się od sosen rosnących gdzie indziej o tyle, o ile różnią się środowiska*”.

Istotnym kierunkiem zmienności wewnątrzgatunkowej jest również klinalna zmienność wysokościowa spotykana u populacji górskich. Spowodowana jest ona intensywniejszą presją selekcyjną i częstszą wzajemną wymianą genów przez bliskie sobie populacje cząstkowe z terenów górskich w porównaniu z populacjami niżowymi. Proveniencje z wyższych położen są odporne na niską temperaturę, charakteryzuje je genetycznie uwarunkowany wolniejszy wzrost, późniejszy termin kwitnienia i obradzania, mniejsza liczba liścieni wpływająca na wydłużenie cyklu wegetacyjnego itp. [Holzer 1993]. Z badań Bałuta i innych [1991] wynika, że istnieje wyraźna liniowa zależność wysokości n.p.m. położenia drzewostanów rodzicielskich i średniej wysokości drzew ich potomstwa w wieku 25 lat wysadzonego w górskich warunkach siedliskowych powierzchni IPTNS-IUFRO 1964/68 w Krynicy (patrz tabela).

Zmienność geograficzna spowodowana różną zasobnością środowiska w wodę najczęściej wyraża się szybszym wzrostem, mniejszymi nasionami, ograniczonym systemem korzeniowym oraz intensywniejszym zabarwieniem igieł i liści u drzew pochodzących z terenów wilgotniejszych [Wright 1976].

Zróźnicowanie średniej wysokości pochodzeń świerka pospolitego w zależności od wysokości położenia nad poziomem morza ich drzewostanów macierzystych (według Baluta i in. [1991])

Położenie drzewostanów macierzystych [m n.p.m.]	Średnia wysokość w wieku 25 lat w jednostkach odchylenia standardowego w strefach wysokości n.p.m.		
	100 m	200 m	300 m
> 1700	–	-0,87	-0,95
1601–1700	-0,87	-0,87	
1501–1600	-1,04	-0,32	-0,34
1401–1500	0,29		
1301–1400	-0,55	-0,36	-0,09
1201–1300	-0,17		
1101–1200	-0,29	-0,20	-0,09
1001–1100	-0,07		
901–1000	0,10	0,14	0,23
801–900	0,20		
701–800	0,04	0,24	0,19
601–700	0,49		
501–600	0,41	0,26	0,19
401–500	0,15		
301–400	-0,27	-0,44	-0,26
201–300	-0,61		
101–200	-0,14	-0,21	-0,26
0–100	-0,29		

Ocena wartości hodowlanej pochodzeń

Odziedziczalność cech

Udział genotypu w zmienności ogólnej wyrażony odziedziczalnością (powtarzalnością) cech (h_o^2) jest znaczny w przypadku cech wzrostowych sosny proveniencji testowanych w doświadczeniu w Polanach koło Grybowa (dla wysokości drzew w wieku 21 lat $h_o^2 = 0,30$, a w wieku 25 lat – 0,50), a także zawartości potasu, wapnia i żelaza w igłach, niektórych cech morfologicznych (sucha masa i wielkość igieł, wskaźnik ugałęzienia, pochYLENIE strzały) i jakościowych (m.in. gęstość drewna).

Plastyczność populacji cząstkowych

Istotną podstawą oceny plastyczności pochodzeń (populacji cząstkowych) są wartości efektu interakcyjnego $G \times E_{lok}$. Jeśli wartości te są małe, to osobniki danego pochodzenia bez względu na lokalizację uprawy będą rosły dobrze, a więc będą przydatne dla celów hodowlanych.

Ocena plastyczności pochodzeń sosny i świerka dokonana przez Giertycha [1993a, b] na podstawie licznych doświadczeń proveniencyjnych założonych w wielu krajach europejskich oraz w Stanach Zjednoczonych wykazała, że polskie pochodzenia sosny mazursko-podlaskiej charakteryzują się dużą plastycznością, a więc również dużą zdolnością przystosowawczą w szerokim spektrum zmienności ekologicznej. Z pojedynczo analizowanych proveniencji dużą plastyczność (mały efekt $G \times E_{lok}$) wykazują m.in. sosny z Supraśla, Rychtała, Rozpudy, a także z zachodniopolskiej brandenburskiej populacji cząstkowej sosny, pochodzenia z Bolewic [Giertych 1980].

W przypadku świerka największą plastycznością charakteryzują się populacje z Istebnej, z Jasiny w południowo-wschodnim zasięgu występowania gatunku, pochodzenia rumuńskie oraz niektóre pochodzenia niżowe, m.in. z Karniszewic i Serw, a przede wszystkim najlepsza populacja dobrze rosnąca na wszystkich powierzchniach doświadczenia – Kolonowskie [Giertych 1976, 1980, 1993b].

Ocena adaptacji

Ocena adaptacji sosny różnych pochodzeń do warunków siedliskowych powierzchni górskiej w Polanach koło Grybowa za pomocą metody Finlaya i Wilkinsona wykazała, że do najlepszych pod tym względem ($b < 1$, małe wartości wypadów) zaliczyć można sosny z Taborza, Rozpudy, Supraśla, Starzyny, Rychtała, Bolewic, Spały i Janowa Lubelskiego. Cechy stabilności (b) oraz wysokości (H) różnicują pochodzenia na dwie grupy: (1) o dużej reaktywności ($b > 1$), dobrze przyrastające ($H > H_{sr}$), do których zalicza się sosny z Karska, Tabórze, Dłużka, Rucianego, Rozpudy, Supraśla, Starzyny, Bolewic i Jegła; (2) pochodzenia stabilne ($b < 1$), źle przyrastające ($H < H_{sr}$). Do grupy tej należą proveniencje z Gubina, Rychtała, Spały, Janowa Lubelskiego, Nowego Targu i Piwnicznej.

Badania [Sabor 1993] potwierdzają stabilność większości pochodzeń niżowych na powierzchniach w górskich warunkach siedliskowych oraz mniejszą stabilność pochodzeń charakteryzujących się szybkim wzrostem.

Indeksy selekcyjne

Oceniając wartość hodowlaną sosen populacji doświadczenia w Polanach koło Grybowa na podstawie przyjętych indeksów selekcyjnych uwzględniających ocenę ekonomiczną i genetyczną przed i po wykonaniu trzebieży (indeksy I-1, I-2, I-3), można wyróżnić cztery grupy proveniencji o różnej wartości hodowlanej. Do grupy pierwszej należą sosny pochodzeń, których indeksy hodowlane są najwyższe: Lipowa, Bolewice, Supraśl i Rozpuda; do grupy drugiej – pochodzenia o dodatnich indeksach z północnej części zasięgu: Dłużek, Starzyna oraz Janów Lubelski. W grupie trzeciej, o ujemnych wartościach indeksów, znajdują się sosny z Rucianego i Jegła; ostatnia, czwarta grupa pochodzeń obejmuje populacje sosny górskiej z Nowego Targu i Piwnicznej oraz sosny niżowej ze Spały i Gubina. Są to populacje najgorsze.

W indeksach selekcyjnych (I-1, I-2, I-3) uwzględniono wartości wypadów, wysokość drzew w wieku 21 i 25 lat (przed i po trzebieży przy przyjętym progu selekcji $X_{sr} - 1S$).

W warunkach siedliskowych Beskidu Sądeckiego najbardziej przydatne do wprowadzenia na uprawy są sosny pochodzeń, których drzewostany rodzicielskie charakteryzuje długość okresu wegetacji wynosząca od 200 do 215 dni. Zastosowane indeksy selekcyjne potwierdzają złą jakość niektórych autochtonicznych pochodzeń górskich.

Identyfikacja genotypów

Identyfikacja genotypów na podstawie analizy poziomu zawartości związków terpenowych wykazuje polimorfizm badanych populacji w odniesieniu do zawartości α - i β -pinenu oraz Δ^3 -karenu w korze drzew. Stwierdzono wysoki poziom zawartości Δ^3 -karenu, a niski – α - i β -pinenu w przypadku populacji sosny pochodzeń górskich. W korze drzew populacji górskich poziom Δ^3 -karenu jest wyższy niż w populacji niżowych.

Aktualny poziom badań genetyki biochemicznej pozwala również na zastosowanie innych niż związki terpenowe znaczników genetycznych, do których zaliczyć należy głównie izoenzymy oraz fenole.

Banki genów

Ochrona zasobów genowych wartościowych populacji i ekotypów, które znajdują się w strefach o różnym stopniu zagrożenia, powinna obejmować wszystkie doświadczenia proweniencyjne. Ich liczba na terenie kraju pod koniec lat osiemdziesiątych XX w. wynosiła około 150 [Bałut 1990]. Większość powierzchni doświadczalnych po okresie badawczym winna być zachowana jako archiwa pochodzeniowe i włączona w schemat programu zachowania leśnych zasobów genowych [Matras 1992]. Doświadczenia proweniencyjne, które charakteryzują się powtórzeniami zlokalizowanymi w różnych strefach zagrożenia ekologicznego, powinny stać się podstawową bazą oceny wartości pochodzeń w przyjętych programach selekcji odpornościowej. Mogą być również „bankami genów” ochraniającymi zasoby genowe *in vivo*.

Introdukcja gatunków obcych

Podjęte z inicjatywy IUFRO, a realizowane w Polsce pod kierownictwem prof. S. Belona, badania proweniencyjne jodły olbrzymiej wykazują możliwość introdukcji tego gatunku w różnych warunkach siedliskowych naszego kraju, m.in. w górach. Wieloletnie badania [Bałut i Kulej 1994] na powierzchni w Krynicy potwierdzają wartość hodowlaną pochodzeń *Abies grandis* Lindl. wywodzących się z niższych położen I regionu jej występowania wydzielonego przez Müllera (wyspa Vancouver i zachodnie zbocza Gór Kaskadowych, o dużej ilości opadów – do 3000 mm rocznie). Jodły tych pochodzeń są najlepiej przystosowane do warunków siedliskowych terenów górskich Beskidu Sądeckiego i charakteryzują się szybszym przyrostem oraz większą przeżywalnością w porównaniu z rodzimą jodłą *Abies alba* Mill. z Nieskurzowa.

Spośród innych introdukowanych gatunków dobre rezultaty w warunkach polskich doświadczeń pochodzeniowych wykazują populacje jedlicy.

Z istotnym zainteresowaniem leśników w Polsce spotykają się również inne introdukowane gatunki, m.in. sosna czarna, a z gatunków liściastych – dąb czerwony. Gatunki te powinny być objęte w najbliższym czasie programem doświadczeń proweniencyjnych.

Reasumując, trzeba stwierdzić, że doświadczenia proweniencyjne stanowią istotną metodę oceny zmienności wewnątrzgatunkowej oraz jakości drzewostanów tworzących populacje cząstkowe drzew. Są również podstawą prawidłowo prowadzonej selekcji populacyjnej i indywidualnej opartej na zróżnicowaniu rasowym (genetycznym) gatunków.

Wyniki badań proveniencyjnych mają podstawowe znaczenie w hodowli lasu. Na obecnym etapie można wskazać, głównie na podstawie wyników doświadczeń inwentaryzacyjnych, najwartościowsze rasy wielu gatunków (sosna, świerk, modrzew) do uprawy w różnych regionach kraju. Określona zmienność rasowa powinna być podstawą założeń hodowlanych i selekcyjnych. Zmienność wewnątrzgatunkową populacji cząstkowych określoną w doświadczeniach proveniencyjnych należy uzupełnić weryfikacją genotypów za pomocą ich oceny biochemicznymi znacznikami (markerami) genetycznymi [Bałut 1982, Backmann 1986]. Badania proveniencyjne są niezbędne do realizacji programów „banku genów” oraz do opracowania kierunków selekcji odpornościowej zagrożonych gatunków drzew leśnych. Stanowią one również metodę oceny możliwości introdukcji gatunków obcych [Matras i in. 1993].

Literatura

- Backmann F.** 1986. Genetic means of verifying observance of the law. I. Methodical principles of „provenance identification”. IUFRO Joint Meeting of WP S.2.2.03-14 on Biochemical Genetics and Legislation of Forest Reproductive Material, Bundesforsch. für Forst und Holz., Hamburg.
- Bałut S.** 1982. Wybrane zagadnienia genetyki drzew leśnych. Wyd. SGGW-AR, Warszawa.
- Bałut S.** 1990. Podsumowanie dyskusji na sympozjum pt. „Doświadczenia proveniencyjne w Polsce” odbytym we wrześniu 1987 w Krynicy. Sylwan, 1, 51–53.
- Bałut S., Kulej M.** 1994. Dokumentacja etapowa oraz raporty roczne doświadczenia z jodłą olbrzymią (*Abies grandis* Lindl.) na powierzchni porównawczej w LZD w Krynicy. Katedra Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych AR w Krakowie (maszynopis).
- Bałut S., Kulej M., Sabor J., Skrzyszewska K.** 1991. Ocena zróżnicowania wybranych cech morfologicznych i anatomicznych oraz wartości hodowlanej w terenach górskich różnych pochodzeń świerka pospolitego na przykładzie powierzchni IPTNS-IUFRO 1964/68 w Krynicy. [W:] Zagospodarownie lasów górskich. Synteza wyników badań naukowych prowadzonych w latach 1986–90 w programie CPBR 10.20. Wyd. AR w Krakowie, 100–107.
- Bałut S., Sabor J.** 1993. Current state of investigation in the international provenance test of Norway spruce – IUFRO 1964/68 in Krynica (Site No 19, Poland). [W:] Proceedings of IUFRO (S2.2-11) Symposium, Latvia, 1993, 6–33.
- Bellon S.** 1990. Dotychczasowe wyniki badań proveniencyjnych z jodłą olbrzymią. Sylwan, 1, 27–35.
- Bellon S., Tumiłowicz J., Król S.** 1977. Obce gatunki drzew w gospodarstwie leśnym. PWRiL, Warszawa.
- Falconer W.** 1974. Dziedziczenie cech ilościowych. PWN, Warszawa.
- Finlay K.W., Wilkinson G.N.** 1963. Analysis of adaptation in a plant breeding programme. Austr. J. Agric. Res., 14, 742–754.
- Giertych M.** 1976. Plastyczność polskich ras świerka (*Picea abies* (L.) Karst.) w świetle międzynarodowego doświadczenia IUFRO z lat 1964–1968. Arboretum Kórnickie, III, 185–206.
- Giertych M.** 1980. Polskie rasy sosny, świerka i modrzewia w międzynarodowych doświadczeniach proveniencyjnych. Arboretum Kórnickie, XXV, 135–160.

- Giertych M.** 1989. Doskonalenie składu genetycznego drzew leśnych. Wyd. SGGW-AR, Warszawa.
- Giertych M.** 1993a. Zmienność proveniencyjna. [W:] *Biologia sosny zwyczajnej*, red. S. Białobok, A. Boratyński, W. Bugała. PAN, Sorus, Poznań-Kórnik, 325–339.
- Giertych M.** 1993b. Breeding of Norway spruce in Poland from provenance tests to seed orchards. [W:] *Proceedings of IUFRO (S2.2-11) Symposium, Latvia 1993*, 193–199.
- Holzer K.** 1993. The evolution of Alpine Norway spruce during immigration into high altitudes and its consequences. [W:] *Proceedings of IUFRO (S2.2-11) Symposium, Latvia, 1993*, 68–78.
- Matras J.** 1992. Podstawy selekcji drzew leśnych i zachowania zasobów genetycznych. [W:] *Problematyka genetyki i selekcji drzew leśnych. Postępy Tech. w Leś.*, 51, 9–15.
- Paule L.** 1988. Šlachtitelské programy a šlachtitelské stratégie lesných dřevin. *Lesnictví*, 34, 695–703.
- Matras J. (kier. zesp.), Burzyński G., Czart J., Korczyk A., Puchniarski T., Tomczyk A., Załęski A.** 1993. Program zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew leśnych w Polsce na lata 1991–2010. Wyd. Dyrekcja Regionalna LP, IBL, Warszawa 1993.
- Sabor J.** 1993. Zmienność sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) i hodowlana wartość jej polskich proveniencji w warunkach siedliskowych Beskidu Sądeckiego. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie, ser. Rozpr. Hab.*, 185.
- Sperlich W.** 1977. *Genetyka populacyjna*. PWN, Warszawa.
- Sváb J.** 1978. *Genetyka populacji. Wprowadzenie*. PWRiL, Warszawa.
- Wright J.W.** 1976. *Introduction to Forest Genetics*. Academic Press, New York–San Francisco.
- Żuk B.** 1989. *Biometria stosowana*. PWN, Warszawa.

Czy istnieją edafotypy drzew

Henryk Fober*

Leśnictwo jako nauka od dawna interesowało się zmiennością wewnątrzgatunkową drzew. Inspirowała do tego duża zmienność drzewostanów obserwowana w różnych regionach geograficznych w obrębie ich naturalnego zasięgu, a nieraz nawet duże różnice między sąsiednimi drzewostanami czy poszczególnymi drzewami. Istnieje zatem wyraźne oddziaływanie warunków środowiskowych na wzrost i rozwój drzew oraz drzewostanów. Stąd na początku ubiegłego wieku Turesson [1922; Anonim 1980] wprowadził pojęcie ekotypu, będącego formą ekologiczną populacji określonego gatunku. Ekotyp ogranicza się do pewnego obszaru i powstaje pod wpływem długotrwałego oddziaływania warunków ekologicznych tego obszaru. W zależności od czynników środowiskowych, które mają decydujący wpływ na rośliny, rozróżnia się ekotypy klimatyczne, czyli tak zwane klimatypy lub rasy klimatyczne, a także ekotypy edaficzne, biotyczne czy geograficzne. Jeśli interesujący nas gatunek ma rozległy zasięg geograficzny, to zmienne warunki klimatyczne panujące w obrębie tego zasięgu skłaniają do wyróżnienia klimatypów. Dyskusja na temat ekotypów klimatycznych sprowadza się do zaakceptowania zmienności ciągłej bądź do wyodrębniania wyraźnie różniących się ras klimatycznych, na przykład w przypadku sosny zwyczajnej.

W przeciwieństwie do warunków klimatycznych, warunki glebowe mają charakter skokowy. Granice między różnymi typami gleb są bardzo wyraźne. Jeśli zróżnicowane właściwości dziedziczne drzew w obrębie określonego gatunku są ukształtowane pod wpływem warunków siedliskowych, to możemy mówić o tak zwanych rasach glebowych, nazywanych również edafotypami lub ekotypami edaficznymi. W literaturze znajdujemy dyskusje na temat ras glebowych jesionu [Faliński i Pawlaczyk 1995, Giertych 1995]. Wyróżnia się jesiony hydrofilne, rosnące na glebach podmokłych i kwaśnych, oraz jesiony kalcyfilne z gleb wapiennych i suchych, a także formy pośrednie, czyli mezofilne. Glebowe rasy jesionu różnią się nawet pewnymi cechami przyrostowymi i jakościowymi. Różnice między ekotypami polegają raczej na odmienności cech fizjologicznych i reakcji na środowisko, a rzadko dotyczą cech morfologicznych, co utrudnia ich rozpoznanie w terenie.

Obserwowane w naturze różnice między równowiekowymi drzewami tego samego gatunku mają charakter fenotypowy, związany z miejscowymi warunkami siedliskowymi czy środowiskowymi. Stąd też, by poznać dziedziczny charakter zmienności, należy zakładać doświadczenia porównawcze, w których testuje się różne rasy drzew danego gatunku w wyrównanych warunkach siedliskowych. W doświadczeniach wykonanych w Szwajcarii, Bawarii oraz Niemczech testowano jesiony pochodzące z różnych siedlisk na podłożu o różnej wilgotności i kwasowości [Giertych 1995]. Tylko w doświadczeniu wykonanym w Niemczech, na terenie podmokłym i kwaśnym, lepiej rosła populacja z podobnego siedliska niż populacja z terenu wapiennego, co może świadczyć o istnieniu ras glebowych tego gatunku [Weiser 1964].

* Zakład Genetyki, Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk w Kórniku

Doświadczenia wykonane we Francji informują o istnieniu wyraźnych ras glebowych buka związanych z odczynem gleby [Giertych 1990]. Populacje z gleb wapiennych rosły lepiej na glebie wapnowanej niż na glebie kwaśnej i cechowała je mniejsza przeżywalność, a także większa wysokość siewek, większa była też powierzchnia i waga liści. I odwrotnie – populacje z gleb kwaśnych lepiej rosły w warunkach doświadczalnych bez wapnowania. Analiza wykonana po trzech latach potwierdziła istnienie silnej interakcji proveniencji z glebą, szczególnie pod względem wysokości siewek, średnicy pnia i długości liści [Teissier du Cros i Lepoutre 1983]. Istnienie ras glebowych buka potwierdziły również badania Krahl-Urbana [1962]. W doświadczeniu wykonanym w Hesji, w którym po trzynastu populacji rosło na glebie wapnowanej i niewapnowanej, cytowany autor stwierdził wyraźną interakcję tych populacji z glebą.

W literaturze można znaleźć wiele informacji o stwierdzonej u różnych gatunków drzew istotnej interakcji między genotypem a siedliskiem, czyli tak zwaną lokalizacją doświadczenia [Wright 1973, Gullberg i Vegerfors 1987, Li i McKeand 1989, Woolaston i in. 1991]. Badane są najczęściej gatunki iglaste: sosny (*Pinus sylvestris*, *P. taeda*, *P. banksiana*, *P. radiata*, *P. elliotii*, *P. caribaea*, *P. contorta*, *P. virginiana*, *P. ponderosa*) [Burdon i Harris 1973, Rink i Thor 1976, Wang 1978a, Shimizu 1986, Gullberg i Vegerfors 1987, Magnussen i Yeatman 1988, Li i McKeand 1989, Foster 1990, McKeand i in. 1990, Woolaston i in. 1991, Johnson 1992], świerki (*Picea abies*, *P. mariana*, *P. sitchensis*) [Mullin 1985, Bentzer i in. 1988, Krupski i in. 1996, Karki i in. 2000, Karlsson i in. 2001, Major i Johnsen 2001, Sonesson i in. 2002], modrzewie (*Larix laricina*) [Wanyancha i Morgenstern 1987], daglezwia (*Pseudotsuga menziesii*) [Rowe i Ching 1973, Kaasen i Dietrichson 1987], szydlica (*Cryptomeria japonica*) [Wang 1978b]. Rzadko badane są gatunki liściaste: jesion (*Fraxinus excelsior*) [Weiser 1964], buk (*Fagus sylvatica*) [Teissier du Cros i Lepoutre 1983], topola (*Populus deltoides*) [Randall i Cooper 1973] czy wierzbina (*Salix* sp.) [Baena i Sancho 1973]. Istotne interakcje mogą objawiać się na poziomie proveniencji, rodów lub klonów i dotyczą nie tylko cech wzrostowych (wysokość drzew, przyrost na wysokość, masa, pierśnica) i jakościowych (prostota pnia, forma pnia, rozwidlenia pędów, kąt osadzenia gałęzi, procent drewna późnego, ciężar właściwy drewna, długość igieł), ale również niektórych cech fenologicznych (termin rozwoju pąków) i generatywnych (liczba kwiatów żeńskich, produkcja szyszek).

Interakcje genotypu ze środowiskiem występują częściej i są bardziej wyraźne w doświadczeniach szklarniowych niż w doświadczeniach terenowych, nawet gdy środowisko jest mocno modyfikowane przez nawożenie. W doświadczeniach terenowych trudno jest oddzielić wpływ na badane cechy poszczególnych elementów środowiska. Testowanie roślin w różnych, ściśle kontrolowanych warunkach edaficznych jest metodą, za pomocą której można identyfikować potomstwo pod względem zdolności adaptacyjnej do specyficznych warunków środowiskowych.

W celu uniknięcia chemizacji środowiska należy dążyć do racjonalizacji nawożenia mineralnego, czyli wprowadzania do gleby tylko niezbędnego minimum związków potrzebnych do normalnego przebiegu funkcji życiowych, a równocześnie do uzyskania maksymalnego wzrostu wysokości czy produkcji drewna. Z drugiej strony, należy wykorzystać różnicowanie genotypów w stosunku do zapotrzebowania na składniki odżywcze. Dokładne badania nad mineralnym żywieniem drzew przeprowadza się najczęściej w formie

testów wczesnych w kontrolowanych warunkach uprawy roślin. Autor niniejszego opracowania w serii doświadczeń prowadzonych w formie kultur piaskowych testował wpływ stężenia azotu, fosforu, potasu, wapnia i magnezu w pożywkach mineralnych na wzrost siewek świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.) [Fober 2004]. Były to doświadczenia proveniencyjne obejmujące 20 populacji świerka z różnych regionów Polski oraz doświadczenia rodowo-proveniencyjne, w których testowano 50 rodów z wolnego zapylania, reprezentujących populacje świerka z Polski północno-wschodniej, środkowej oraz południowej. Celem tych badań było poznanie zmienności proveniencyjnej i rodowej polskich ras świerka. Podjęto również próbę ustalenia interakcji genotypu ze środowiskiem, z czym wiąże się określenie stopnia interakcyjności poszczególnych badanych populacji cząstkowych w stosunku do zróżnicowanego żywienia mineralnego (tab. 1, 2, rycina).

Tabela 1. Sucha masa siewek badanych proveniencji oraz sposób ich reakcji na poziom fosforu w pożywce mineralnej (zob. rycina); maksymalna masa siewek przy niskim (A), średnim (B) i maksymalnym (C) poziomie fosforu w pożywce mineralnej [Fober 2004]

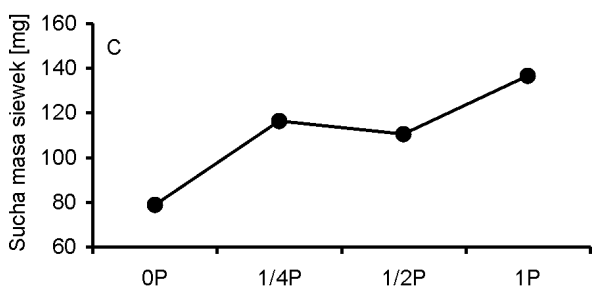
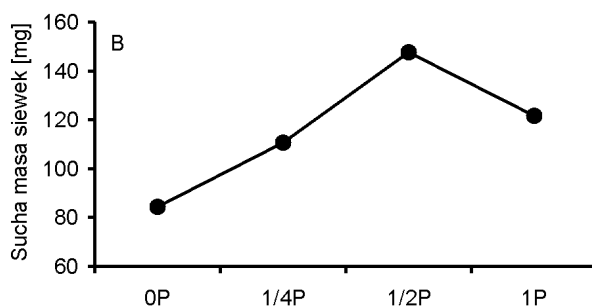
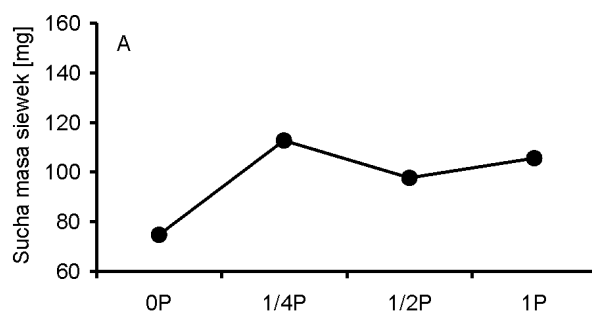
Proweniencja	Numer proveniencji	Sucha masa siewki [mg]	Model reakcji na fosfor
Rycerka (oddz. 51 l ²)	S-04-101	150,5	C
Wisła (oddz. 82 d)	S-03-100	129,5	B
Istebna (oddz. 17 g)	S-03-99	126,9	B
Gorce	S-04-103	122,4	C
Brody	S-16-96	121,9	C
Augustów	S-01-119	118,1	B
Nowe Ramuki	S-07-111	112,5	A
Wetlina	S-09-104	111,3	A
Ława	S-07-110	110,8	B
Konstancjewo	S-14-109	110,0	B
Bliżyn	S-10-107	106,7	C
Kowary	S-15-98	106,0	B
Międzyrzec	S-05-122	105,5	C
Zwierzyniec	S-01-121	103,1	C
Myszyniec	S-11-113	100,7	C
Stronie Śląskie	S-15-125	98,7	C
Gołdap	S-01-117	95,9	A
Suwałki	S-01-118	91,6	A
Białowieża	S-01-120	90,1	C
Dolina Chochotowska	S-04-133	77,8	A
Średnia		109,5	

Tabela 2. Pochodzenie nasion użytych w poszczególnych seriach doświadczalnych rodowo-prowieniencyjnych ze zróżnicowanym żywieniem mineralnym [Fober 2004]

Prowienienca	Numer rodu	Składniki mineralne
Supraśl	687–694	N, P, K, Ca
Szczebra	740–745	N, P, K, Ca
Zwierzyniec	777–786	N, P, K, Ca
Radom	1355–1361	N, P
Łagów	1387–1391	N, P
Miechów	1403–1411	N, P, K, Ca, Mg
Wieluń	1420–1429	N, P, K, Ca, Mg
Ujsoły	2123–2128	N, P, K, Ca, Mg
Węgierska Górka	2133–2140	N, P, K, Ca, Mg
Wisła (oddz. 1a)	2141–2147	N, P, K, Ca, Mg
Gołdap	749–756	Mg
Borki	758–765	Mg
Maskulińskie	767–776	Mg
Skarżysko Kamienna	2436–2442	Mg
Skarżysko Kamienna	1365–1372	Ca

W pierwszej serii doświadczeń reakcja poszczególnych prowieniencaj na poziom żywienia fosforowego była istotnie zróżnicowana. Siewki niektórych populacji osiągały optymalną wartość suchej masy już przy niskim poziomie fosforu w pożywce mineralnej, podczas gdy inne rosły najlepiej przy wysokim poziomie tego pierwiastka (zob. rycina). Na uwagę zasługują prowieniencaje beskidzkie – Rycerka, Wisła, Istebna, charakteryzujące się bardzo dobrym wzrostem w stadium młodocianym, ale równocześnie zróżnicowanym zapotrzebowaniem na składniki pokarmowe. Siewki prowieniencaj Rycerka osiągały najwyższą wartość suchej masy przy maksymalnej dawce fosforu w pożywce mineralnej, podczas gdy siewki prowieniencaj Wisła i Istebna rosły wyraźnie lepiej na pożywce z jego niższym poziomem (połowa dawki maksymalnej) niż na pożywce pełnej.

Analiza statystyczna doświadczeń rodowo-prowieniencyjnych miała charakter analizy wieloczynnikowej (prowieniencaje, rody, poziom żywienia mineralnego), hierarchicznej (rody wewnątrz prowieniencaj) i wykazała istotne różnice między badanymi populacjami oraz między rodami w obrębie tych populacji. Prowieniencaje różniły się pod względem cech wzrostowych, zróżnicowanie rodów dotyczyło również cech rozwojowych. Analiza wariancyjna wykazała też statystycznie istotny wpływ na te cechy interakcji między genotypem (prowieniencaje, rody) a poziomem azotu, fosforu i wapnia w pożywce mineralnej. W niewielkim stopniu i tylko na poziomie prowieniencyjnym interakcja zaznaczyła się również w przypadku potasu. Na poziomie prowieniencyjnym udział zmienności interakcyjnej (V%) w zmienności ogólnej wynosił maksymalnie 6,4% w przypadku długości pędów bocznych siewek (doświadczenie azotowe), a na poziomie rodowym dochodził do 12,4% siewek z pączkiem szczytowym (doświadczenie fosforowe). Na poziomie rodowym odnotowano istotność interakcji w przypadku większej liczby cech już na poziomie prowieniencyjnym (tab. 3, 4 i 5). Stopień interakcyjności badanych genotypów określono za pomocą metody Finlaya i Wilkinsona [1963] oraz Eberharta i Russella [1966].



Poziom fosforu w pożywce

Reakcja proweniencji na różne warunki żywienia mineralnego określana na podstawie wartości średnich dla grup proweniencji (patrz tabela 1); maksymalna masa siewek przy niskim (A), średnim (B) i maksymalnym (C) poziomie fosforu w pożywce mineralnej [Fober 2004]

Tabela 3. Istotność wariacji interakcyjnej (test F) oraz wartości komponentów wariacji (V%) – doświadczenia ze zróżnicowanym poziomem azotu (N) i fosforu (P) w pożywce mineralnej [Fober 2004]

Cecha	Źródło zmienności							
	prow × N		rody _p × N		prow × P		rody _p × P	
	F	V%	F	V%	F	V%	F	V%
Wysokość siewek	**	3,1	**	5,2	**	3,6	**	6,7
Długość korzeni	*	4,4	-	0	-	2,7	-	0
Liczba pędów bocznych	**	6,1	**	10,1	-	3,5	*	7,7
Długość pędów bocznych	*	6,4	-	3,6	-	3,5	-	1,8
Świeża masa siewek	**	3,9	**	4,4	-	-	-	-
Świeża masa części nadziemnej	**	3,6	**	5,4	**	3,7	**	7,2
Świeża masa korzeni	**	4,7	-	2,4	-	1,3	-	2,1
Sucha masa siewek	*	2,6	**	4,3	-	-	-	-
Sucha masa części nadziemnej	**	2,7	**	5,4	-	-	-	-
Sucha masa igieł	**	2,8	**	5,2	*	2,8	**	6,0
Sucha masa pędów	*	2,6	**	5,7	*	3,3	**	6,3
Sucha masa korzeni	-	0,9	-	0	-	1,6	-	0
Procent suchej masy	-	0,7	**	4,3	-	0,3	*	4,3
Liczba pączków	*	4,6	**	9,1	-	-	-	-
Procent siewek z pączkiem szczytowym	-	-	-	-	-	0	*	12,4

prow – proweniencje, rody_p – rody wewnątrz proweniencji, - brak istotnego zróżnicowania, * istotność na poziomie 0,05, ** istotność na poziomie 0,01

Tabela 4. Istotność wariacji interakcyjnej (test F) oraz procentowe wartości komponentów wariacji (V%) – doświadczenie ze zróżnicowanym poziomem potasu (K) i wapnia (Ca) w pożywce mineralnej [Fober 2004]

Cecha	Źródło zmienności							
	prow × K		rody _p × K		prow × Ca		rody _p × Ca	
	F	V%	F	V%	F	V%	F	V%
Wysokość siewek	0	0,5	-	0	-	0	-	0,1
Sucha masa siewek	*	0,8	-	0,4	*	0,9	**	1,6
Sucha masa części nadziemnej	*	0,9	-	0,3	*	0,1	*	1,6
Sucha masa igieł	-	0	-	0	-	0,6	*	1,2
Sucha masa korzeni	-	0,2	-	0,9	*	1,7	*	2,1

Objaśnienia patrz tabela 3

Tabela 5. Istotność wariancji interakcyjnej (test F) oraz procentowe wartości komponentów wariancji (V%) – doświadczenie ze zróżnicowanym poziomem magnezu (Mg) [Fober 2004]

Cecha	Źródło zmienności			
	prow × Mg		rody _p × Mg	
	F	V%	F	V%
Wysokość siewek	-	0,1	-	1,2
Długość korzeni	-	0	-	0
Liczba pędów bocznych	-	2,2	-	0
Długość pędów bocznych	-	1,7	-	5,7
Sucha masa siewek	-	2,7	-	0
Sucha masa części nadziemnej	-	2,3	-	0
Sucha masa igieł	-	0	-	,2
Sucha masa korzeni	-	1,9	-	1,6

Objaśnienia patrz tabela 3

W tabelach 6 i 7 przedstawiono interakcje między wysokością siewek świerka, na poziomie prowienicyjnym i rodowym, a zawartością azotu w pożywkach mineralnych. Jak widać z danych tabeli 6, prowienienca Ujsoły charakteryzuje się słabym wzrostem, ale wyjątkowo dobrym przystosowaniem do różnych siedlisk ze względu na małą wartość współczynnika regresji ($b = 0,737$, zob. tabela 6). Stabilny wzrost w warunkach zróżnicowanego żywienia azotowego wykazuje także przeciętnie rosnąca prowienienca Zwierzyniec ($b = 0,844$). Z kolei bardzo dobrze rosnąca prowienienca Wieluń charakteryzuje się ściśle określonymi wymaganiami pod względem żywienia azotowego, o czym świadczy duża wartość współczynnika b (1,208). Przedstawione w tabeli 7 wartości współczynników b , v_d i r określone dla wybranych rodów również i w tym przypadku wskazują na duże możliwości selekcji rodów stabilnych, dobrze się adaptujących do różnych warunków żywienia azotowego, oraz rodów interaktywnych, a więc mających specyficzne wymagania żywieniowe. Do grupy pierwszej należą słabo rosnące rody nr 2147, 2123 i 740, odpowiednio, z prowienienca Wisła, Ujsoły i Szczebra. Grupę drugą reprezentuje ród 2141 z Wisły, a także rody 1405 (Miechów), 1421 (Wieluń) i 1390 (Łagów). Siewki tych rodów charakteryzują się też bardzo dobrym wzrostem na wysokość.

Tabela 6. Średnia wysokość siewek poszczególnych prowienienca oraz średnie wartości współczynników określających stopień interakcji między badaną cechą a poziomem azotu w pożywce mineralnej [Fober 2004]

Prowienienca	Wysokość siewek [mm]	b	$V_d \times 10^2$	r
Supraśl	69	1,039	0,1	0,998
Szczebra	68	0,893	0,9	0,970
Zwierzyniec	74	0,844	0,1	0,997
Radom	70	1,047	0,5	0,988
Łagów	88	1,048	0,0	0,999
Miechów	90	1,133	0,1	0,997
Wieluń	95	1,208	0,2	0,996
Ujsoły	58	0,737	0,5	0,975
Węgierska Górka	69	0,932	0,1	0,997
Wisła	73	0,926	0,3	0,992

b – współczynnik Finlaya i Wilkinsona, V_d – współczynnik Eberharta i Russella, r – współczynnik korelacji

Tabela 7. Średnia wysokość siewek różnych rodów oraz wartości współczynników określających stopień interakcji między rodami wewnątrz proveniencji a poziomem azotu w pożywce mineralnej [Fober 2004]

Proweniencja	Numer	Wysokość siewek [mm]	<i>b</i>	$V_d \times 10^2$	<i>r</i>
Szczebra	740	60	0,513	0,0	0,996
Łagów	1390	95	1,177	0,5	0,990
Miechów	1405	88	1,235	0,1	0,999
Wieluń	1421	87	1,195	0,6	0,990
Ujsoły	2123	58	0,494	0,9	0,910
Węgierska Górka	2133	67	0,720	0,7	0,967
Wisła	2141	91	1,238	0,7	0,988
Wisła	2147	53	0,461	0,7	0,921

Objaśnienia patrz tabela 6

Przedstawione wyniki, chociaż dotyczą tylko cech wzrostowych w zależności od stosowanego nawożenia mineralnego, wskazują zatem na możliwość selekcji w obrębie omawianego gatunku genotypów interaktywnych w określonych warunkach glebowych oraz genotypów stabilnych mimo różnych warunków edaficznych (zróżnicowane zaopatrzenie w gleby w składniki pokarmowe). Stąd wniosek, że zarówno wykorzystanie możliwości siedlisk, jak i działania zmierzające do racjonalizacji nawożenia mineralnego wymagają doboru odpowiednich genotypów drzew leśnych, m.in. świerka.

Literatura

- Anonim** 1980. Mała encyklopedia leśna. PWN, Warszawa.
- Baena S., Sancho R.** 1973. Interaction between genotype and environment in Willow clones. *Idia* (1973/1974) *Suplemento Forestal*, 8, 102–104.
- Bentzer B.G., Foster G.S., Hellberg A.R., Podzorski A.C.** 1988. Genotype \times environment interaction in Norway spruce involving three levels of genetic control: seed source, clone mixture, and clone. *Can. J. For. Res.*, 18, 1172–1181.
- Burdon R.D., Harris J.M.** 1973. Wood density in Radiata Pine clones on four different sites. *New Zealand Journal Forestry Science*, 3(3), 286–303.
- Eberhart S.A., Russell W.A.** 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.*, 6, 36–40.
- Faliński J.B., Pawlaczyk P.** 1995. Zarys ekologii. [W:] *Jesion wyniosły *Fraxinus excelsior* L.*, red. W. Bugała. *Nasze Drzewa Leśne*, 17, Sorus, Poznań–Kórnik, 217–305.
- Finlay K.W., Wilkinson G.N.** 1963. The analysis of adaptation in plant-breeding programme. *Austr. J. Agric. Res.*, 14, 742–754.
- Fober H.** 2004. Genetic reactivity of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) to soil fertility. *Dendrobiology*, Poznań–Kórnik, 51, Supplement, 57–63.

- Foster G.S.** 1990. Genetic control of rooting ability of stem cuttings from loblolly pine. *Can. J. For. Res.*, 20(9), 1361–1368.
- Giertych M.** 1984. Report on the IUFRO 1938 and 1939 provenance experiments on Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). Instytut Dendrologii PAN w Kórniku.
- Giertych M.** 1988. Interakcja genotypu ze środowiskiem oraz z wiekiem polskich proveniencji sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). *Arboretum Kórnickie*, 33, 159–169.
- Giertych M.** 1990. Genetyka. [W:] Buk zwyczajny *Fagus sylvatica* L., red. S. Białobok. *Nasze Drzewa Leśne*, 10, PWN, Warszawa–Poznań, 193–236.
- Giertych M.** 1995. Genetyka. [W:] Jesion wyniosły *Fraxinus excelsior* L., red. W. Bugała. *Nasze Drzewa Leśne*, 17, Sorus, Poznań–Kórnik, 355–370.
- Gullberg U., Vegerfors B.** 1987. Genotype-environment interaction in Swedish material of *Pinus sylvestris*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2(4), 417–432.
- Johnson I.G.** 1992. Family-site interactions in radiata pine families in New South Wales. Australia. *Silvae Genetica*, 41(1), 55–62.
- Karki D., Lee S.J., Bista M.S., Joshi R.B., Amatya S.M., Parajuli A.V., Adhikari M.K., Saiju H.K., Thakur R., Suzuki K., Ishii K.** 2000. Early selection in tree breeding: research experience of Sitka spruce, using farm-field site technique. [W:] *Proceedings of the 8th International Workshop of BIOREFOR*, Kathmandu, Nepal, 28 Nov.– 2 Dec., 98–104.
- Karlsson B., Wellendorf H., Roulund H., Werner M.** 2001. Genotype × trial interaction and stability across sites in 11 combined provenance and clone experiments with *Picea abies* in Denmark and Sweden. *Can. J. For. Res.*, 31(10), 1826–1836.
- Krahl-Urban J.** 1962. Ergebnisse einer Kalkung gepflanzter Buchen. *Sonderheft Forstkultur. Forst- u. Holzw.*, 17(5), 95–97.
- Krupski P., Giertych M., Czech I.** 1996. Interakcje genotypu ze środowiskiem świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.) z Beskidu Śląskiego, Żywieckiego i Orawy. *Sylwan*, 149(9), 35–47.
- Li B., McKeand S.E.** 1989. Stability of loblolly pine families in the southeastern U.S. *Silvae Genetica*, 38(3–4), 96–101.
- Magnussen S., Yeatman C.W.** 1988. Provenance hybrids in jack pine: 15-year results in eastern Canada. *Silvae Genetica*, 37(5–6), 206–218.
- Major J.E., Johnsen K.H.** 2001. Shoot water relations of mature black spruce families displaying a genotype × environment interaction in growth rate. III. Diurnal patterns as influenced by vapor pressure deficit and internal water status. *Tree Physiology*, 21(9), 579–587.
- McKeand S.E., Li B., Hatcher A.V., Weir R.J.** 1990. Stability parameter estimates for stem volume for loblolly pine families growing in different regions in the southeastern United States. *For. Sci.*, 36(1), 10–17.
- Mullin T.J.** 1985. Genotype-nitrogen interactions in full-sib seedlings of Black spruce. *Can. J. For. Res.*, 15(6), 1031–1038.
- Randall W.K., Cooper D.T.** 1973. Predicted genotypic gain from Cottonwood clonal tests. *Silvae Genetica*, 22(5–6), 165–167.
- Rowe K.E., Ching K.K.** 1973. Provenance study of Douglas Fir in the Pacific Northwest region. II. Field performance at age nine. *Silvae Genetica*, 22(4), 115–119.

- Rink G., Thor E.** 1976. Variance components and gains in volume growth of Virginia Pine (*Pinus virginiana* Mill.). *Silvae Genetica*, 25(1), 17–22.
- Shimizu J.Y.** 1986. Interação genótipo e ambiente em *Pinus elliotii* no sul do Brasil. Boletim de Pesquisa Florestal, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, EMBRAPA, Brazil, 12, 12–20.
- Sonesson J., Jansson G., Eriksson G.** 2002. Retrospective genetic testing of *Picea abies* under controlled temperature and moisture regimes. *Can. J. For. Res.*, 32(1), 81–91.
- Teissier du Cros E., Lepoutre B.** 1983. Soil × provenance interaction in beech (*Fagus Sylvatica* L.). *For. Sci.*, 29(2), 403–411.
- Wang C.W.** 1978a. Genotype-environment interactions on half-sib progenies of ponderosa pine (*Pinus ponderosa* Law.). [W:] Proceedings of Eighth World Forestry Congress, Jakarta, 16–28 Oct. 1978, No. FID-I/17-3.
- Wang C.W.** 1978b. Genotype-environment interactions of provenances of liu-sah (*Cryptomeria*), Taiwan-sah (*Taiwania*), and sah-moo (*Cunninghamia*). [W:] Proceedings of Eighth World Forestry Congress, Jakarta, 16–28 Oct. 1978, No. FID-I/17-4.
- Wanyancha J.M., Morgenstern E.K.** 1987. Genetic variation in response to soil types and phosphorus fertilizer levels in tamarack families. *Can. J. For. Res.*, 17(10), 1251–1256.
- Weiser F.** 1964. Anlage und erste Ergebnisse vergleichender Anbauversuche mit Generativen Nachkommenschaften von Eschen (*Fraxinus excelsior* L.) trockener Kalkstandorte und grundwasserbeeinflußter Standorte. *Forst-Wissenschaftl. Cbl.* 83(7–8), 193–211.
- Woolaston R.R., Kanowski P.J., Nikles D.G.** 1991. Genotype-environment interactions in *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in Queensland, Australia. I. Population × site interactions. *Silvae Genetica*, 40(5–6), 224–228.
- Wright J.W.** 1973. Genotype-environment interaction in North Central United States. *For. Sci.*, 19(2), 113–123.

Część IV

Zmienność wewnątrzgatunkowa drzew leśnych

Zmienność wewnątrzgatunkowa drzew leśnych. Sosna zwyczajna i świerk pospolity

Janusz Sabor*

Sosna zwyczajna

Sosna zwyczajna – *Pinus sylvestris* L. jest na obszarze globalnego zasięgu jej występowania jednym z najważniejszych gospodarczo gatunków drzew leśnych. Według Staszkiwicza [1970] rodzaj *Pinus*, liczący około 120–150 gatunków rozmieszczonych przeważnie na półkuli północnej, jest reprezentowany w Europie przez około 15 gatunków rozlokowanych głównie w regionie śródziemnomorskim. W Eurazji zaznacza się wyraźna dominacja sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.), a następnie limby (*P. cembra* L.) oraz górskich sosen *P. mugo* Turra i *P. uncinata* Ramond [Staszkiwicz i Tyszkiewicz 1969, Roman-Amat 1986, Bobowicz 1990a, b]. Gatunek ten już od czasów kolonialnych odgrywa ważną rolę w gospodarce leśnej północno-wschodnich i centralnych stanów Ameryki Północnej [Ruby 1967, Wright i Bull 1976].

Zasięg naturalny sosny zwyczajnej rozpościera się od 148° długości geograficznej w Portugalii, centralno-zachodniej Hiszpanii poprzez Francję, północne Włochy i Turcję do Szkocji i Finlandii na północy, a na wschodzie poprzez Syberię do Morza Ochockiego, zajmując ogromne obszary Skandynawii, północnej Rosji i Syberii. Nie występuje na północ od 70° szerokości geograficznej w Szwecji i Norwegii oraz od 67° w europejskiej części Rosji i 65° na Syberii, gdzie rośnie w położeniach o niskiej i średniej wysokości do 1500 m n.p.m. Sosna nie jest popularnym drzewem wysokich gór [Wright i Bull 1976]. Jedynie w regionie śródziemnomorskim występuje w wyższych położeniach górskich, osiągając 2100 m n.p.m. w Sierra de Guadarrana w Hiszpanii, 2600 na Kaukazie i 1570 m n.p.m. w polskich Tatrach [Białobok 1967, Ruby 1967]. Sosna rośnie naturalnie w kilku odrębnych lokalizacjach w północnej Szkocji, była też wysadzana w sposób ekstensywny przez kilkaset lat na Wyspach Brytyjskich. Występowanie naturalne tego gatunku stwierdzić można na piaszczystych glebach krajów bałtyckich, na średnich wysokościach południowej Polski, południowych Niemiec, Czech i Słowacji. W tych regionach zasięg sosny ma charakter ciągły. Drzewostany Danii, Belgii i Holandii oraz większości terenów północno-zachodnich Niemiec charakteryzuje rozproszone występowanie gatunku oraz brak autochtoniczności. Na obszarze tym występują tylko sporadycznie naturalne rejonu zasiedlenia sosny zwyczajnej.

We Francji znaleźć można wydzielone stanowiska sosny zwyczajnej, głównie w Wogezach, na terenach graniczących z Niemcami oraz w regionie Centralnego Pogórza i południowych wewnętrznych masywów Alp na pograniczu ze Szwajcarią i Włochami.

* Katedra Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych, Akademia Rolnicza im. H. Kollątaja w Krakowie

W Masywie Centralnym oraz w Pirenejach gatunek ten występuje na wysokości od 400 do 1200 m n.p.m., a na niżej – w regionie dolnego Renu (Hauguenau).

Znaczny obszar, jaki zajmuje sosna zwyczajna oraz duża plastyczność tego gatunku spowodowały wystąpienie u niego wielu form o dużej skali zmienności cech morfologicznych i właściwości fizjologicznych. Badania nad zmiennością rasową sosny rozpoczęły w 1821 r. L. Vilmorin we Francji, który w rezultacie doświadczeń prowadzonych we własnych lasach w majątku des Barres potwierdził dobrą jakość sosen z Łotwy w porównaniu z jakością proveniencji francuskich, szkockich i niemieckich. Oceny te wywarły istotny wpływ na dalszy rozwój doświadczeń proveniencyjnych, prowadzonych i opisanych m.in. przez Englera [1905, 1913], Denglera [1908], Kienitza [1911], Svobodę [1953], Wrighta i Bulla [1963] oraz Prawdina [1964], i doprowadziły do wyróżnienia licznych ras sosny. Podsumowanie wyników badań nad zmiennością sosny stanowią prace Białoboka [1967], Chylareckiego i Giertycha [1969], Staszkiwicza [1970], Giertycha [1979, 1980, 1991, 1993] oraz Giertycha i Oleksyna [1992].

Charakterystykę zmienności rasowej sosny pospolitej przedstawiono na rycinie 1.



Ryc. 1. Rozmieszczenie klimatotypów sosny pospolitej według Svobody [1953] (podają za Staszkiwiczem [1970]); sosna północna (zasięg zakreskowany): 1 – *scotia*, 2 – *norvegica*, 3 – *lapponica*, 4 – *suesica*, 5 – *fennica*, 6 – *borealis*, 7 – *borussica*, 8 – *baltica*, 9 – *rossica*, 10 – *ucrainica*, 11 – *sarmatica*, 12 – *baschirica*; sosna góraska: 1 – *nevadensis*, 2 – *iberica*, 3 – *pyreneica*, 4 – *aguitana*, 5 – *alpina*, 6 – *vindelica*, 7 – *superrhenana*, 8 – *pannonica*, 9 – *hercynica*, 10 – *carpatica*, 11 – *polonica*, 12 – *romanica*, 13 – *illyrica*, 14 – *rhodopaea*, 15 – *pontica*, 16 – *caucasia*; sosna stepowa: 17 – *scythica*

Ze względu na odmienność niektórych cech wyróżnia się następujące rasy: północno-europejską z rasą lapońską (*P. sylvestris lapponica* Fries.) o spiczastych koronach, krótkich igłach i powolnym wzroście; szkocką (*P. sylvestris scotica* Schott.) z dużym udziałem formy *plana* i *gibba* oraz pokrojomą formą *horizontalis* Don; rasę północną (*P. sylvestris septentrionalis* Schott.), występującą w środkowej i południowej Skandynawii, o prostym pniu i zmiennym pokroju korony, oraz tzw. sosnę lub rasę ryską (*P. sylvestris rigensis*) z Estonii, Łotwy i z północno-wschodniej Polski, uznawaną w doświadczeniach proweniencyjnych za najlepszą; przez niektórych badaczy sosna ryska uważana jest za rasę klimatyczną (*baltica*).

Do niżowych ras środkowoeuropejskich zaliczyć należy rasę belgijsko-holenderską (*P. sylvestris batava* Schott.); sosnę z okolic Renu i północno-wschodniej Francji, najprawdopodobniej obcego, niemieckiego pochodzenia, dobrze przyrastającą w młodości, później jednak o złej żywotności; sosnę rasy haskiej (*P. sylvestris haguensis* z niżu południowo-zachodnich Niemiec, o krzywym pniu i rozłożystej, gałęzistej koronie, w młodości charakteryzującą się szybkim wzrostem; rasę pruską (*P. sylvestris borussica* Schott.) – występującą na niżu niemieckim i polskim sosnę o smukłym pniu, długich igłach i stożkowej koronie. Niekiedy rasa ta zaliczana jest do rasy sosny ryskiej.

Do odrębnej grupy zaliczana jest tzw. sosna zachodnioeuropejska z rasami: iberyjską (*P. sylvestris iberica*), newadzką (*P. sylvestris nevadensis*) z gór Sierra Nevada w Hiszpanii, katalońską (*P. sylvestris catalaunica*) ze wschodnich Pirenejów, pirenejską (*P. sylvestris pyrenaica*) z terenów Pirenejów, gdzie występują gleby kwaśne, i rasę akwitańską z Masywu Centralnego we Francji (*aquitana*). W grupie ras górskich środkowoeuropejskich wymienia się rasę hercyńską z Wogezów, Czarnego Lasu i Rudaw (*P. sylvestris hercynica*), rasę windelską (*P. sylvestris vindelica*) z Jury i Czarnego Lasu, rasę zachodnioalpejską z Alp Zachodnich, przedalpejską z zewnętrznych Alp i południowej Jury, a także rasę engadyńską z Engadynu i Górnego Tyrolu oraz rasę czeską (*bohemica*) i panońską (*pannonica*) z zachodnich Węgier.

Wyróżnia się również rasy karpackie sosny (karpacką i rumuńską) oraz rasy bałkańskie: illyrijską z Jugosławii i rodopejską z Bułgarii [Staszkiewicz 1970].

Specyficzny podział na jednostki systematyczne sosny w obrębie zasięgu eurosyberyjskiego przedstawił Prawdin [1964], wyodrębniając pięć różnych podgatunków: *P. sylvestris* subsp. *sylvestris*, *P. sylvestris* subsp. *lapponica*, *P. sylvestris* subsp. *hamata* (Krym i Kaukaz), *P. sylvestris* subsp. *sibirica*, *P. sylvestris* subsp. *kaludensis* Sukaczew. Podział ten jest jednak kontrowersyjny ze względu na brak czytelności wyróżniania podgatunków [Staszkiewicz 1970].

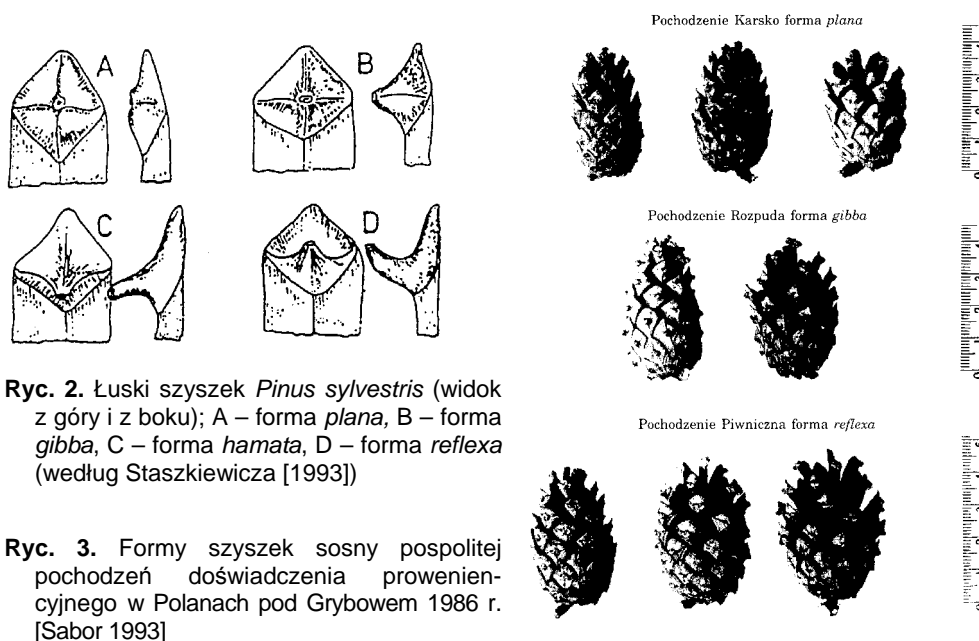
Szczegółową charakterystykę zmienności genetycznej populacji sosen w części europejskiej oraz w syberyjskim zasięgu występowania gatunku podaje Giertych [1993].

Wiedza o rasach w polskim zasięgu występowania sosny jest jeszcze niedostateczna. Ogólnie wyróżnia się cztery różne rasy: rasę mazurską z Krainy Pojezierza Mazurskiego, o prostych i gonych strzałach, odporną na przymrozki i osutkę, zaliczaną również do rasy pruskiej, północnej lub ryskiej, charakteryzującą się znacznymi walorami hodowlanymi; rasę sosny górskiej z Tatr i Pienin uznaną za rasę klimatyczną z charakterystyczną zmiennością cech dziedzicznych, o nisko osadzonej koronie, krótkimi i lekkimi igłami; rasę sosny podhalańskiej z Kotliny Nowotarskiej, z gleb silnie storfiałych, o prostej strzale, łatwo oczyszczającej się i drewnie wąskosłoiowym, oraz rasę sosny wdziarowej występującą w Beskidzie Niskim, Sądeckim i częściowo Wyspowym do 750 m n.p.m., która pochodząc

z niżu, przystosowała się do terenów pogórza i gór. Charakteryzuje ją częste obradanie, duża dyspersja nasion oraz witalność.

Z innych pochodzeń, które uważa się za rasy, wymienić należy sosnę brandenbursko-zachodniopolską (Bolewice), taborską (Tabórz), supraślską, janowską (Janów Lubelski) oraz świętokrzyską i wołyńską [Przybylski 1966, Staszkiwicz 1970, Giertych 1980].

W warunkach naturalnych wyodrębniono również wiele form na podstawie jednej lub kilku wyróżniających je cech. Mają one podłoże genetyczne i spowodowane są prawdopodobnie wystąpieniem mutacji [Staszkiwicz 1970]. Są to m.in.: formy o barwie karminowej kwiatów męskich (*erythranthera* Sanio); formy obficie wytwarzające pylniki kwiatowe (*monticola* Schroter); formy o zróżnicowanym kształcie szyszek: *plana* Christ (płaskotarczkowa), *gibba* Christ (wypukłotarczkowa) i *reflexa* Herr (odgiętotarczkowa), którą można odnieść również do *P. sylvestris* var. *uncinata* D. Don (ryc. 2 i 3), oraz formy o różnej wielkości szyszek: *macrocarpa* Schröter (wielkoszyszkowa) i *microcarpa* Schröter et Bettelini (drobnoszyszkowa).



Ryc. 2. Łuski szyszek *Pinus sylvestris* (widok z góry i z boku); A – forma *plana*, B – forma *gibba*, C – forma *hamata*, D – forma *reflexa* (według Staszkiwicza [1993])

Ryc. 3. Formy szyszek sosny pospolitej pochodzeń doświadczenia proveniencyjnego w Polanach pod Grybowem 1986 r. [Sabor 1993]

Wyróżnia się również wiele ogrodowych form pokrojowych sosny, m.in.: *pendula* (forma zwisająca), *plicata* (forma karłowa), *saxicola* (forma skalna), a także wiele form korowiny i igieł [Staszkiwicz 1970, 1993].

Na podstawie przystosowania się do siedliska wyodrębnia się też formy przystosowawcze takie, jak: *nana* (Pallas) – forma spotykana na siedliskach torfowych; *katakeimenes* (Graebner) – forma wydmowa występująca na wydmach nadbałtyckich [Staszkiwicz 1970]. Zmienność nie ma jednak w tym przypadku rangi zmienności rasowej.

Sosna tworzy mieszańce międzygatunkowe naturalne i sztuczne [Giertych 1970]. Z mieszańców naturalnych wymienić można krzyżówki z *P. nigra* oraz *P. mugo* [Staszkiwicz i Tyszkiewicz 1969], a także (nie potwierdzone jednak w doświadczeniach

proweniencyjnych) z *P. strobus*. W sposób sztuczny uzyskano mieszańce *P. sylvestris* i *P. nigra*, nie potwierdzone z *P. palustris*, *P. radiata* oraz *P. thunbergii* i *P. contorta*. W pełni udokumentowane są jedynie krzyżówki z *P. mugo*, *P. nigra* i *P. densiflora*. Istotnym problemem, który utrudnia krzyżowanie się gatunków jest brak możliwości rozwoju łagiewki pyłkowej w ośrodku nasienia obcego gatunku Giertych [1970].

O pierwszych doświadczeniach proweniencyjnych sosny zwyczajnej określających zakres zmienności rasowej (genetycznej) można mówić w przypadku badań szkółkarza francuskiego, wspomnianego już wcześniej Vilmorina, który rozpoczął badania proweniencyjne już na początku lat dwudziestych XIX w. Wyniki tych badań, opublikowane po 36 latach obserwacji [Vilmorin 1863], wykazały dobrą jakość tzw. sosny ryskiej. Nazwą tą określa się dzisiaj wszystkie sosny pochodzące z krajów bałtyckich.

W Polsce najstarsza sosnowa powierzchnia porównawcza założona została w czasie zaboru rosyjskiego przez Kurdianiego w 1912 r. w majątku byłego Instytutu Rolnictwa i Leśnictwa w Puławach w ramach doświadczenia Ogiewskiego z lat 1910–1916 [Giertych i Oleksyn 1981, Rzeźnik 1990].

W 1907 r. w ramach IUFRO założono 16 powierzchni doświadczalnych w pięciu różnych krajach [Wiedemann 1930], które obejmowały 13 proweniencji sosny zwyczajnej, w tym z Rucianego w Puszczy Piskiej. W okresie międzywojennym rozpoczęto wiele doświadczeń pochodzeniowych uwzględniających proweniencje krajowe, wśród których znajdują się sosny pochodzące z obecnych ziem zachodnich i północnych Polski [Schmidt 1954, Troeger 1960]. Langlet [1936] prowadząc badania w tej serii doświadczalnej, udowodnił występowanie zmienności ciągłej cech przyrostowych z południa na północ. Cechy te najlepiej korelowały z długością okresu wegetacyjnego drzewostanów rodzicielskich.

W 1938 r. zorganizowano nową serię doświadczalną, w której testowano zmienność sosny zwyczajnej według tzw. standardu. Seria ta znana jest pod nazwą doświadczenia IUFRO 1938 i 1939. Zmienność sosny w tym doświadczeniu miała być miarą zróżnicowania środowiskowego. Polska uczestniczyła w omawianym doświadczeniu, dostarczając nasiona z drzewostanów pochodzeń Brody, Rychtal, Bolewice, Krutyń i Supraśl oraz ze znajdujących się obecnie za granicą Mustejek i Suska.

W ostatnim eksperymencie serii IUFRO 1982 objęto badaniami sosny pochodzeń ze Spały, Rychtala, Bolewic, Miłomłyna i Supraśla badanych na jedenastu różnych powierzchniach doświadczalnych [Giertych i Oleksyn 1992].

Wright i Baldwin [1957] na podstawie badań proweniencyjnych wydzielili dziesięć różnych ekotypów sosny zwyczajnej określanych jako rasy. Niektóre z nich odpowiadają różnym jednostkom taksonomicznym. Dokładniejszy podział opracowali Wright i Bull [1963], wyodrębniając populacje sosny środkowoeuropejskiej, wśród której rozróżnili trzy rasy: polską, niemiecko-czeską i niemiecko-francuską. Sosny te obejmują populacje północno-wschodniego zasięgu występowania gatunku oraz najlepsze rasy ze środkowej Europy: z Polski, Łotwy, Białorusi i Brandenburgii. Populacje tego regionu charakteryzujące się dużą zdolnością adaptacyjną, dobrym wzrostem i jakością znajdują powszechne uznanie u leśników w całej północnej strefie naszego globu. Przybylski [1966] wyróżnia trzy rasy lokalne w Polsce: sosnę północno-wschodnią (Mazury, Tabórz, Pisz), bolewicką oraz górską z Tatr i Pienin. Ocenę tych ras opartą na dotychczasowych wynikach doświadczeń proweniencyjnych przedstawił Giertych [1980, 1991]. Wszystkie międzynarodowe doświadczenia potwierdzają dobrą opinię o „sośnie mazurskiej”. Z regionu Mazur w doświadczeniach międzynarodowych reprezentowane były pochodzenia z Guzianki (1907),

Rucianego, Supraśla, Mustejek, PISZU oraz Miłomłyna (1938) [Giertych i Oleksyn 1992]. Według Fabijanowskiego [1961] „sosna mazurska” odznaczająca się prostą, gonną i walcowatą strzałą, delikatnym ugałżeniem i nisko osadzoną koroną, jest odporna na osutkę i charakteryzuje się dużą energią wzrostu, produkcją masy i plastycznością. Większość autorów przyznaje, że „sosna mazurska” tworzy odrębną rasę, zaliczaną do tzw. *Pinus sylvestris borussica*, przy czym nie uważa się jej za populację odrębną od „sosny tabor-skiej” [Stecki 1951, Fabijanowski 1961]. Fabijanowski [1961] (za Rubnerem [1952]) wiąże fakt dużej zdolności przystosowawczej tej rasy z jej występowaniem w strefie przejściowej do klimatu kontynentalnego.

Najwartościowsze ekotypy sosny mazurskiej skupione są w Puszczy Ostródzko-Taborskiej, w Lasach Napiwodzko-Noworamuckich, w Puszczy Piskiej, Puszczy Białej oraz w Zielonej Puszczy Kurpiowskiej.

Korzystne walory potwierdzone wynikami doświadczeń proveniencyjnych ma także sosna z zachodniej części Polski (proweniencje Bolewice i Rychtal). Sosna ta jest podobna do mazurskiej i nadaje się do uprawy, począwszy od Turcji po Skandynawię i Stany Zjednoczone. Dobrą jakość sosny z Bolewic na większości powierzchni doświadczalnych w kraju i za granicą potwierdza Zawierucha [1985]. U sosny tej stwierdza się dużą odporność na osutkę oraz istnienie zależności między barwą pędów, budową pączków, barwą igieł a rytmem i rozwojem drzew. Inne populacje z terenów południowo-wschodnich (Spisz, Susk, Wyższe Tatry), sprawdzone pod względem genetycznym w doświadczeniach proveniencyjnych, nie dorównują przyrostem, jakością oraz zdolnościami adaptacyjnymi sosnom mazurskim czy zachodniopolskim [Giertych 1965].

Badania nad zmiennością rasową sosny w Polsce ogólnie potwierdzają dobrą jakość rasy „sosny mazurskiej” (populacje z Guzianki, PISZU i Rucianego) oraz „sosny zachodniej” (Bolewice, Rychtal), którym nie dorównuje sosna populacji południowo-wschodnich. Według Staszkiwicz [1970] odrębną zmiennością rasową wyróżniają się populacje sosny górskiej. Sosny ekotypów górskich w doświadczeniach proveniencyjnych należą do najgorszych [Giertych 1979, 1980]. Za odrębne pod względem genetycznym uważa się populacje sosny wielkopolskiej, białostockiej oraz sosny świętokrzyskiej i wołyńskiej.

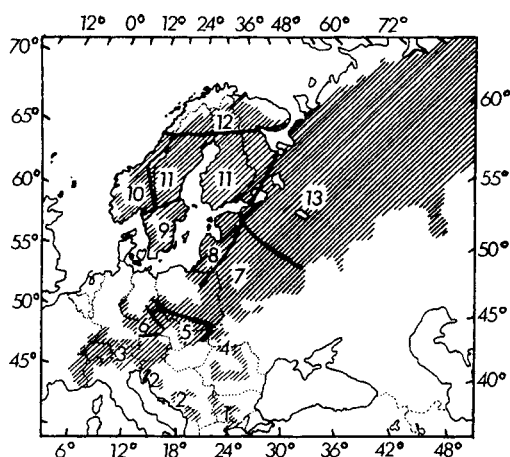
Pomimo wielu badań zmienność genetyczna polskich populacji sosny zwyczajnej jest jeszcze mało poznana, szczególnie w odniesieniu do pochodzeń górskich. Brak jest również dokładniejszej oceny wartości hodowlanej sosen pochodzeń niżowych rosnących w warunkach górskich oraz metod identyfikacji genetycznej populacji cząstkowych tego gatunku w Polsce. Jedną z takich metod może być identyfikacja genotypów na podstawie poziomu zawartości monoterpenów w tkankach drzew.

W praktyce, z kilkudziesięciu związków terpenowych występujących w tkankach sosny zwyczajnej najczęściej wymienianymi jako substancje markerowe są: α - i β -pinen, myrcen, fellandren i Δ^3 -karen. Szczególnie ten ostatni jest najczęściej stosowanym markerem pochodzeń tego gatunku. Zawartość Δ^3 -karenu w tkankach *P. sylvestris* jest wprawdzie również uwarunkowana adaptacją do warunków klimatycznych i pod silną presją selekcji naturalnej, mimo to związek ten w naszej strefie klimatycznej jest istotnym identyfikatorem zarówno genotypów pojedynczych drzew, jak i populacji cząstkowych sosny zwyczajnej. Profile terpenowe populacji drzew wyrażone mogą być również procentowym udziałem poszczególnych monoterpenów w ich sumie ogólnej lub zawartością związku na jednostkę wagową analizowanej tkanki [Tobolski i Hanover 1971].

Świerk pospolity

Świerk pospolity (*Picea abies* (L.) Karst.) należy do sekcji *Eupicea*, rodzaju *Picea* i rodziny *Pinaceae*. Ma obok sosny istotne znaczenie gospodarcze ze względu na zajmowaną powierzchnię leśną (7,7 %) oraz wydatną produkcję drewna. Jest gatunkiem domieszkowym, a naturalne lite drzewostany tworzy w piętrze wysokościowym od 1000 do ok. 1500 m. n.p.m.

Zmienność wewnątrzgatunkowa u świerka pospolitego, określona głównie na podstawie badań proveniencyjnych, jest – podobnie jak u sosny – dość znaczna. Badania te stały się podstawą do wyróżnienia przez Giertycha [1977] w granicach zasięgu występowania tego gatunku trzynastu regionów, w których uwidacznia się zróżnicowanie jego cech dziedzinnych (ryc. 4):



Ryc. 4. Rozmieszczenie *Picea abies* (L.) Karst. w Europie według: *Atlas Florae Europaeae* [Jalas i Suominen 1973], z uwzględnieniem podziału na 13 regionów wydzielonych na podstawie wyników badań proveniencyjnych (według Giertycha [1977])

1 – świerk z wyspowych stanowisk południowego zasięgu występowania w Bułgarii: rośnie słabo, jest odporny na późne przymrozki, podatny na zawodnicę świerkową (*Pristiphora abietina*);

2 – świerk z Gór Dynarskich w Jugosławii: przyrasta przeciętnie, pędzi późno, jest odporny na przymrozki, ma pewną odporność na smolika (*Pissodes strobi*), ale brak mu odporności na ochojnika (*Sacchiphantes viridis*, *S. abietis*);

3 – świerk alpejski: rośnie słabo, pędzi na wiosnę wcześnie, jest wrażliwy na mrozy, zwłaszcza na północy, odporny na smolika (*Pissodes strobi*), a mało odporny na ochojnika (*Sacchiphantes* sp.);

4 – świerk z Karpat Wschodnich i Południowych, od Bihoru aż do Bieszczadów: charakteryzuje się dobrym wzrostem, pędzi późno, odporny na późne przymrozki;

5 – świerk z Karpat Zachodnich i Sudetów: rośnie bardzo dobrze, szczególnie w Beskidzie Śląskim, pędzi w średnim terminie, kończy wegetację późno. Wyróżnia się tu jakością świerk „istebniański”;

6 – świerk środkowoeuropejski: ponadprzeciętny pod względem wzrostu, średnio odporny na przymrozki, ma skłonność do tworzenia rozwidleń pnia, z tego regionu wyróżnia się jakością świerk z Lasu Bawarskiego i Gór Kruszcowych;

7 – świerk z regionu północno-wschodniego, od Białorusi, Litwy aż po Góry Świętokrzyskie: o dobrym przyroście, późnym pędzeniu, wcześnie kończy wegetację, średnio odporny na przymrozki;

8 – świerk z regionu wschodniobałtyckiego, od Zatoki Gdańskiej po Łotwę i Estonię: cechujący się przyrostem nieco powyżej średniego, o przeciętnym pędzeniu i stosunkowo

dużej skłonności do pędzenia świętojańskiego, pod względem innych cech wykazuje duże podobieństwo do świerka z regionu 7;

9 – świerk południowoszwedzki: o słabym przyroście, wczesnym pędzeniu oraz słabej odporności na późne przymrozki i śnieg, mimo to wśród populacji skandynawskich jest rasą najlepszą;

10 – świerk z zachodniej Norwegii: rośnie słabo, pędzi i kończy wzrost bardzo wczesnie, podatny na późne przymrozki i szkody śniegowe, ma skłonność do tworzenia płaskich systemów korzeniowych;

11 – świerk środkowoskandynawski: o słabym wzroście, wczesnym pędzeniu, wrażliwy na późne przymrozki i śnieg, a odporny na mrozy;

12 – świerk północnoskandynawski spoza koła podbiegunowego: słabo rośnie, pędzi bardzo szybko i wczesnie kończy wzrost;

13 – świerk z niziny wschodnioeuropejskiej, o mało poznanych cechach, przenikający do populacji *P. obovata* (świerk syberyjski) drogą introgresji, przeciętny pod względem wzrostu, późno pędzący.

Interesującym uzupełnieniem charakterystyki zmienności wewnątrzgatunkowej świerka są oceny zmienności cech populacji cząstkowych tego gatunku dokonane na podstawie doświadczenia proveniencyjnego IPTNS–IUFRO 1964/68 w warunkach siedliskowych Beskidu Sądeckiego w Krynicy. Doświadczenie to pozwoliło stwierdzić wyraźnie zaznaczającą się zmienność genetyczną pochodzeń skandynawskich, z północno-wschodniego zasięgu występowania świerka, pochodzeń zachodnioeuropejskich, karpaccich oraz rumuńskich i alpejskich. Najlepiej rosną, późno pędzą i są najbardziej odporne na przymrozki świerki populacji cząstkowych pochodzące z regionów: wschodnio-karpacciego i rumuńskiego, a z pochodzeń polskich – populacje z Beskidu Żywieckiego i Śląskiego. Świerki północne charakteryzują się regularną budową korony, dużą odpornością na zer ochojnika (*Sacchiphantes viridis* Ratz.), są bardzo wrażliwe na przymrozki wiosenne [Bałut i Sabor 1993].

Giertych [1977] zasięg świerka w Polsce dzieli na dziewięć stref (ryc. 5). Są to strefy:

I – zachodnia, o rozrzedzonym występowaniu świerka;

II – północno-wschodnia;

III – wschodnia, o rozrzedzonym występowaniu świerka, z odrębnym wydzieleniem Puszczy Białowieskiej;

IV – Gór Świętokrzyskich;

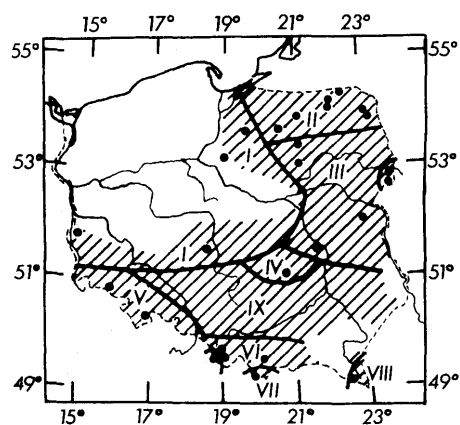
V – świerka sudeckiego;

VI – świerka z terenów Beskidu Śląskiego, Żywieckiego i z Gorców, z wydzielonym kompleksem tzw. świerka istebniańskiego;

VII – tatrzańska;

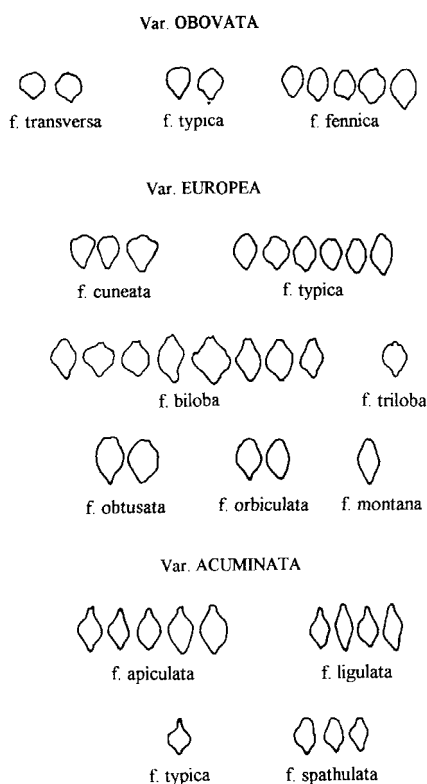
VIII – bieszczadzka;

IX – strefa o mało jeszcze rozpoznanej zmienności rasowej, z terenów pomiędzy Niziną Śląską, Wyżyną Krakowsko-Częstochowską do Kotliny Sandomierskiej.

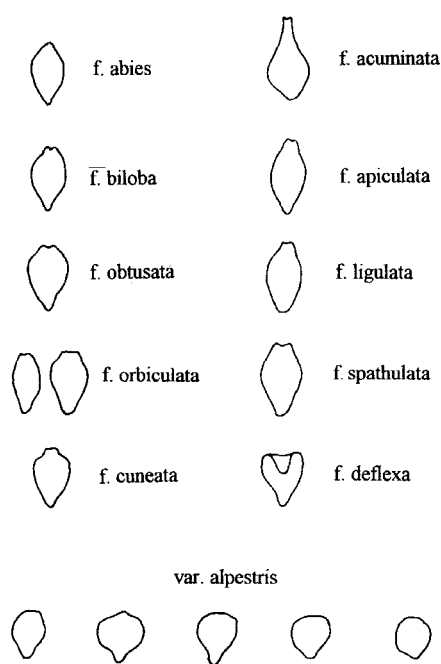


Ryc. 5. Zasięg świerka w Polsce z podziałem na strefy wyróżnione na podstawie obserwowanej zmienności rasowej (według Giertycha [1977])

Świerk jest gatunkiem bardzo zmiennym. Na podstawie różnych cech wyróżniono ponad sto form, nawet w randze odmian. Duży zasięg geograficzny występowania świerka sprawia, że gatunek ten charakteryzuje się dużą zmiennością indywidualną, często o znaczeniu taksonomicznym. Między innymi wyodrębnia się populację świerka z Syberii – tzw. świerka syberyjskiego (*P. obovata*). Jediną cechą tego taksonu jest forma łusek nasiennych o zaokrąglonym kształcie. Istnieje wiele podziałów systematycznych uwzględniających zmienność kształtu łusek, m.in. podział dokonany przez Staszkiwicza [1967] (ryc. 6) i podział opracowany przez Holubčika [1969] (ryc. 7) czy podziałów na podstawie koloru kwiatów (*erythrocarpa*, *chlorocarpa* – Kocięcki [1977]).



Ryc. 6. Kształty łusek nasiennych świerka pospolitego (według Staszkiwicza [1967])



Ryc. 7. Kształty łusek nasiennych świerka pospolitego (według Holubčika [1969])

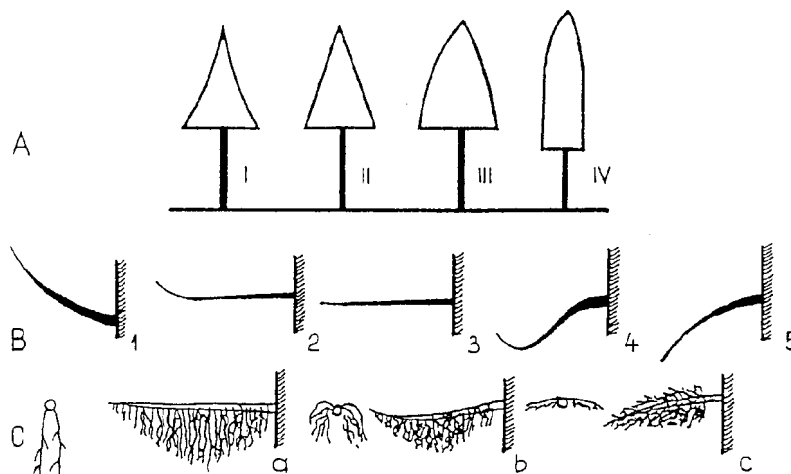
Zarówno w stanie dzikim, jak i w uprawie *Picea abies* tworzy wiele różnorodnych form, które mają istotne znaczenie również w zadrzewieniach i ogrodnictwie. Do najważniejszych zaliczamy formy pokrojowe:

o wzroście drzewiastym: forma wiciowa – *viminalis* (Alstr.) Lind., forma zwisająca – *pendula* (Jacq. et Hering) Nash., forma kolumnowa – *columnaris* (Jacq.) Rehd., forma wężowa – *virgata* (Jacq.) Rehd., forma stożkowa – *pyramidalis* (Carr.) Rehd., forma jednopędowa – *monstrosa* (Loud) Rehd.;

o wroście karłowym: forma '*gregoryana*', krzewy kuliste, forma Merka – '*Merkii*', forma Maxwella – '*maxweli*', forma niskokształtna – *parviformis*, forma płoząca – *procumbens*.

Na podstawie zmienności morfologicznej i zabarwienia igieł wyróżnia się: formę niebieską – *coerulea*, formę żółtoigłową – *finedonensis*, formę złocistą – *aurea*, formę srebrzystą – *argentea*, a na podstawie morfologii: formę zastrzoną, o igłach ostro zakończonych – *acutissima*, formę kędzierzawą – *cincinnata*, formę korkową – *corricata*.

Na rycinie 8 przedstawiono schemat typów pokrojowych świerka według Kocięckiego [1968].



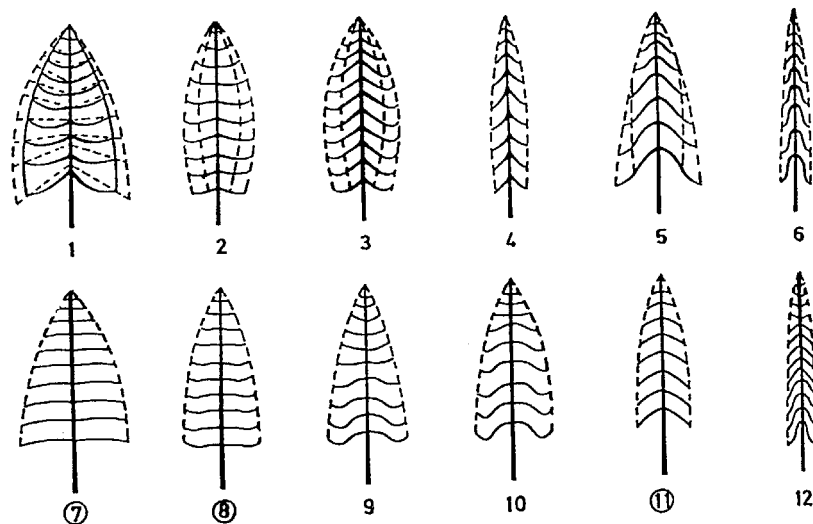
Ryc. 8. Schemat typów pokrojowych świerka (według Kocięckiego [1968]); A – forma korony: I – wklęsła, II – stożkowa, III – wypukła, IV – kolumnowa; B – układ gałęzi pierwszego rzędu: 1 – gałęzie podniesione, 2, 3 – gałęzie poziome, 4, 5 – gałęzie zwisające; C – rodzaj ugałęzienia drugiego rzędu: a – grzebieniasty, b – szczotkowy, c – płaski

Ze względu na ugałęzienie wyodrębnia się świerki grzebieniaste, szczotkowe i płaskie. Świerk o ugałęzieniu typu grzebieniastego ma gałęzie pierwszego rzędu poziomo odstające od pnia, dalsze rozgałęzienia zwisają w dół w sposób przypominający zęby w grzebieniu; wykształca szyszki typu *acuminata*. Świerki o ugałęzieniu szczotkowym mają w partii wierzchołkowej gałęzi skierowane ku górze, natomiast w partii dolnej sztywne, ustawione pod kątem prostym do pnia.

Świerki płaskogałęźne charakteryzują się łukowato zwisającymi gałęziami, obradzają rzadko i skąpo. Wykształcają zaokrąglone łuski nasienne, charakterystyczne dla odmian szyszek *obovata*, *rotundata* i *montana*, są odporne na sadz i śnieg.

Świerki z terenów północno-wschodnich i niższych położen górskich mają ugałęzienie grzebieniaste i szczotkowe. W górach, wraz ze wzrostem wysokości n.p.m, zmniejsza się udział form o ugałęzieniu grzebieniastym i szczotkowym, pojawiają się natomiast formy płaskogałęźne. Formy grzebieniaste spotykane są licznie w północno-wschodnim zasięgu występowania. Z typem ugałęzienia łączy się także forma korony (ryc. 9).

Dużą zmienność wykazuje również korowina (formy: *nummularia*, *squamosa*, *multituberculata* – Svoboda [1936]. Świerki z zasięgu południowego mają większy ciężar 1000 nasion niż świerki rosnące na północy.



Ryc. 9. Zmienność kształtu korony (według Schmidt-Vogta [1977]); 7 – świerk grzebieniasty, 8 – świerk szczotkowy, 11 – świerk płaski

W zależności od terminu rozpoczynania rozwoju i kończenia wzrostu można wyróżnić następujące grupy świerków:

- wczesnie rozwijające się i wczesnie kończące wzrost,
- późno rozwijające się i późno kończące wzrost,
- wczesnie rozwijające się i późno kończące wzrost,
- późno rozwijające się i wczesnie kończące wzrost.

Spśród udanych międzygatunkowych krzyżówek świerka wymienić można krzyżówki *P. abies* z *P. asperata* lub z *P. obovata*. Nieskuteczne okazały się próby skrzyżowania *P. abies* z odpornym na smolika (*Pissodes strobi*) *P. glauca*. Niektórzy badacze sugerują przeniesienie odporności z *P. glauca* na *P. abies* za pośrednictwem *P. koyamai* albo *P. sitchensis* [Giertych 1977].

Świerk górski

Świerk górski w drzewostanach Krainy Sudeckiej i Karpackiej zajmuje 196 658 ha, co stanowi 32,6% [Sabor 1995]. Analiza tzw. biologicznie dojrzałych drzewostanów uwidacznia istotną zmienność bonitacyjną w jednorodnych warunkach siedliskowych Karpat oraz wykazuje wyższą średnią bonitację świerczyn karpackich od średniej krajowej o 0,4. Uwidacznia się również znacznie niższa klasa bonitacyjna dojrzałych drzewostanów sudeckich (o całą jedną klasę) od klasy bonitacyjnej świerczyn karpackich. Zmienność ta ze względu na porównywalny wiek drzewostanów i jednolitość warunków siedliskowych (LMG i LG) ma charakter zmienności genetycznej. Średnia bonitacja jest najwyższa w Beskidzie Śląskim i Wysokim (I₇), a następnie w Bieszczadach (I₆). Udział drzewostanów z tych regionów w I klasie bonitacji wynosi, odpowiednio, 39,2%, 39,32 i 36,68%.

Rasa istebniańska

Ocena wyników badań proveniencyjnych wykazała ogólnie dobrą jakość genetyczną większości drzewostanów rasy istebniańskiej z Beskidu Śląskiego i Żywieckiego we wszystkich głównych polskich testach proveniencyjnych, w tym IUFRO 72, ale przede wszystkim IUFRO 1964/68. Proveniencje z Ujsoł i Rycerki–Kiczory są najlepsze w Krynicy pod względem wysokości, są również odporne na przymrozki wiosenne i tworzą prawdziwą elitę selekcyjną [Sabor 1996].

Istnieją różne poglądy na temat autochtoniczności świerka istebniańskiego. Zapisy historyczne informują o występowaniu ongiś w Beskidzie Śląskim i Żywieckim drzewostanów jodłowo-świerkowo-bukowo-jaworowych. Istotną przyczyną występowania na tych terenach litych świerczyn mogło być zwiększone zapotrzebowanie na drewno bukowe w wieku XIX i preferowanie świerka. Zasady zagospodarowania, które obowiązywały wtedy w lasach austriackich, przemawiają za sztucznym pochodzeniem świerka istebniańskiego wychodowanego z nasion pochodzących z wyluszcarni w Wiener-Neustad [Sabor 1996].

Ocena przeżywalności oraz wysokości potomstwa 45 drzewostanów nasiennych w archiwum „Regionalnego banku genów świerka” w Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Katowicach, na powierzchniach *in situ* w Wiśle oraz na powierzchniach *ex situ* w warunkach niżowych Kórnika (Nadleśnictwo Zwierzyniec – ID PAN), Sękocina (IBL) i górskich Beskidu Sądeckiego (Krynica) wykazuje możliwość wykorzystania bazy świerka istebniańskiego do uprawy w warunkach niżowych. Potomstwo drzewostanów z Leśnictw Dziechcianka i Głębcze (m.in. z oddziałów 22k, 25f i 44d) wykazuje istotny efekt interakcyjny „genotyp × warunki uprawy”. Istotnym wynikiem aktualnego stanu selekcji wewnątrzpopulacyjnej rasy istebniańskiej jest wykazanie walorów adaptacyjnych potomstwa świerka z drzewostanu 91h w Malince. Ocena cech adaptacyjnych wykazuje bowiem dobry przyrost i przeżywalność oraz plastyczność tej populacji cząstkowej, która może być zalecana do uprawy w zróżnicowanych warunkach siedliskowych. Drzewostan rodzicielski tego potomstwa, o powierzchni 3,82 ha, charakteryzuje aktualny wiek operatowy 130 lat, przeciętna pierśnica – 48,2 cm, wysokość – 37,6 m oraz dobre obradzanie [Sabor 1998c]. Analizując z kolei przeżywalność potomstwa drzew doborowych świerka istebniańskiego na powierzchniach rodowych w Wiśle, Krynicy i w Nadleśnictwie Jabłonna w Strubinie (IBL), można stwierdzić bardzo dobrą adaptację tej rasy (wysoki procent przeżywalności) na powierzchniach praktycznie wszystkich archiwów. Do najlepszych zaliczają się generatywne potomstwa drzew doborowych o numerach inwentarzowych 5204, 5207 oraz 5219 z Leśnictwa Zapowiedź (Nadleśnictwo Wisła) [Sabor 1997].

W obowiązującym programie selekcji i zachowania leśnych zasobów genowych świerka istebniański zajmuje poczesne miejsce. Nasiona tej rasy są zalecane do wykorzystania w kilkudziesięciu nadleśnictwach kraju, a materiał reprodukcyjny (nasiona, zrazy) od lat są przedmiotem eksportu i międzynarodowych badań. Istotą badań prowadzonych obecnie jest ocena zmienności wewnątrzpopulacyjnej rasy istebniańskiej i ocena stopnia autochtoniczności jej populacji cząstkowych. Ważna jest również ocena potomstwa drzew selekcyjnych oraz ochrona zasobów genowych tej rasy *in/ex situ* w archiwach pochodzeniowo-rodowych „regionalnych banków genów”. Walory hodowlane świerka istebniańskiego mogą być przykładem reakcji genetycznej (plastyczności) na zmianę warunków [Sabor 1996].

Świerk orawski

Świerk orawski jest w świetle obowiązujących zasad regionalizacji nasiennej główną bazą reprodukcyjną w środkowej części Karpat oraz na całym Pogórzu Karpackim. W doświadczeniach proveniencyjnych populacja ta poprawia dynamikę przyrostową, charakteryzuje się również dużą plastycznością, jednak szerokie wykorzystanie świerka orawskiego w warunkach Karpat nie ma jeszcze naukowego uzasadnienia [Sabor i Kulej 1997].

Świerk tarnawski

Ogólna ocena świerka bieszczadzkiego nie jest jednoznaczna. Świerk z Tarnawy wykazuje w doświadczeniu IUFRO 1964/68 słaby przyrost na wysokość w całym 25-letnim cyklu przyrostowym. Populacja ta charakteryzuje się wolnym pędzeniem wiosennym oraz przeciętnym stopniem odporności na smrekuna zielonego (ochojnika). Pochodząca natomiast także z Bieszczadów proveniencja Dolina, testowana w doświadczeniu IUFRO 1938, zaliczana jest do najlepszych. W teście IUFRO 1972 świerk tarnawski zaliczany jest raczej do pochodzeń dobrych [Matras 1997]. Pomimo rozbieżnych ocen populacja ta powinna być uznana za wartościową, a ze względu na stałe zmniejszanie się arealu jej występowania należałoby ją objąć i to pilnie intensywną ochroną. Wyniki doświadczeń proveniencyjnych wskazują, że istnieje możliwość zastąpienia świerka wschodniego w uprawach populacjami ukraińskimi z Jasiny i Doliny, a także pochodzeniami rumuńskimi [Sabor 1998a]

Świerk sudecki

Świerk sudecki testowany w doświadczeniach proveniencyjnych zaliczany jest do populacji o bardzo słabej wartości genetycznej [Matras i Kowalczyk 1998, Sabor 1998b]. Ogólna ocena wartości genetycznej sudeckiej populacji tego gatunku dokonana przez Giertycha [1998] wskazuje na złą jakość świerka z okolic Kotliny Kłodzkiej oraz na dużą plastyczność pochodzeń z zachodnich Sudetów, z Gór Izerskich, z Karkonoszy i Gór Kaczawskich oraz pochodzeń z Sudetów wschodnich – z Jesioników. Populacje te można zalecać do wprowadzenia na niżu zachodniej Polski, a populacje z Karkonoszy – na uprawy górskie. Za wartościową uważa się proveniencję ze Szczytnej Śląskiej testowaną w doświadczeniu IUFRO 64/68.

Literatura

- Bałut S., Sabor J.** 1993. Current state of investigation in the international provenance test of Norway spruce – IUFRO 1964/68 in Krynica (site No 19, Poland). Norway spruce provenances and breeding [W:] Proceedings of the IUFRO (S2.2–11) Symposium, Latvia, 6–33.
- Białobok S.** 1967. Zmienność cech morfologicznych i fizjologicznych w zależności od środowiska. [W:] Zarys fizjologii sosny zwyczajnej. Zakład Dendrologii i Arboretum Kórnickie PAN, PWN, Warszawa–Poznań, 9–32.
- Bobowicz M.** 1990a. Mieszańce *Pinus mugo* Turra × *Pinus sylvestris* L. z rezerwatu „Bór na Czerwonym” w Kotlinie Nowotarskiej. Wyd. Nauk. UAM w Poznaniu, ser. Biologia, 40, 4–28.

- Bobowicz M.A.** 1990b. Analiza struktury morfologicznej sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* L. z „Boru na Czerwonym” w Kotlinie Nowotarskiej. Wyd. Nauk. UAM w Poznaniu, ser. Biologia, 41, 6–92.
- Chylarecki H., Giertych M.** 1969. Variability of *Picea abies* (L.) Karst. cones in Poland. Arboretum Kórnickie, 14, 39–71.
- Dengler A.** 1908. Das Wachstum von Kiefern aus einheimischen und nordischen Saatgut in der Oberförsterei Eberswalde. Z. Forst- u. Jagdw. 40, 135–152, 206–219.
- Engler A.** 1905. Einfluss der Provenienz des Samens auf die Eigenschaften der forstlichen Holzgewachse. Mitt. d. Schweiz. Centr. f. d. forstl. Versuchswesen, 8, 81–236.
- Engler A.** 1913. Einfluss der Provenienz des Samens auf die Eigenschaften der forstlichen Holzgewachse. Mitt. d. Schweiz. Centr. f. d. forstl. Versuchswesen, 10(3), 191–386.
- Fabijanowski J.** 1961. Kilka uwag o badaniach dotyczących ras sosny zwyczajnej w Polsce oraz o sośnie mazurskiej. Sylwan, 4, 21–30.
- Giertych M.** 1965. Polska sosna za granicą. Las Polski, 11, 3–5.
- Giertych M.** 1970. Zagadnienia genetyczne. [W:] Sosna zwyczajna *Pinus sylvestris*, red. S. Białobok. Nasze Drzewa Leśne, 1, PWN, Warszawa–Poznań, 232–261.
- Giertych M.** 1977. Genetyka. [W:] Świerk pospolity. *Picea abies* (L.) Karst., red. S. Białobok. Nasze Drzewa Leśne, 5, PWN Warszawa–Poznań, 287–331.
- Giertych M.** 1979. Summary of results on Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) height growth in IUFRO provenance experiments. Silvae Genetica., 28, 136–152.
- Giertych M.** 1980. Polskie rasy sosny, świerka i modrzewia w międzynarodowych doświadczeniach proweniencyjnych. Arboretum Kórnickie, XXV, 135–160.
- Giertych M.** 1991. Provenance variation in growth and phenology. [W:] Genetics of Scotch Pine, red. M. Giertych, C. Matyas. Ser. Dev. in Plant Gen. and, Breed., 3, Elsevier, Amsterdam–Oxford, 87–101.
- Giertych M.** 1993. Zmienność proweniencyjna. [W:] Biologia sosny zwyczajnej, red. S. Białobok, A. Boratyński, W. Bugała. Wyd. PAN, Sorus, Poznań–Kórnik, 325–341.
- Giertych M.** 1998. Genetyka. Zmienność proweniencyjna i dziedziczna. [W:] Biologia świerka pospolitego, red. A. Boratyński, W. Bugała. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 213–239.
- Giertych M., Oleksyn J.** 1981. Summary of results on Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) volume production in Ogievskij's prerevolutionary Russian provenance experiments. Silvae Genetica, 30(2–3), 56–74.
- Giertych M., Oleksyn J.** 1992. Studies on genetic variation in Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) coordinated by IUFRO. Silvae Genetica, 41, 133–144.
- Holubčík M.** 1969. Velkost a tvar šišek smreka obyčajneho na Slovensku. Lesn. Stud., 1, VULH Zvolen.
- Jalas J., Suominen J.** 1973. Atlas Floreae Europaeae. 2. Gymnospermae, Helsinki.
- Kienitz M.** 1911. Formen und Abarten d. gemeinen Kiefer. Z. Forst- u. Jagdw., 43(1), 4–35.
- Kocięcki S.** 1968. Study on permanent areas with spruce in mature stands. [W:] Population studies of Norway spruce in Poland. IBL, Warszawa, 78–99.
- Kocięcki S.** 1977. Zmienność. [W:] Świerk pospolity *Picea abies* (L.) Karst., red. S. Białobok. Nasze Drzewa Leśne, 5, PWN, Warszawa–Poznań, 37–62.
- Langlet O.** 1936. Studier över tallens fysiologiska variabilitet och dess samband med klimatet. Ett bidrag till kännedom om tal lens ekotyper. Medd. Stat. Skogsförsöksanstalt, 29, 219–470.

- Matras M.** 1997. Wstępne wytyczne wykorzystania populacji świerka pospolitego na skalę gospodarczą. DGLP, IBL, Warszawa. Opracowanie zatwierdzone do użytku służbowego (maszynopis).
- Matras J., Kowalczyk J.** 1998. Świerk sudecki w badaniach IBL. Zeszyty Leśnego Banku Genów Kostrzyca, z. 11, t. 1, 91–108.
- Prawdź L.F.** 1964. Sosna obywatnia. Izd. Nauka, Moskwa.
- Przybylski T.** 1966. Les races locales du pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.). PWN, Warszawa–Poznań.
- Roman-Amat B.** 1986. Pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.). Rev. For. Fr., Numer Specjalny, 132–134.
- Ruby J.L.** 1967. The correspondance between genetic, morphological and climatic variation patterns in Scotch pine. I. Variations in Parental Characters. *Silvae Genetica*, 16(2), 50–56.
- Rzeźnik Z.** 1990. Międzynarodowa sosnowa powierzchnia proveniencyjna w Nadleśnictwie Supraśl. *Sylwan*, 1, 1–10.
- Sabor J.** 1993. Zmienność sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) i hodowlana wartość jej polskich proveniencji w warunkach siedliskowych Beskidu Sądeckiego. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, ser. Rozpr. Hab., 185.
- Sabor J.** 1995. Zasady selekcji drzew i drzewostanów w terenach górskich. Prace IBL, ser. A., 783, 5–28.
- Sabor J.** 1996. Możliwości zachowania i metody selekcji drzewostanów świerkowych rasy istebniańskiej. *Sylwan*, 3, 61–81.
- Sabor J.** 1997. Ocena zróżnicowania genetycznego świerka rasy istebniańskiej pochodzeń Inwentaryzacyjnego Doświadczenia Proveniencyjnego Świerka Pospolitego IPTNS-IUFRO 1964/68 markerami terpenowymi. [W:] Zachowanie leśnych zasobów genowych i hodowla selekcyjna świerka pospolitego w Nadleśnictwie Wisła. Opracowanie na zlecenie RDLP w Katowicach. Zakład Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych AR w Krakowie (maszynopis).
- Sabor J.** 1998a. Charakterystyka świerka bieszczadzkiego w doświadczeniu IPTNS-IUFRO 1964–1968. *Sylwan*, 10, 77–87.
- Sabor J.** 1998b. Świerk pochodzeń sudeckich w doświadczeniu proveniencyjnym serii IUFRO 1964/1968 w LZD Krynica. Zeszyty Leśnego Banku Genów Kostrzyca, z. 11, t. 1, 60–75.
- Sabor J.** 1998c. Ocena wartości genetycznej świerka rasy istebniańskiej. Cechy adaptacyjne potomstwa drzewostanów nasiennych i drzew doborowych „Regionalnego banku genów RDLP Katowice”. [W:] Zachowanie leśnych zasobów genowych i hodowla selekcyjna świerka pospolitego w Nadleśnictwie Wisła. Opracowanie na zlecenie RDLP w Katowicach. Zakład Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych AR w Krakowie (maszynopis).
- Sabor J., Kulej M.** 1997. Zagospodarowanie selekcyjne oraz wartość hodowlana populacji świerka orawskiego. *Sylwan*, CXLI, 5, 75–84.
- Schmidt W.** 1954. Kiefernherkünfte und Einzelstammabsaaten auf der Versuchsfläche Kaltenbrom, Schwarzwald. *Züchter*, 24 (6), 167–174.
- Schmidt-Vogt H.** 1977. Morphologie und ökologie der *Picea abies*. [W:] Die Fichte. Band 1. Taxonomie. Verbreitung. Morphologie. Waldgesellschaften. Verlag Paul Parey. Hamburg–Berlin, 281–332.

- Staszkiwicz J.** 1967. Zmienność szyszek *Picea abies* (L.) Karst. subsp. *abies* z Polski. [W:] Materiały z konferencji poświęconej badaniom nad świerkiem w Polsce. Kórnik, Zakład Dendrologii PAN, 9–18.
- Staszkiwicz J.** 1970. Systematyka i zmienność. [W:] Sosna zwyczajna *Pinus silvestris*, red. S. Białobok. Nasze Drzewa Leśne, 1. PWN, PAN, Warszawa–Poznań, 55–77.
- Staszkiwicz J.** 1993. Zmienność morfologiczna szpilek, szyszek i nasion. [W:] Biologia sosny zwyczajnej, red. S. Białobok, A. Boratyński, W. Bugała. PWN, Instytut Dendrologii. Sorus, Poznań–Kórnik, 33–43.
- Staszkiwicz J., Tyszkiewicz M.** 1969. Naturalne mieszańce *Pinus mugo* Turra × *Pinus silvestris* L. w Kotlinie Nowotarskiej. Frag. Flor. et Geobot., R. XV, 2, 187–212.
- Stecki K.** 1951. O formach i rasach sosny. Roczn. Dendrol., t. VII, 202–203.
- Svoboda P.** 1936. O systematické hodnotě kůry našich dřevin, zejména o kůře smrku a jejích mutacích. Zvláštní otisk z časopisu Lesnická práce, vyd. Čs. maticí lesnickou v Písku.
- Svoboda P.** 1953. Lesní dřeviny a jejich porosty. I. St. Zem. Nakl., Praha.
- Tobolski J.J., Hanover J.W.** 1971. Genetics variation in the monoterpenes of Scotch Pine. Forest Sci., 17, 3, 293–299.
- Troeger R.** 1960. Kiefernprovenienzversuche. Allg. Forst- u. Jagztg., 131, 49–59.
- Vilmorin L.** 1863. Exposé historique et descriptif de l'école forestière de Barres. Mémoires d'Agriculture, Paris.
- Wiedemann G.** 1930. Die versuche über den Einfluss des Herkunft des Kiefernensamens. Z. Forst- u. Jagdw., 62, 498–522.
- Wright J.W., Baldwin H.J.** 1957. The 1938 International Union Scotch Pine Provenance Test in New Hampshire. Silvae Genetica, 6, 2–14.
- Wright J.W., Bull W.I.** 1963. Geographic variation in Scotch Pine. Silvae Genetica, 12(1), 1–25.
- Zawierucha E.** 1985. Sosna zwyczajna *Pinus sylvestris* L. proveniencji bolewickiej w świetle badań naukowych. Sylwan, 4, 13–19.

Zmienność klinalna cech ilościowych i jakościowych europejskich pochodzeń sosny pospolitej w doświadczeniu IUFRO 1982

Jan Matras*

Populacje występujące w ramach zasięgu naturalnego sosny charakteryzują się dużą zmiennością zarówno w przypadku możliwości produkcyjnych, jak i cech jakościowych. Zmienność ta wynika ze zróżnicowania genetycznego oraz z faktu, że gatunek ten ma bardzo rozległy zasięg naturalny. Poszczególne populacje rosną więc w zróżnicowanych warunkach klimatycznych i glebowych.

Populacje skrajne (tzw. marginalne) rosnące w granicach zasięgu poddawane są bardzo silnej selekcji, w czego wyniku zwykle nie reprezentują pod względem hodowlanym cech godnych szerszego propagowania. W miarę przesuwania się w kierunku centrum zasięgu populacje cechuje wzrastająca żywotność aż do obszaru, gdzie gatunek ten osiąga optymalne warunki wzrostu i rozwoju, co związane jest jednocześnie z uzyskiwaniem maksymalnych możliwości produkcyjnych. Populacje występujące w centrum zasięgu są stabilne oraz cechują się znacznym zróżnicowaniem genetycznym, są więc najbardziej plastyczne. Daje to możliwości szerszego ich wykorzystania.

Wyznaczanie w ramach zasięgu gatunku obszarów występowania populacji najcenniejszych, o największych walorach produkcyjnych, stwarza jednocześnie warunki do pełnienia przez lasy wielu innych funkcji, dlatego tak ważne są badania w tym zakresie.

Badaniom zmienności geograficznej (zmienności klinalnej) sosny poświęcono wiele prac [Swoboda 1953, Wright i Bull 1963, Pravdin 1964, Białobok 1967, Przybylski 1970a, b, Staszkiwicz 1970, Vidaković 1991]. Prace te jednak dotyczyły głównie zmienności cech morfologicznych, na podstawie których wyróżniono liczne klimatotypy, ekotypy i rasy. Podkreślić jednak należy, że dla praktyki leśnej znaczenie wyróżnionych taksonów jest niewielkie [Boratyński 1993]. Podane w cytowanych opracowaniach wyniki porównań cech przyrostowych i jakościowych są bardzo ogólne, dotycząc skali makro (kilkunastu wyróżnionych taksonów w ramach całego zasięgu), nie dają więc podstaw do podejmowania właściwych decyzji hodowlanych. Stąd też, pomimo że w doświadczeniu IUFRO 82 reprezentowany jest tylko europejski zasięg sosny i tylko przez dwadzieścia pochodzeń, podjęto próbę oceny zmienności klinalnej cech przyrostowych i jakościowych związanych z szerokością i długością geograficzną występowania pochodzeń rodzicielskich.

Pomiary i obserwacje dotyczące zróżnicowania genetycznego europejskich populacji sosny pospolitej wykonano na powierzchni obserwacyjnej założonej w ramach doświadczenia IUFRO 82 w Sękocinie.

* Zakład Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych, Instytut Badawczy Leśnictwa w Warszawie

Cechy jakościowe oceniano według skali zbliżonej do stosowanej przy ocenie klonów w plantacjach i rodów w plantacyjnych uprawach nasiennych. Obserwacje objęły:

- a) prostota strzały (skala 1–3):
 - strzała idealnie prosta,
 - strzała z jednym lub dwoma niewielkimi skupieniami do 3 cm/1mb,
 - strzała z wielokrotnymi krzywiznami przekraczającymi 3 cm/1mb;
- b) grubość gałęzi (skala 1–3); grubość gałęzi oceniano w okółku w połowie długości korony według następującej skali (skala 1–3):
 - gałęzie cienkie o grubości do 1/4 średnicy strzałki,
 - gałęzie o średniej grubości od 1/4 do 1/3 średnicy strzałki,
 - gałęzie grube o średnicy powyżej 1/3 grubości strzałki;
- c) kąt wyrastania gałęzi oceniany w połowie długości korony w skali 1–3,
 - gałęzie wyrastające pod kątem zbliżonym do prostego,
 - pędy wyrastające pod kątem w zakresie 80–60°,
 - pędy wyrastające pod kątem ostrym (< 60°);
- d) szerokość korony (skala 1–3),
 - korona wąska – stosunek szerokości do długości < 0,3,
 - korona pośrednia – stosunek szerokości do długości korony w zakresie 0,3/0,5,
 - korona szeroka – stosunek szerokości do długości korony > 0,5.

Jakość aparatu asymilacyjnego oceniano u czterech drzew losowo wybranych z populacji na podstawie pomiarów długości 40 par igieł oraz określenia ich liczby na 5-centymetrowych odcinkach pędów ostatniego przyrostu.

Stopień uwodnienia tkanek oraz zawartość składników mineralnych określono w pędach. Przeżywalność określono na podstawie stosunku liczby drzew żywych po 15 latach do liczby sadzonek wysadzonych na powierzchni.

W celu określenia zmienności klinalnej cech ilościowych i jakościowych pochodzenia szeregowano według rosnącej szerokości lub długości geograficznej.

Na podstawie szczegółowej oceny poszczególnych cech ilościowych i jakościowych określono syntetyczny (ogólny) wskaźnik wartości hodowlanej poszczególnych populacji według następującego wzoru:

$$W_{wh} = m_{wi} + m_{wj}$$

gdzie:

- W_{wh} – wskaźnik wartości hodowlanej,
- m – przyjęta waga badanych cech,
- w_i – wartość cechy ilościowej i ,
- w_j – wartość cechy jakościowej j ,

Wyniki pomiarów i obserwacji przedstawiono w tabelach 1 i 2. Statystyczna ocena otrzymanych wyników wykazała, że populacje reprezentowane na powierzchni doświadczalnej IUFRO 82 w Sękocinie różnią się istotnie pod względem wszystkich analizowanych cech. Obserwowana zmienność związana jest w znacznym stopniu z lokalizacją populacji, a więc z szerokością i długością geograficzną, na których rosły populacje rodzicielskie. Znacznie większe zróżnicowanie cech przyrostowych i jakościowych badanych populacji występuje w zakresie analizowanych szerokości geograficznych, a mniejsze w zakresie długości geograficznej.

Średnia wysokość i pierśnica potomstwa analizowanych populacji zmienia się wraz z szerokością geograficzną występowania populacji matecznych. Średnie wielkości tych cech zwiększają się wyraźnie w kierunku północnym aż do 53° (obszar Polski), a następnie wyraźnie maleją (ryc. 1a, b). Odmienny charakter zmienności obserwuje się w przypadku przeżywalności (ryc. 1c) i sumarycznego wskaźnika jakości badanych populacji (ryc. 2a). Cechy te wykazują zmienność jednokierunkową, – im dalej na północ rosną populacje mateczne, tym ich potomstwo charakteryzuje się większą przeżywalnością i jakością drzewek. Jest to szczególnie wyraźnie widoczne w przypadku cech jakościowych (ryc. 2a).

Zróżnicowana okazała się również budowa aparatu asymilacyjnego. Populacje południowe cechują się stosunkowo dużą liczbą krótkich igieł, najdłuższe igły występują u pochodzeń węgierskich i czeskich, natomiast najkrótszymi igłami charakteryzuje się sosna północna (ryc. 2b, c).

Badane populacje w różnym stopniu wykorzystywały zawarte w glebie składniki mineralne. Największą zawartość fosforu i magnezu obserwowano u pochodzeń środkowoeuropejskich, najmniejszą zawartość potasu u pochodzeń północnych, zawartość pozostałych pierwiastków w potomstwach była tym większa, im dalej na północ rosły populacje rodzicielskie.

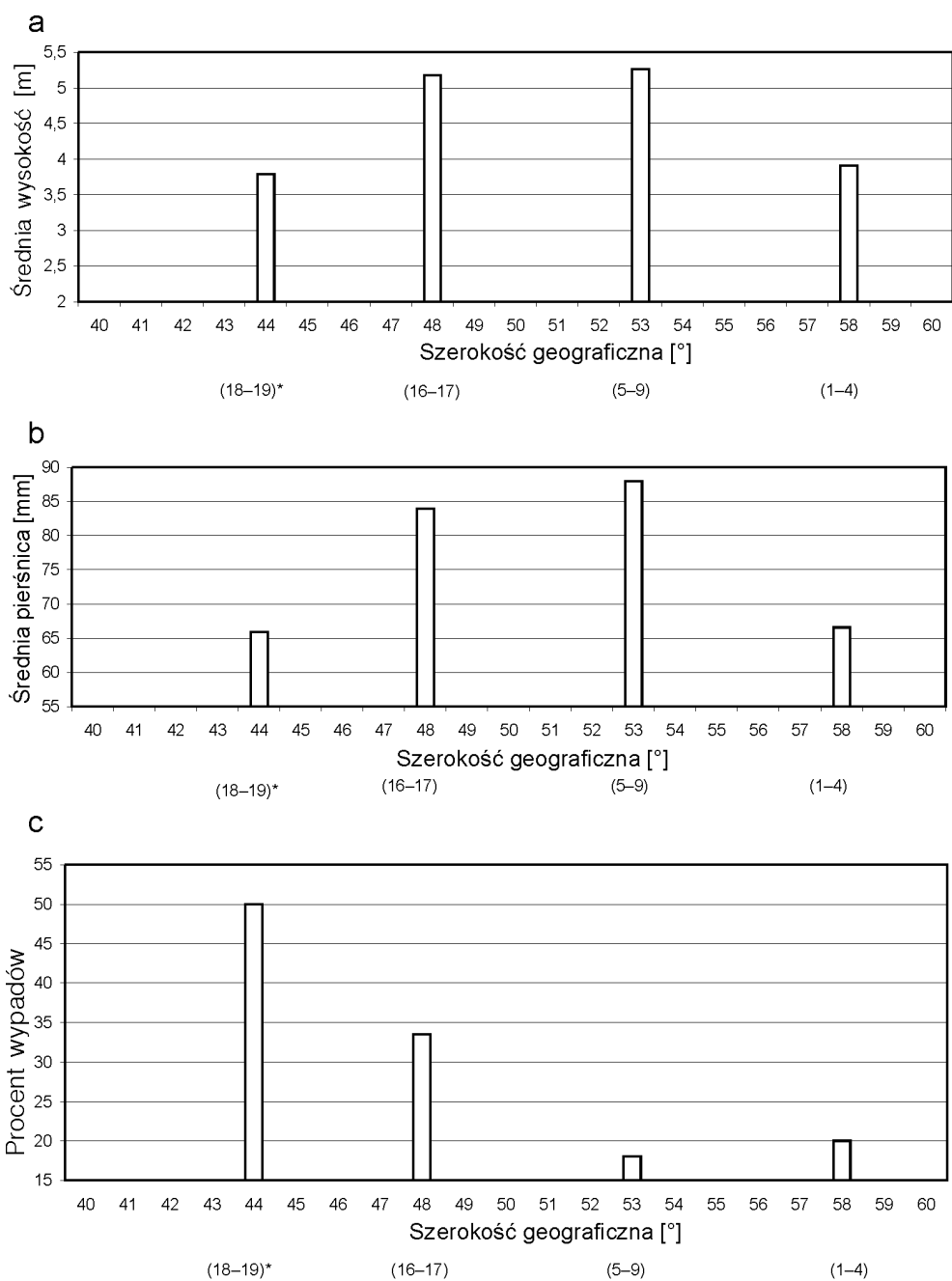
Tabela 1. Cechy adaptacyjne (wartości średnie) populacji sosny na powierzchni doświadczalnej IUFRO 82 w Sękocinie (po 15 latach od wysadzenia)

Pochodzenie	Średnia		
	przeżywalność	pierśnica	wysokość
Roszczinskaja Dacza	33,3	60,1	3,42
Kondeżskoje	16,6	61,6	3,53
Serebrijanskoje	13,9	70,0	3,98
Silane	16,7	75,3	4,68
Miłomłyn	13,9	92,5	5,36
Supraśl	16,7	81,2	5,03
Spała	11,1	88,3	5,20
Rychtal	13,9	88,5	5,40
Bolewice	36,1	89,8	5,38
Neuhaus	16,6	86,0	5,40
Betzhorn	13,9	87,3	5,58
Lampertheim	50,0	94,6	5,62
Ardennes	13,9	93,9	6,10
Haguenau	16,7	78,6	4,82
Sumpberget	52,8	55,7	3,12
Zahorie	44,4	65,2	4,34
Pornoapati	22,2	102,4	5,97
Maocnica	36,1	65,5	3,76
Prusacka Rijeka	63,9	66,1	3,79
Catacik	61,1	39,1	2,91

Tabela 2. Cechy jakościowe pochodzeń sosny w doświadczeniu IUFRO 82 na powierzchni porównawczej w Sękocinie

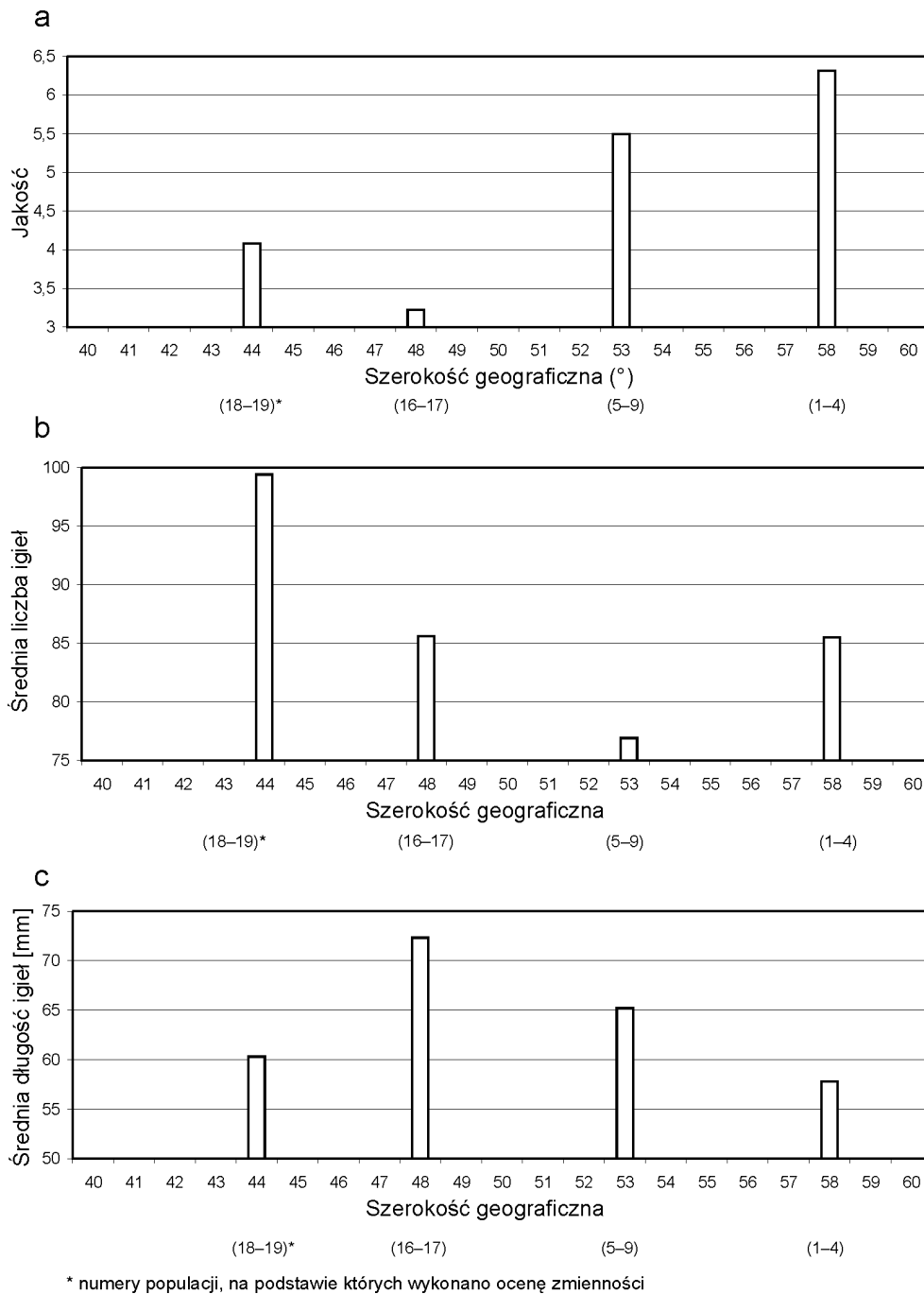
Pochodzenie	Prostość strzały*	Grubość gałęzi*	Kąt wyrastania gałęzi*	Szerokość korony*	Średnia sucha masa pędów [g]	Zawartość suchej masy w pędach [%]	Średnia liczba igieł na pędzie długości 5 cm	Średnia długość igieł [mm]
Roszczińska Dacza	1,25	1,49	2,09	1,08	105,8	47,5	77,7	56,4
Kondeżskoje	1,25	1,32	1,92	1,21	77,3	46,8	84,5	52,7
Serebrjanskoje	1,10	1,36	1,80	1,36	81,7	47,3	73,5	64,5
Silane	1,30	1,53	1,50	1,36	76,8	49,1	105,5	57,4
Mitomłyn	1,38	1,64	1,87	1,55	101,3	48,9	60,0	69,4
Supraśl	1,14	1,63	1,90	1,50	81,3	47,3	81,5	56,2
Spata	1,47	1,81	1,69	1,68	66,1	47,3	81,5	68,1
Rychtal	1,44	1,67	1,60	1,60	104,3	47,6	70,2	73,9
Bolevice	1,50	1,86	1,45	1,64	81,4	47,7	92,0	59,0
Neuhaus	1,60	1,92	1,57	1,66	95,3	45,4	71,5	72,2
Betzhorn	1,61	1,90	1,77	1,80	116,3	45,4	94,5	65,8
Lampertheim	2,79	2,54	2,41	2,62	88,9	44,8	62,0	73,4
Ardennes	2,17	2,26	1,86	2,36	87,4	47,9	84,0	65,3
Haguenau	2,83	2,54	2,35	2,49	84,0	45,2	83,0	79,4
Sumperget	1,62	1,66	2,12	1,04	70,1	49,1	77,2	54,7
Zahorie	2,10	2,05	1,75	2,35	67,6	46,3	82,5	69,8
Pornoapati	2,11	2,53	2,06	2,57	107,4	46,9	88,5	75,3
Maonica	1,74	1,83	1,79	2,08	76,7	46,6	99,5	56,5
Prusacka Rijeka	2,25	2,20	1,60	2,40	85,9	47,9	99,0	64,8
Catacik	1,71	1,57	1,42	1,78	90,6	46,7	92,5	60,3

* Wartości średnie według przyjętej skali



* numery populacji, na podstawie których wykonano ocenę zmienności

Ryc. 1. Zmienność cech adaptacyjnych populacji sosny pochodzeń europejskich



Ryc. 2. Zmienność cech adaptacyjnych populacji sosny pochodzeń europejskich

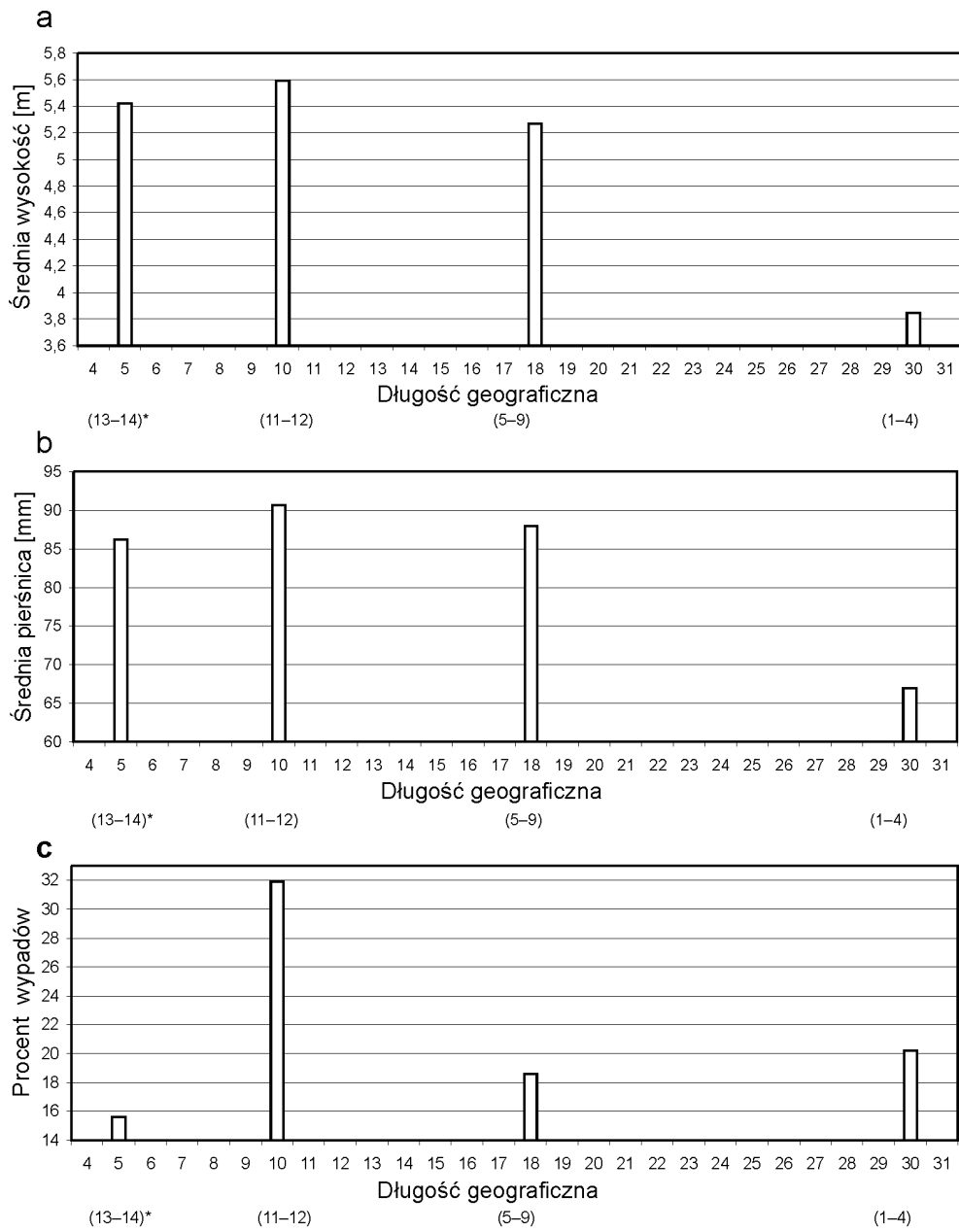
Zmienność klinalna związana z długością geograficzną w przypadku większości analizowanych cech nie jest już tak duża, chociaż i w tym przypadku można było obserwować pewne wyraźne tendencje. Pod względem średniej pierśnicy i wysokości różnice między populacjami zachodnio- i środkowoeuropejskimi były niewielkie, natomiast wyraźnie słabiej przyrastały populacje wschodnioeuropejskie (ryc. 3a, b). Pod względem procentu wypadów wyraźnie słabiej prezentują się populacje niemieckie (ryc. 3c), brak jest praktycznie różnic pod względem średniej liczby igieł (ryc. 4b), natomiast ich długość jest wyraźnie mniejsza u pochodzeń wschodnich i tym mniejsza, im dalej na wschód rosły populacje ich rodziców (ryc. 4a).

Największe różnicowanie klinalne związane z długością geograficzną uwidoczniło się pod względem cech jakościowych populacji (ryc. 4a). Dobrze przyrastające populacje zachodnie były bardzo słabe jakościowo, natomiast najlepszą jakością cechowały się populacje wschodnioeuropejskie. Pewne różnice występują również pod względem zawartości składników mineralnych, szczególnie między populacjami zachodnio- i wschodnioeuropejskimi. W drzewkach pochodzeń wschodnioeuropejskich stwierdzono wyraźnie mniej fosforu, potasu i magnezu, a wyraźnie więcej azotu, wapnia, cynku, miedzi i żelaza.

Obserwacje wykonane na powierzchni doświadczalnej w Sękocinie wykazały, że cechy przyrostowe populacji sosny są na ogół odwrotnie skorelowane z cechami jakościowymi. A zatem decyzje hodowlane dotyczące wyboru populacji do reprodukcji zależą w dużej mierze od celów, jakie sobie postawi hodowca. Jeśli się założy, że głównymi celami będą wybór pochodzeń do uprawy w lesie wielofunkcyjnym i produkcja różnych sortymentów drewna, trzeba pamiętać, że cechy jakościowe pochodzeń są co najmniej tak samo ważne jak cechy przyrostowe. Przyjmując takie założenie, określono sumaryczny wskaźnik wartości hodowlanej badanych populacji. Na podstawie tego wskaźnika wydzielono różniące się wyraźnie trzy grupy populacji (ryc. 5). Do pierwszej, o najwyższym wskaźniku, należą pochodzenia Rychtal, Miłomłyn i Bolewice oraz pochodzenie niemieckie Betzhorn. Do grupy pośredniej należą niektóre populacje zachodnioeuropejskie, dwie populacje z Polski: Supraśl i Spała, dwie populacje z krajów nadbałtyckich oraz proveniencja Pornoapati z Węgier, natomiast sosna północna, południowa oraz część populacji zachodnioeuropejskich (ze względu na jakość) i wschodnioeuropejskich (ze względu na przyrost) z hodowlanego punktu widzenia ma wartość niewielką.

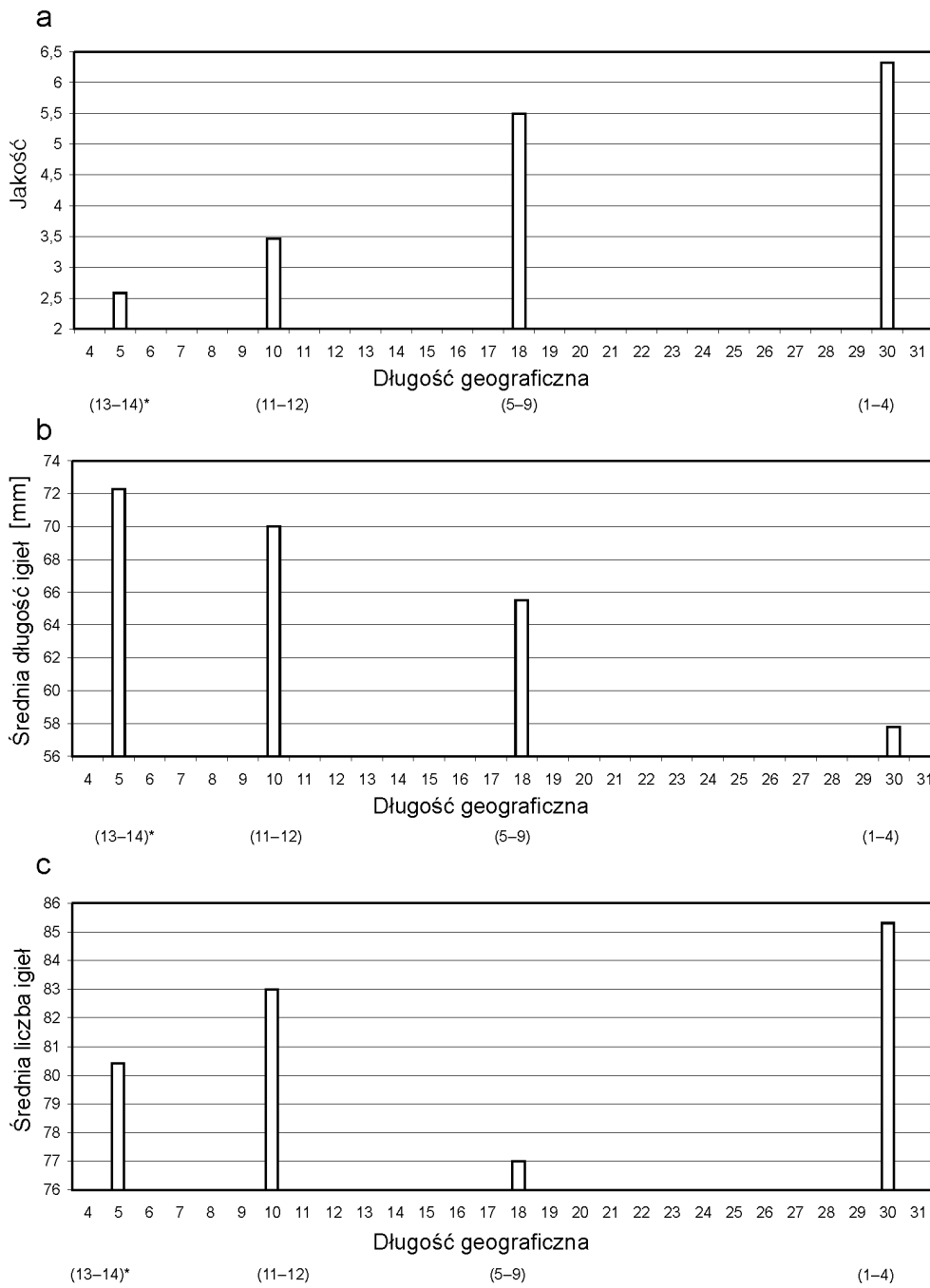
Zaprezentowane wyniki badań wskazują na występowanie zmienności cech przyrostowych w ramach europejskiego zasięgu sosny. Podobnie jak ma to miejsce w przypadku cech morfologicznych, zmienność ta ma charakter klinalny i w większości związana jest z szerokością geograficzną z optimum cech przyrostowych w zakresie 47–53° szerokości geograficznej północnej. Podobne wyniki uzyskali Giertych i Oleksyn [1992] oraz autor niniejszego opracowania [Matras 1989, 1994] na powierzchniach równoległych założonych w ramach doświadczenia IUFRO 82. Odmienny charakter zmienności wykazują cechy jakościowe oraz przeżywalność, ponieważ uwidocznił się wyraźny jednokierunkowy wzrost wartości tych cech w kierunku północnym.

Oleksyn i inni [1986] zaliczyli populacje z Litwy, Łotwy i częściowo z Estonii do grupy populacji o cechach przyrostowych zbliżonych do cech populacji środkowoeuropejskich. Nie w pełni jednak potwierdzają to wyniki przedstawionych badań. O ile bowiem produktywność pochodzeń środkowo- i zachodnioeuropejskich jest zbliżona, o tyle wszystkie populacje wschodnie charakteryzują się wyraźnie słabszym przyrostem, chociaż niewątpliwie są wyraźnie lepsze, szczególnie w porównaniu z populacjami zachodnimi, pod względem cech jakościowych



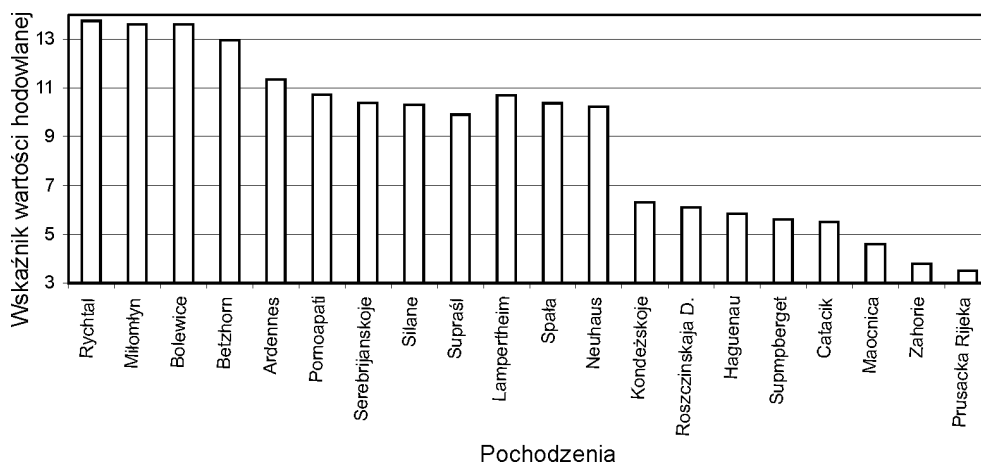
* numery populacji, na podstawie których wykonano ocenę zmienności

Ryc. 3. Zmienność cech adaptacyjnych populacji sosny pochodzeń europejskich



* numery populacji, na podstawie których wykonano ocenę zmienności

Ryc. 4. Zmienność cech adaptacyjnych populacji sosny pochodzeń europejskich



Ryc. 5. Wartość hodowlana populacji sosny pochodzeń europejskich

Podsumowując, można stwierdzić, że w Polsce zlokalizowane są najlepsze europejskie populacje sosny zwyczajnej. Charakterystyczną cechą sosny środkowoeuropejskiej jest również jej duża zdolność przystosowawcza do różnych warunków środowiskowych – od Turcji po Szwecję i od Kanady i USA aż po Ukrainę. Prawdopodobnie jest to związane z powstaniem w wyniku połączenia w epoce polodowcowej wschodniego i południowego zasięgu sosny, w związku z czym populacje środkowoeuropejskie cechują się bardzo bogatą pulą genetyczną oraz oddziaływaniem na te populacje zmiennych warunków strefy przejściowej między klimatem oceanicznym a kontynentalnym [Giertych 1991, 1993].

Wyniki badań pozwalają na następujące uogólnienia: europejskie populacje sosny zwyczajnej wykazują zmienność klinalną cech adaptacyjnych i jakościowych, związaną z szerokością geograficzną, na której rosną populacje rodzicielskie. Sumaryczny wskaźnik wartości hodowlanej populacji określony na podstawie cech ilościowych i jakościowych pozwala na zaliczenie polskich populacji Rychtal, Miłomłyn i Bolewice do najlepszych w europejskim zasięgu tego gatunku.

Literatura

- Białobok S.** 1967. Zmienność cech morfologicznych i fizjologicznych w zależności od środowiska. [W:] Zarys fizjologii sosny zwyczajnej, red. S. Białobok, W. Żelawski. PWN, Poznań, 9–32.
- Boratyński A.** 1993. Systematyka i geograficzne rozmieszczenie. [W:] Biologia sosny zwyczajnej, red. S. Białobok, A. Boratyński, W. Bugała. PAN, ID Kórnik, Poznań, 45–71.
- Giertych M.** 1991. Provenance variation in growth and phenology. [W:] Genetics of Scots pine, red. M. Giertych, C. Mátyás. Akadémiai Kiadó, Budapest, 87–101.
- Giertych M.** 1993. Zmienność proveniencyjna. [W:] Biologia sosny zwyczajnej, red. S. Białobok, A. Boratyński, W. Bugała. PAN, ID Kórnik, Poznań, 435–443.
- Giertych M., Oleksyn J.** 1992. Studies on genetic variation in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) coordinated by IUFRO. *Silvae Genetica*, 41(3), 133–143.

- Matras J.** 1989. Zmienność sosny pospolitej i hodowlana wartość jej proveniencji. Dokumentacja IBL.
- Matras J.** 1994. Zmienność sosny pospolitej i hodowlana wartość jej proveniencji. Dokumentacja IBL.
- Oleksyn J., Giertych M., Red'ko G.I.** 1986. Novyj vzgljad na geografičeskie kul'tury sosny obyknovennoj v.d. Ogievskiego. Lesn. Žurn., 6, 20–24.
- Pravdin L.F.** 1964. Sosna obyknovennaja. Izmenčivost' vnutrividovaja, sistematika i selekcija (Scots pine, Variability, Systematics and Improvement). Nauka, Moskva.
- Przybylski T.** 1970a. Morfologia. [W:] Sosna zwyczajna. Nasze Drzewa Leśne, 1, red. S. Białobok. PWN, Warszawa, Poznań, 124–151.
- Przybylski T.** 1970b. Zmienność sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) polskich proveniencji. Zakład Dendrologii i Arboretum Kórnickie PAN, Kórnik.
- Staszkiwicz J.** 1970. Systematyka i zmienność. [W:] Sosna zwyczajna. Nasze Drzewa Leśne, 1, red. S. Białobok. PWN, Warszawa, Poznań, 55–77.
- Svoboda P.** 1953. Lesni dřeviny a jejich porosty, 1. Statni Zemed. Nakład, Praha.
- Viadković M.** 1991. Conifers morphology and variation. Grafički zavod Mrvatske, Zagreb.
- Wright, J.W., Bull W.I.** 1963. Geographic variation in Scots pine. *Silvae Genetica*, 12(12), 1–40.

Ocena zmienności rodowej sosny pospolitej w plantacyjnych uprawach nasiennych

Jan Kowalczyk*

W Polsce podstawowym kierunkiem w selekcji jest selekcja populacyjna [Matras i in. 1993]. Uzupełnieniem selekcji populacyjnej jest selekcja indywidualna. W ramach selekcji indywidualnej dokonuje się na szeroką skalę wyboru drzew doborowych. Wybór ten jest oparty na zmienności fenotypowej. Na obecnym etapie zaawansowania tych prac konieczna jest informacja o wartości genetycznej wybranych fenotypowo drzew. Informację taką można uzyskać, oceniając zmienność rodową w plantacyjnych uprawach nasiennych. Sosna pospolita jest gatunkiem, który jest najliczniej reprezentowany na plantacyjnych uprawach nasiennych w Polsce. Oceniając zmienność rodową, badano jedną z plantacyjnych upraw nasiennych sosny pospolitej.

Plantacyjna uprawa nasenna jest to powierzchnia gospodarcza, której celem jest produkcja nasion ulepszonych pod względem genetycznym i o znanym pochodzeniu. Plantacyjne uprawy nasienne zakłada się według metodyki opracowanej w Instytucie Badawczym Leśnictwa. Plantacyjne uprawy nasienne zakładane są przez administrację Lasów Państwowych. Nad pracami związanymi z plantacjami merytoryczny nadzór sprawuje Zakład Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych Instytutu Badawczego Leśnictwa. Na powierzchniach tych wysadza się potomstwa drzew doborowych, które dalej nazywane będą rodami. Są to rody z wolnego zapylenia „half sib”, tzn. drzewka, których matką jest drzewo doborowe, a ojcowie nie są dokładnie znani. Przyjmuje się, że ojcowie pochodzą z otaczającego drzewostanu. Rody wysadza się na powierzchni w losowy sposób, z zachowaniem jednak minimalnych odległości pomiędzy tymi samymi potomstwami. Z założenia, na powierzchni przewidziane są schematyczne cięcia przerzedzające, dlatego rody rozmieszczane są w taki sposób, aby po przeprowadzeniu cięcia schematycznego nie został wyeliminowany żaden z rodów.

Obliczenia wartości zmienności genetycznej i środowiskowej można wykonać za pomocą metody analizy wariancji poprzez wydzielenie odpowiednich składników (komponentów wariancji) z poszczególnych źródeł zmienności. Możliwe jest to dzięki temu, że rody na plantacyjnych uprawach nasiennych są rozmieszczone losowo w kilkunastu powtórzeniach. Ogólnie przyjmuje się następujący model doświadczenia:

$$\text{wartość cechy} = \mu + R_m + E_n$$

gdzie:

- μ – średnia ogólna dla doświadczenia,
- R_m – wpływ rodu m ,
- E_n – błąd losowy.

* Zakład Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych, Instytut Badawczy Leśnictwa w Warszawie

Obliczone średnie kwadraty dla rodów i dla błędu można przyrównać do oczekiwanych średnich kwadratów, co pozwala obliczyć komponenty wariancji. Na podstawie wartości tych komponentów można obliczyć odziedziczalność rodową i indywidualną według wzorów przedstawionych w postaci tabelarycznej [Giertych i Mąka 1994].

Schemat analizy wariancji i wzory do obliczania odziedziczalności.

Źródło zmienności	Stopnie swobody	Oczekiwany średni kwadrat	F
Razem	$N-1$		
Rody	$R-1$	$\hat{\sigma}_E^2 + n\hat{\sigma}_R^2 = A$	A/B
Wariancja resztowa	$(N-1)-(R-1)$	$\hat{\sigma}_E^2 = B$	

N – ogólna liczba drzew,

R – liczba rodów,

$n = (\sum s_i - \sum s_i^2 / \sum s_i) / (R-1)$ – średnia liczba drzew w rodzie [Becker 1984],

$\sum s_i$ – liczba drzew w rodzie i ,

σ_E^2 – komponent wariancji dla błędu,

σ_R^2 – komponent wariancji rodowej,

$V_F = \sigma_E^2 + \sigma_R^2$ – wariancja fenotypowa,

$h_R^2 = \sigma_R^2 / (\frac{\sigma_E^2}{n} + \sigma_R^2) = (A - B) / A$ – odziedziczalność rodowa,

$h_S^2 = 4\sigma_R^2 / (\sigma_E^2 + \sigma_R^2) = 4\sigma_R^2 / V_F$ – odziedziczalność indywidualna.

Optymalizacji selekcji ukierunkowanej równocześnie na kilka cech służą tzw. indeksy selekcyjne. Przykładem zastosowania indeksów selekcyjnych może być optymalizacja selekcji ze względu na produktywność surowca drzewnego i jednocześnie na jakość sortymentów drzewnych. Problematyka indeksów selekcyjnych jest szeroko omówiona w literaturze [Namkoong 1979, White i Hodges 1989, Falconer i Mackay 1996].

W selekcji używano wielu rodzajów indeksów selekcyjnych, od najprostszych do zaawansowanych, opartych na eliminacji korelacji i rachunku macierzowym oraz na zestawach równań z wieloma niewiadomymi. Wartość indeksowa zwykle jest sumą wartości każdej z badanych cech. Aby różne cechy można było sumować, powinny one zostać wyrażone we wspólnych jednostkach. W tym celu przeprowadza się standaryzację wszystkich analizowanych cech. Standaryzacja polega na wyrażeniu różnicy pomiędzy wartością cechy a średnią w jednostkach odchylenia standardowego:

$$P = (x - \bar{X}) / s$$

gdzie:

P – wartość cechy w jednostkach odchylenia standardowego,

\bar{X} – średnia fenotypowa wartość cechy (np. średnia wysokość dla rodu w metrach),

x – fenotypowa wartość cechy (np. wysokość drzewa w metrach),

s – odchylenie standardowe cechy (np. odchylenie standardowe wysokości w rodzie).

Podstawowy indeks wprowadzony w 1962 r. przez Williamsa zakłada, że wartość indeksową każdego osobnika można przedstawić jako sumę współczynników ważących znaczenie ekonomiczne cech (w) i mierzalnych wartości fenotypowych (P) tego osobnika dla różnych cech:

$$I = w_1P_1 + w_2P_2 + \dots + w_iP_i$$

Indeks ten nie uwzględnia genetycznych uzależnień cech. Teoretycznym założeniem jest, że cechy od P_1 do P_i mają równe współczynniki odziedziczalności. Dlatego też rozszerzono indeks podstawowy o indywidualną odziedziczalność dla każdej cechy [h^2_i]:

$$I = w_1h_1^2P_1 + w_2h_2^2P_2 + \dots + w_ih_i^2P_i$$

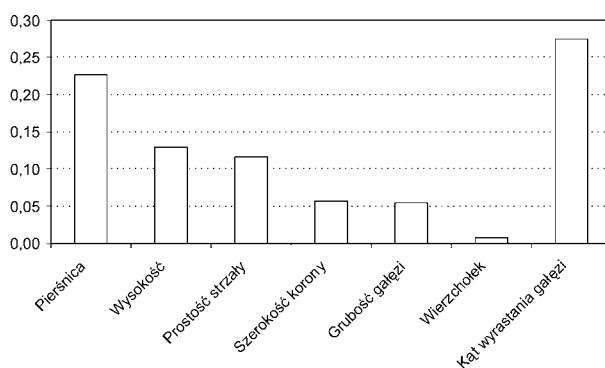
Ten rodzaj indeksu jest oparty na założeniu, że wartość selekcyjną każdego drzewa pod względem danej cechy można wyrazić jako iloczyn odziedziczalności i mierzalnej wartości fenotypowej:

$$I = h^2P$$

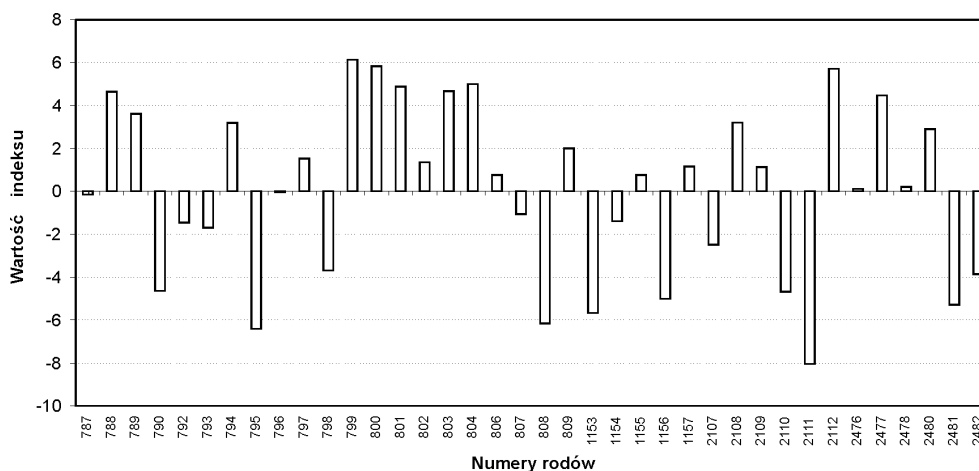
Znając odziedziczalność interesujących nas cech, możemy ocenić wartość genetyczną potomstwa drzewa doborowego w relacji do innych potomstw, o czym decyduje intensywność selekcji. Intensywność selekcji jest współczynnikiem, który informuje, w jakim stopniu wybrany osobnik pod względem danej cechy różni się od średniej dla populacji. Potrzebny nam jest też szacunek wartości ekonomicznej każdej cechy. Wówczas ocenę potomstwa możemy przedstawić jako sumę iloczynów odziedziczalności, intensywności selekcji oraz wartości ekonomicznej dla każdej z badanych cech, co składa się na indeksową wartość potomstwa [Giertych i Mąka 1994].

Jednym z głównych celów oceny zmienności rodowej jest wyznaczenie jej składników i dziedziczności, czyli wybór cech, na których można byłoby się opierać w programie selekcyjnym. Cecha jest tym ważniejsza, im jej odziedziczalność jest większa i wyższa jest jej ranga pod względem przyjętego celu w hodowli selekcyjnej.

Praktyczny przykład oceny zmienności rodowej na plantacyjnej uprawie nasiennej sosny pospolitej przedstawiono na rycinach 1 i 2.



Ryc. 1. Odziedziczalność indywidualna wybranych cech sosny pospolitej w wieku dwunastu lat, na plantacyjnej uprawie nasiennej w Nadleśnictwie Syców



Ryc. 2. Indeksowa wartość rodów na plantacyjnej uprawie nasiennej sosny pospolitej w nadleśnictwie Syców

Reasumując, można stwierdzić, że:

- ocenę zmienności rodowej można wykonać jedynie na takich powierzchniach, na których znane jest pochodzenie drzew (np. wiemy, kto jest matką drzewa),
- na zmienność fenotypową (V_F) (zespół morfologicznych, anatomicznych, fizjologicznych i biochemicznych cech organizmu żywego wykształcony w trakcie jego rozwoju osobniczego) składa się wpływ czynników wewnętrznych, genetycznych (V_G) i środowiskowych, (V_S),
- obliczenia wartości zmienności genetycznej i środowiskowej można wykonać za pomocą metody analizy wariancji, poprzez wydzielenie odpowiednich składników (komponentów wariancji) z poszczególnych źródeł zmienności,
- ocenę potomstwa można przedstawić jako sumę iloczynów odziedziczalności (składnik genetyczny), intensywności selekcji oraz wartości ekonomicznej dla każdej z badanych cech, co składa się na indeksową wartość rodu.

Literatura

- Falconer D.S., Mackay T.F.C.** 1996. Introduction to Quantitative Genetics. Longman.
- Giertych M., Mąka A.** 1994. Ocena indeksowa dziesięcioletnich rodów sosny (*Pinus sylvestris* L.) z kontrolowanych krzyżówek na plantacji nasiennej. Arboretum Kórnickie, 39, 87–107.
- Matras J. (kier. zesp.), Burzyński G., Czart J., Fonder W., Korczyk A., Puchniarski T., Tomczyk A., Załęski A.** 2000. Program zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew leśnych w Polsce na lata 1991–2010. DGLP, IBL, Warszawa. wyd. II poprawione.
- Namkoong G.** 1979. Introduction to quantitative genetics in forestry. Technical Bulletin No 1588, Forest Service United States Department of Agriculture, Washington, D.C.
- White T.L., Hodge G.R.** 1989. Predicting breeding values with applications in forest tree improvement. Dordrecht Kluwer Academic Publishers.

Zmienność wewnątrzgatunkowa świerka w doświadczeniu IUFRO 1972

Jan Matras*

Istota badań

Specyficzne warunki panujące na terenie Polski oraz historyczne uwarunkowania związane z okresami zlodowaceń i migracją gatunków z różnych ostoi sprawiły, że świerk pospolity występujący na terenie naszego kraju tworzy trzy odrębne podzasięgi rozdzielone tzw. pasami bezświerkowymi – dysjunkcjami – środkowopolską i karpacką [Kocięcki 1980b]. Jest to jeden z głównych czynników powodujących występowanie znacznego zróżnicowania tego gatunku w Polsce. Dodatkowym zwiększającym je czynnikiem jest ukształtowanie się tzw. populacji brzegowych (populacji rosnących na granicach zasięgu). Ulegały one silnej presji selekcyjnej, w czego wyniku powstawały populacje o specyficznej strukturze genetycznej odmiennej niż u świerka z centralnych obszarów zasięgu tego gatunku. Występowanie u świerka bardzo dużej zmienności zarówno cech morfologicznych, jak i przyrostowych potwierdzają wyniki wielu dotychczasowych badań [Gohrn 1966, Fober i Giertych 1971, Lines 1974, Giertych 1976, 1987a, b, 1991, Holubčík 1979, Holzer 1981, Giertych i Królikowski 1982, Barzdajn 1995, 1996a, b, c].

Badania międzypopulacyjnej i wewnątrzpopulacyjnej zmienności świerka pospolitego prowadzone są w Zakładzie Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych (do 1990 r. Zakładzie Nasiennictwa i Selekcji) Instytutu Badawczego Leśnictwa od szeregu lat. W kolejnych okresach zakres tych badań był różny i obejmował różne populacje i obszary występowania świerka w Polsce. Pierwsze, długookresowe badania zmienności genetycznej świerka rozpoczęto w Zakładzie w latach sześćdziesiątych XX w. w ramach projektu badawczego Nr 21-FS-17 finansowanego przez Stany Zjednoczone Ameryki Północnej. Wyniki tych badań zostały przedstawione bardzo szczegółowo m.in. w opracowaniach Tyszkiewicza [1968] oraz Tyszkiewicza i innych [1969]. Wykazały one występowanie znacznego zróżnicowania cech morfologicznych i przyrostowych populacji północnych – nizinnych i południowych – górskich oraz istotne zróżnicowanie populacji górskich – sudeckich, zachodniokarpackich i wschodniokarpackich. Udowodniły też, że występująca w Karpatach tzw. dysjunkcja karpacka nie jest spowodowana, jak to początkowo tłumaczono, warunkami glebowymi i działalnością człowieka, ale jest związana z refugiami świerka w okresie zlodowaceń i kierunkami jego migracji w okresie postglacjalnym [Kocięcki 1980a, b]. Według Kocięckiego [1980a] świerk występujący obecnie w Sudetach i Karpatach Zachodnich należy do zasięgu hercyńsko-zachodniokarpackiego i przywędrował na obecne tereny z ostoi alpejskich, natomiast świerk bieszczadzki – populacja Tarnawa jest populacją brzegową zasięgu wschodniokarpackiego.

* Zakład Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych, Instytut Badawczy Leśnictwa w Warszawie

Badania rozpoczęte w ramach omawianego projektu są w Zakładzie kontynuowane. Ze stałych powierzchni doświadczalnych założonych w czasie pierwszego etapu badań pozyskano nasiona, które posłużyły do założenia nowych serii powierzchni proweniencyjnych.

Szczególnie wiele informacji na temat zachowania się poszczególnych pochodzeń mogą dostarczyć powierzchnie doświadczalne założone w ramach serii w 1972 r. Zasadniczym celem badań prowadzonych na stałych powierzchniach doświadczalnych jest poznanie fenotypowej zmienności cech morfologicznych i przyrostowych świerka rodzimego występującego w ramach podzasięgów naturalnych tego gatunku w Polsce. Jednym z ważnych celów tych nadal prowadzonych badań jest poznanie zmienności genetycznej polskich populacji świerka oraz określenie ich plastyczności, czyli możliwości dostosowywania się do różnych warunków ekologicznych. Dane takie można uzyskać z powierzchni równoległych, w których bada się wzrost różnych populacji w takich samych warunkach ekologicznych i takich samych populacji w różnych warunkach ekologicznych.

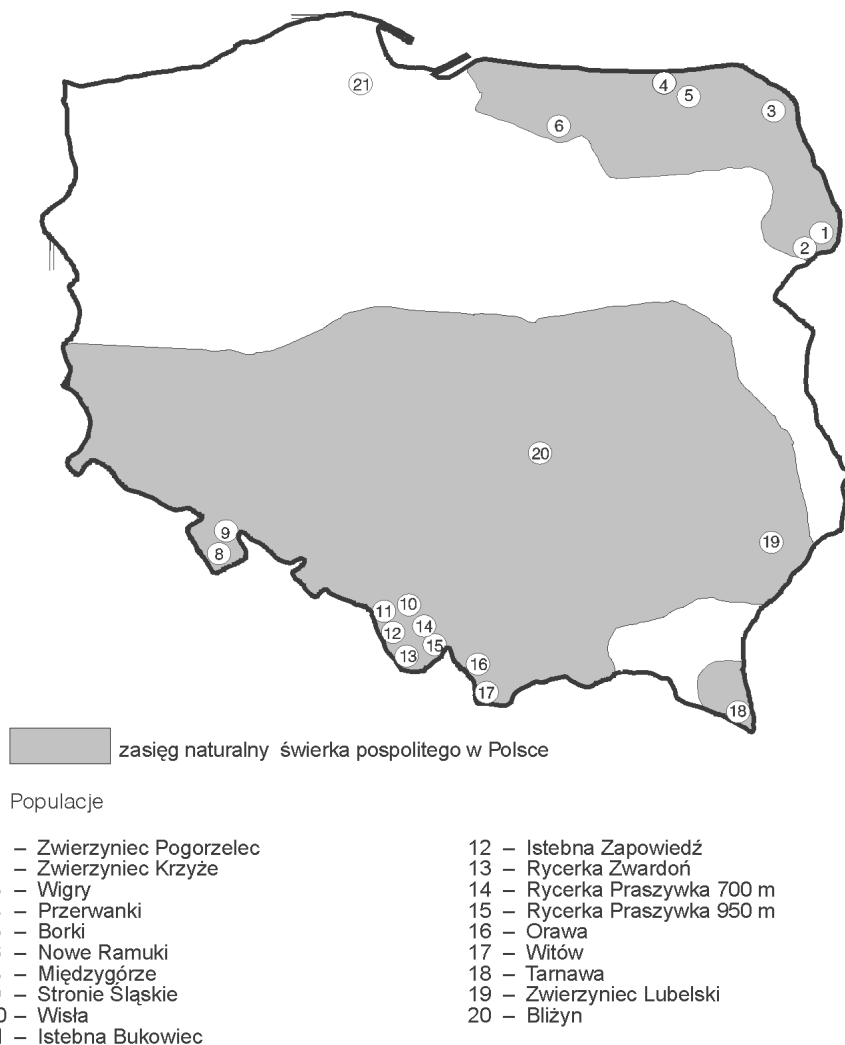
Powierzchnie doświadczalne

Materiały do doświadczenia, nazywanego obecnie IUFRO 1972, zebrano w dwóch sezonach wegetacyjnych: 1965/66 i 1971/1972 na stałych powierzchniach badawczych. Lokalizację tych powierzchni przedstawiono na rycinie 1. Dysponując bogatym materiałem oraz dążąc do maksymalnego zwiększenia liczby powierzchni i zróżnicowania warunków wzrostowych, w trzynastu krajach Europy i w Kanadzie założono łącznie kilkadziesiąt powierzchni doświadczalnych, w tym pięć w Polsce. Z dwóch powierzchni prowadzonych przez Zakład, jedna, założona w 1976 r. w Istebnej, została zniszczona przez pożar. Pozostałe są prowadzone przez Instytut Dendrologii PAN w Kórniku, SGGW-AR w Warszawie i AR w Poznaniu. Doświadczenie zostało uznane przez Międzynarodowy Związek Leśnych Instytutów Badawczych za doświadczenie IUFRO. Szczegółowe informacje o doświadczeniu znaleźć można w wielu publikacjach poświęconych badaniom proweniencyjnym nad świerkiem pospolitym [Kocięcki 1980a, b, Kocięcki i in. 1990, Matras 1993, Matras i in. 1996].

Zgodnie z przyjętymi założeniami w Zakładzie gromadzi się informacje z poszczególnych powierzchni (publikowane lub uzyskane bezpośrednio od prowadzących powierzchnie badawcze) i opracowuje okresowo zbiorcze zestawienia wyników doświadczenia IUFRO 1972, które są prezentowane na krajowych i międzynarodowych konferencjach hodowlanych i spotkaniach grup roboczych IUFRO. Ostatnie takie zestawienie przygotowano i opublikowano w materiałach z Sympozjum IUFRO S2.2-11, które odbyło się na Łotwie w 1993 r. [Matras 1993].

Zróżnicowanie cech wzrostowych

Syntetyczne wyniki doświadczenia IUFRO 1972 przedstawiono w jednostkach odchylenia standardowego w zestawieniu tabelarycznym (patrz tabela). Zróżnicowanie cech przyrostowych jest w skali całego doświadczenia bardzo duże i wynosi od +2,906 do -3,277 jednostek odchylenia standardowego. Poszczególne populacje wykazują jednak odmienną reakcję na warunki wzrostu, dlatego konieczne jest omawianie wyników oddzielnie dla każdej powierzchni doświadczalnej lub co najwyżej grup powierzchni zlokalizowanych w poszczególnych krajach.



Ryc. 1. Lokalizacja populacji świerka pospolitego reprezentowanych w doświadczeniu IUFRO 1972

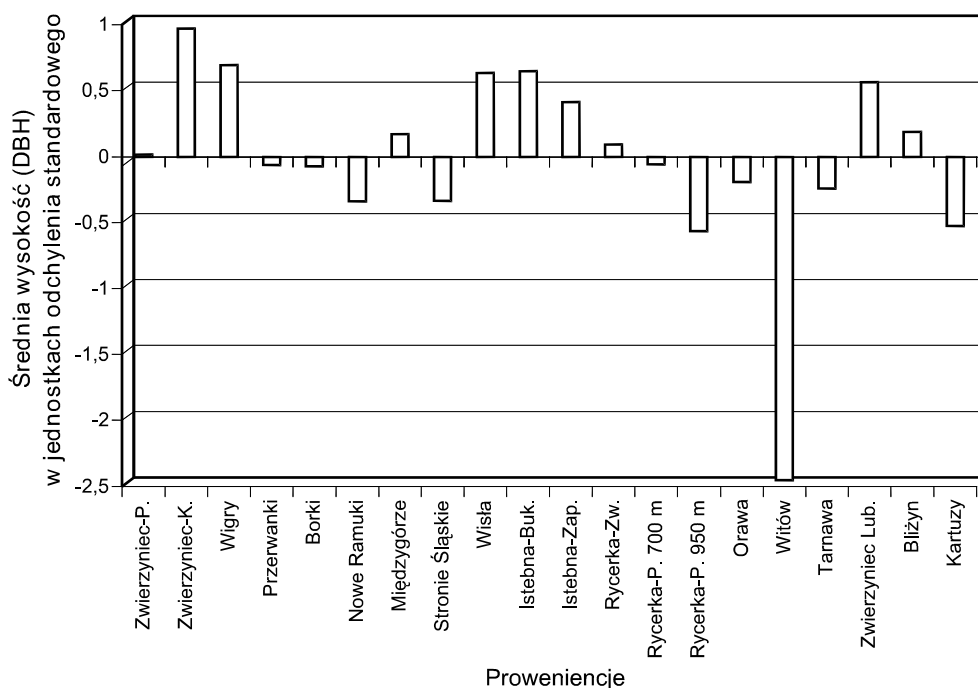
Średnie wyniki przyrostu populacji na powierzchniach doświadczalnych w Polsce (ryc. 2) (dane z czterech powierzchni) pozwalają na wydzielenie czterech grup pochodzeń różniących się istotnie pod względem analizowanej cechy wyrażonej w jednostkach odchylenia standardowego:

I – populacje bardzo dobrze przyrastające ($< 0,5$), Zwierzyniec Krzyże, Wigry, Wisła, Istebna Bukowiec, Zwierzyniec Lubelski,

II – populacje dobrze przyrastające ($> 0 < 0,5$), Zwierzyniec Pogorzelec, Międzygórze, Istebna Zapowiedź, Rycerka Zwardoń, Bliżyn,

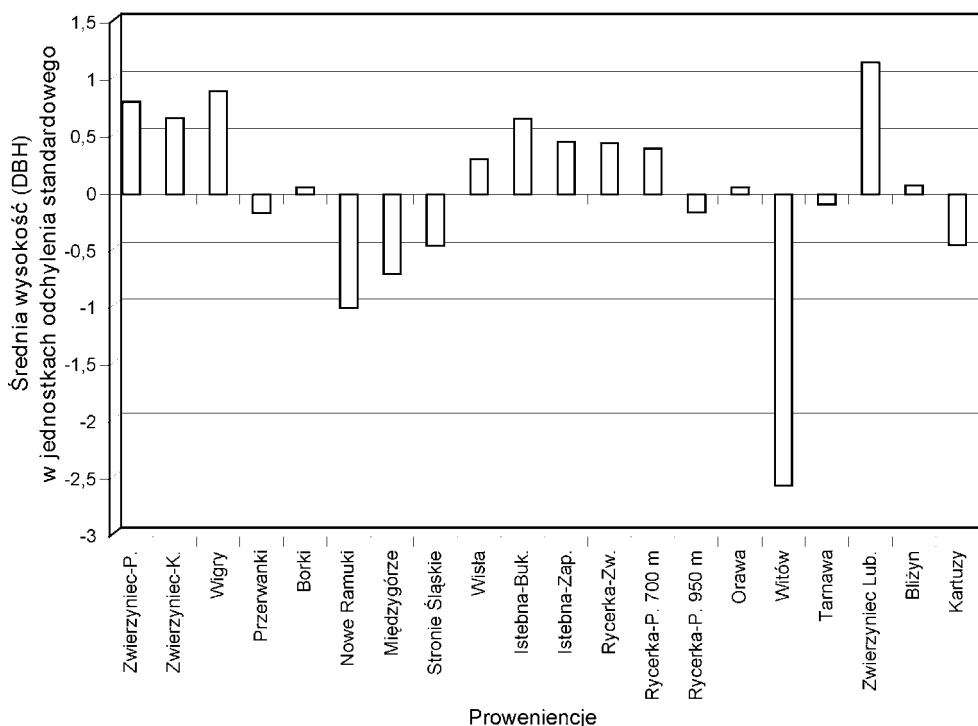
III – populacje słabo przyrastające ($> -0,5 - < 0$): Przerwanki, Borki, Nowe Ramuki, Stronie Śląskie, Rycerka Praszywka 700, Orawa i Tarnawa.

IV – populacje bardzo słabo przyrastające ($> -0,5$): Rycerka Praszywka 950, Witów oraz Kartuzy.



Ryc. 2. Przyrost świerka pospolitego różnych proveniencji w doświadczeniu IUFRO 1972 – średnia dla powierzchni w Polsce

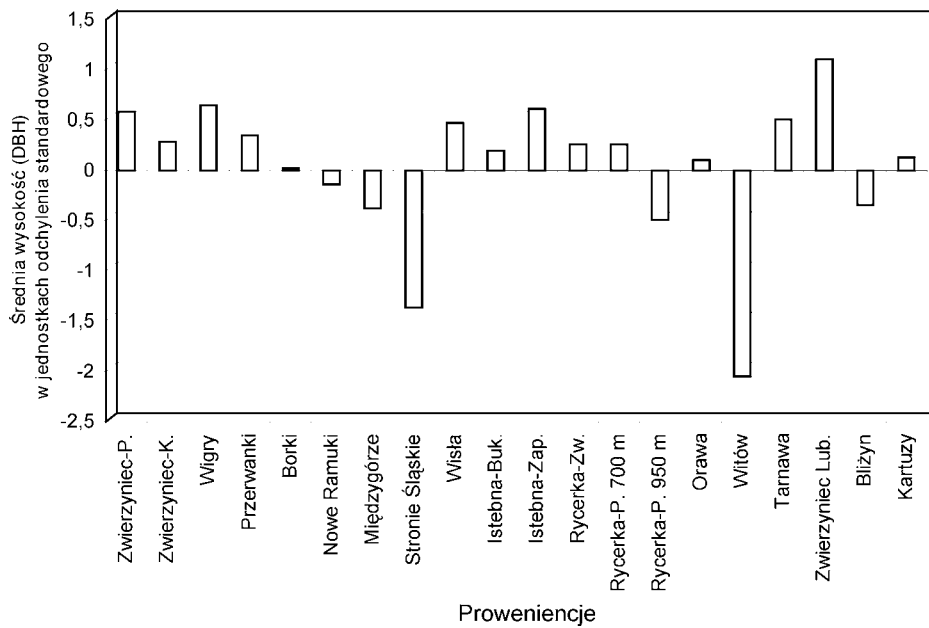
Odmienne niż na powierzchniach w Polsce zachowują się populacje na powierzchniach w Słowacji (ryc. 3). Do grupy I – populacji najlepszych, zgodnie z przyjętym podziałem według odchylenia standardowego, należą: Zwierzyniec Pogorzelec, Zwierzyniec Krzyże, Wigry – populacje należące do zasięgu północno-wschodniego i tylko dwie populacje południowe, w tym jedna górską – Istebna Bukowiec, oraz Zwierzyniec Lubelski. Grupę drugą (II) tworzą populacje: Borki, Wisła, Istebna Zapowiedź, Rycerka Zwardoń, Rycerka Praszywka 700, Orawa i Bliżyn. Do grupy III należą populacje: Przerwanki, Stronie Śląskie, Rycerka Praszywka 950, Tarnawa i Kartuzy, a do ostatniej (IV) – Nowe Ramuki, Międzygórze i Witów. Na powierzchniach słowackich populacje sudeckie należą do bardzo słabo przyrastających – średnie wartości analizowanych cech lokalizują się zawsze poniżej średniej ogólnej dla powierzchni i, co ciekawe, świerk z Międzygórze w tych warunkach okazał się populacją wyraźnie słabszą od świerka ze Stronia Śląskiego.



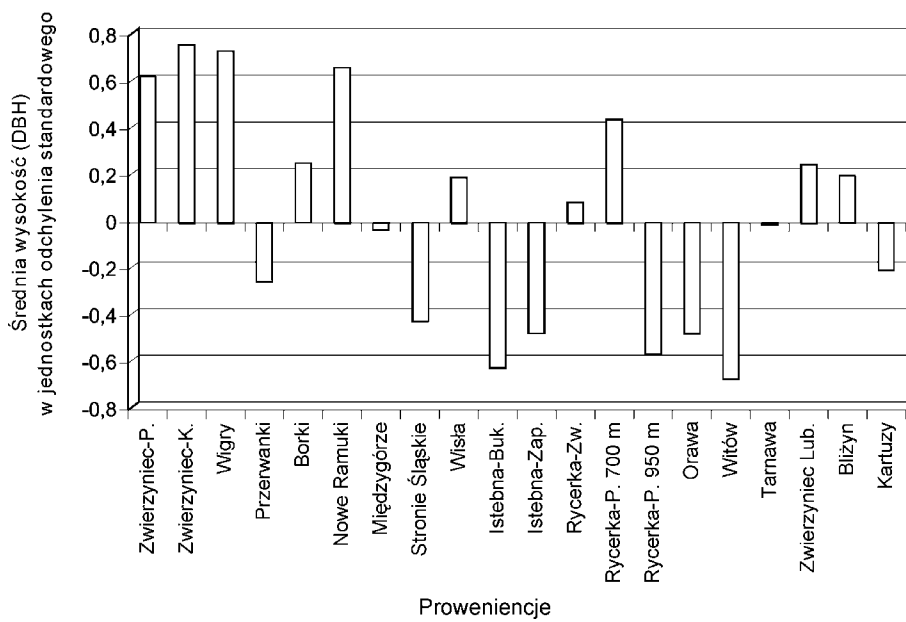
Ryc. 3. Przyrost świerka pospolitego różnych proveniencji w doświadczeniu IUFRO 1972 – średnia dla powierzchni na Słowacji

Wzrost polskich populacji świerka w Niemczech jest w przypadku niektórych pochodzeń podobny do wzrostu na powierzchniach polskich, a innych do zachowania się tych populacji na powierzchniach słowackich. Stwierdzone różnice polegają głównie na pewnych przesunięciach w ramach sąsiednich grup. O wyraźnych różnicach można jedynie mówić w przypadku kilku populacji. Proweniencja Tarnawa, przyrastająca w Polsce i Słowacji poniżej średniej, w warunkach niemieckich należy do najlepiej przyrastających (czwarte miejsce w rankingu). Świerk z Nowych Ramuk bardzo słabo przyrastający na powierzchniach w Polsce i Słowacji (średnia wysokość w jednostkach odchylenia standardowego -1,0 oprócz powierzchni w Knyszynie) w warunkach niemieckich oscyluje wokół średniej, natomiast odmiennie zachowuje się populacja Stronie Śląskie należąca na powierzchniach niemieckich do ostatniej (IV) – najgorszej grupy pod względem przyrostu (ryc. 4). Tylko na jednej powierzchni doświadczalnej przyrost tej populacji plasował się powyżej średniej. Niewiele lepsze wyniki uzyskano w przypadku populacji Międzygórze (dodatnie wartości tylko na dwóch powierzchniach z dziewięciu).

Odmienne zachowują się polskie populacje w Finlandii. Generalnie do I grupy – populacji najlepszych – należą wyłącznie populacje z zasięgu północno-wschodniego, oprócz świerka z Przerwanek należącego do grupy III. Spośród populacji południowych do dobrze przyrastających (II grupa) należą populacje: Wisła, Rycerka Zwardoń, Rycerka Praszywka 700, Zwierzyniec Lubelski i Bliżyn. Takie populacje, jak Istebna Bukowiec i Rycerka Praszywka 950 przyrastają w Finlandii niewiele lepiej od populacji Witów i należą do grupy IV (ryc. 5).



Ryc. 4. Przyrost świerka pospolitego różnych proveniencji w doświadczeniu IUFRO 1972 – średnia dla powierzchni w Niemczech



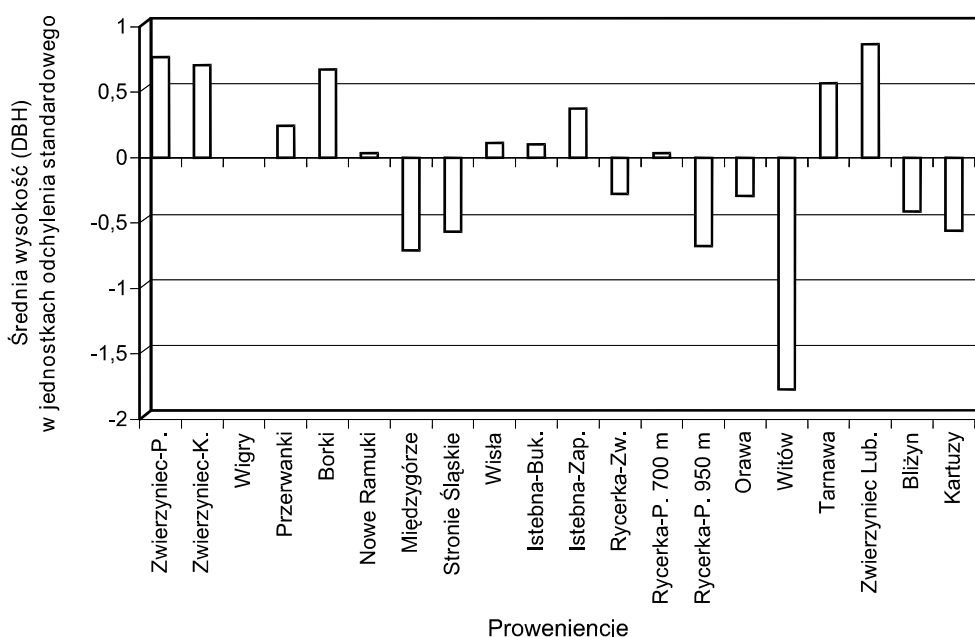
Ryc. 5. Przyrost świerka pospolitego różnych proveniencji w doświadczeniu IUFRO 1972 – średnia dla powierzchni w Finlandii

Populacje sudeckie w tych warunkach, pomimo że zaliczone zostały do grupy III, nie prezentują się najgorzej. Świerk z Międzygórza lokalizuje się w uszeregowaniu na pozycji jedenastej, ze średnią wartością przyrostu zbliżoną do średniej ogólnej, a niewiele mu ustępuje populacja Stronie Śląskie.

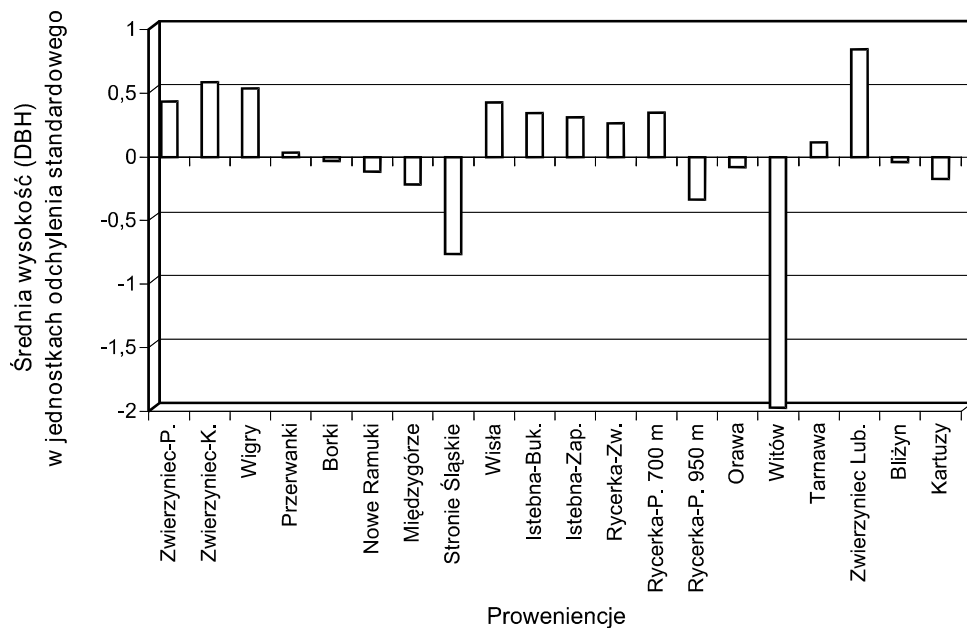
Na powierzchniach w Kanadzie zachowanie się populacji nizinnych z zasięgu północnego jest podobne jak na powierzchniach w Finlandii. Populacje te lokują się głównie w I – najlepszej grupie lub w grupie II (wskaźnik wzrostu zawsze powyżej zera). Do grupy I z populacji południowych można zaliczyć jedynie pochodzenia Zwierzyniec Lubelski i Tarnawa, populacje beskidzkie przyrastają raczej przeciętnie i mieszczą się głównie w grupach II i III. Bardzo słabo przyrastają pochodzenia sudeckie – Rycerka Praszówka 950 oraz Kartuzy. Wszystkie te pochodzenia zaliczono do grupy IV (ryc. 6).

Zachowanie się poszczególnych populacji w Europie przedstawiono na rycinie 7, a w całym doświadczeniu – na rycinie 8. Przyjmując przyjęte wcześniej kryteria grupowania populacji na podstawie średnich dla całego doświadczenia, można wyróżnić następujące grupy:

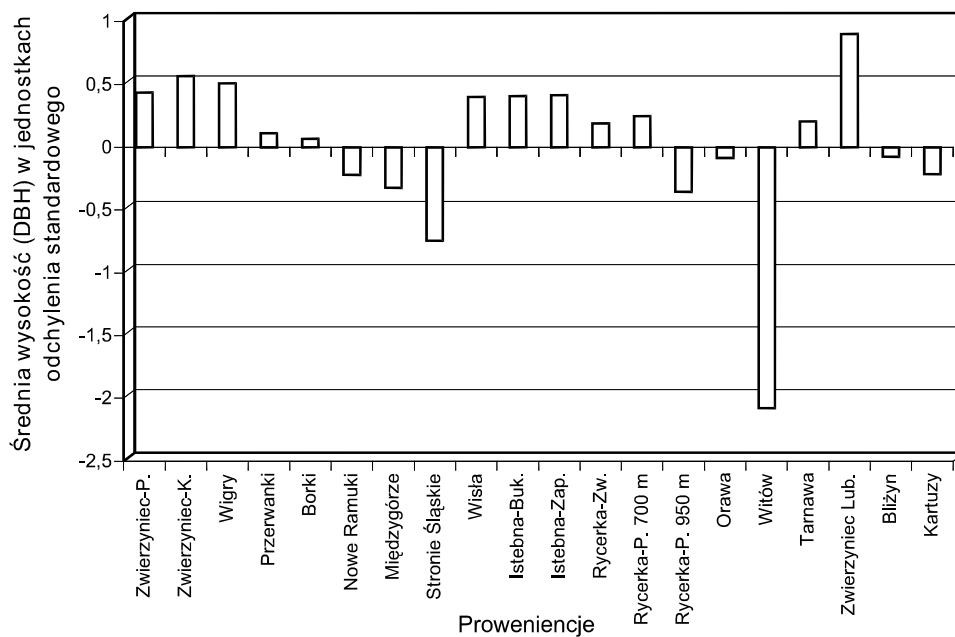
- populacje bardzo dobrze przyrastające ($< 0,5$): Zwierzyniec Krzyże, Wigry, Zwierzyniec Lubelski,
- populacje dobrze przyrastające ($> 0 - < 0,5$): Zwierzyniec Pogorzelec, Przerwanki, Borki, wszystkie populacje beskidzkie oprócz Rycerki Praszówki 950 i Orawy, oraz Tarnawa należąca do zasięgu wschodnio-karpackiego,
- populacje słabo przyrastające ($> -0,5 - < 0$), Nowe Ramuki, Międzygórze, Rycerka Praszówka 950, Orawa, Bliżyn i Kartuzy,
- populacje bardzo słabo przyrastające ($> -0,5$) – Stronie Śląskie i Witów.



Ryc. 6. Przyrost świerka pospolitego różnych proveniencji w doświadczeniu IUFRO 1972 – średnia dla powierzchni w Kanadzie



Ryc. 7. Przyrost świerka pospolitego różnych proveniencji w doświadczeniu IUFRO 1972 – średnia dla powierzchni europejskich



Ryc. 8. Przyrost świerka pospolitego różnych proveniencji w doświadczeniu IUFRO 1972 – średnia dla wszystkich powierzchni

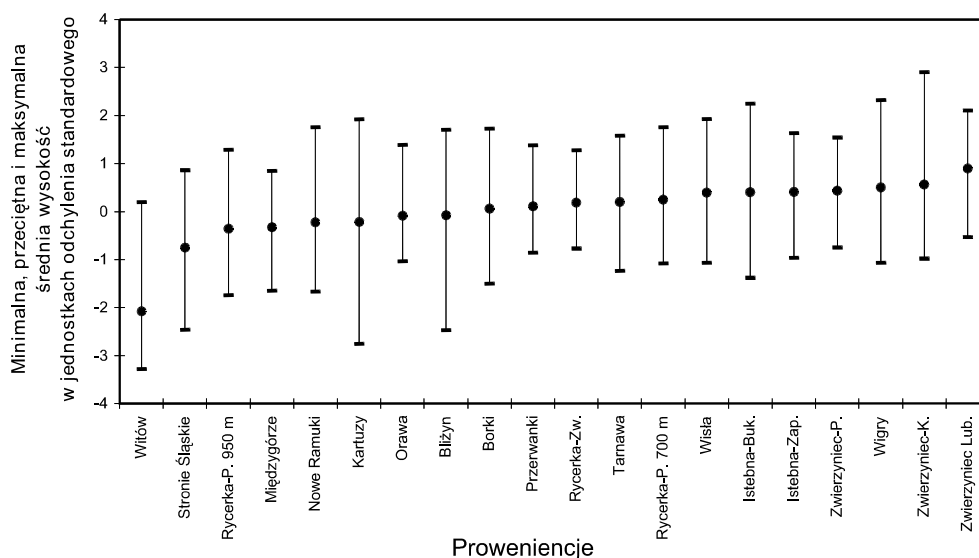
Plastyczność populacji

Zróżnicowanie pod względem plastyczności badanych proveniencji określono maksymalną rozpiętością uszeregowania populacji na czterech powierzchniach doświadczalnych w Polsce. Zmienność tej cechy ma charakter odmienny niż zmienność przyrostu. W przypadku wszystkich populacji, które analizowano na powierzchniach polskich plastyczność ulega zmianom na ogół w sposób ciągły. Nie biorąc pod uwagę świerka z Witowa, który zajmował na trzech powierzchniach dwukrotnie ostatnią i raz przedostatnią pozycję, ustalono, że pod względem tej cechy populacji rozpiętość uszeregowania na czterech powierzchniach wynosi od 1 do 17 pozycji. Kolejne pozycje w takim uszeregowaniu zajmują populacje: Wigry (1), Przerwanki (2) – dane z trzech powierzchni, Orawa (4), Rycerka Praszywka 950 (5), Borki (6), Istebna Zapowiedź i Zwierzyniec Lubelski (7), Międzygórze (9), Wisła (10), Istebna Bukowiec i Stronie Śląskie (11), Rycerka Praszywka 700, Rycerka Zwardoń i Zwierzyniec Pogorzelec (12), Nowe Ramuki (13), Bliżyn oraz Tarnawa (14), Kartuzy (16), Zwierzyniec Krzyże (17).

Ocena plastyczności populacji wykonana na podstawie obserwacji świerka na czterech powierzchniach doświadczalnych założonych w Polsce nie w pełni charakteryzuje możliwości przystosowawcze większości badanych populacji. Świadczą o tym wyniki z powierzchni międzynarodowych. Jedynie w przypadku dwu populacji – Zwierzynca Białowieskiego II oraz Kartuz maksymalna zmienność cech przyrostowych wystąpiła już na powierzchniach polskich. U pozostałych proveniencji zmienność ta ujawniła się dopiero przy porównaniu wzrostu świerka z większej liczby powierzchni zagranicznych założonych w warunkach znacznie bardziej zróżnicowanych niż w naszym kraju. Zakres zmienności populacji określającej plastyczność dla całego doświadczenia wynosi od 26,6 do 64,0% (tabela, ryc. 9). Plastyczność wyrażona w jednostkach odchylenia standardowego w formie rozpiętości odchylenia od średniej różnicuje wyraźnie populacje na kilka odrębnych grup. Przyjmując w ramach istniejącego zróżnicowania 5-procentowy zakres zmienności w grupach, do kolejnych grup można zaliczyć: trzy populacje do grupy o zmienności do 30%, siedem – 35%, pięć – 40%, dwie do grupy o zmienności do 45%; w kolejnej grupie (zmienność 46–50%) brak populacji, jedna populacja (Stronie Śląskie – 54,6%) należy do grupy o zmienności 50–55%, pozostałe dwie należą do grupy o zmienności powyżej 60%.

Wyniki ocen wskazują, że na wszystkich powierzchniach doświadczalnych założonych w ramach doświadczenia IUFRO 1972 zróżnicowanie zarówno pod względem wzrostu, jak i plastyczności testowanych populacji świerka jest wyjątkowo duże. Jednak na powierzchniach w Polsce zróżnicowanie to stanowi zaledwie około połowę zmienności (wyrażonej w jednostkach odchylenia standardowego) obserwowanej w całym doświadczeniu.

Klasyfikacja populacji świerka w całym doświadczeniu IUFRO 72 nie pokrywa się w pełni z klasyfikacją ustaloną na podstawie ocen tego gatunku na powierzchniach polskich. Przy wyborze proveniencji odpowiednich dla warunków naszego kraju należy w większym stopniu kierować się ocenami cech przyrostowych wykonanymi na powierzchniach w Polsce. Z kolei podstawowe znaczenie przy ocenie plastyczności mają dane pochodzące z powierzchni zagranicznych, obrazujące zakres możliwości przystosowawczych poszczególnych populacji wyrażony w postaci różnic pod względem przyrostu w określonych warunkach.



Ryc. 9. Plastyczność populacji świerka w doświadczeniu IUFRO 1972

Uwzględniając aktualne wyniki oceny cech wzrostowych i plastyczności, można przedstawić następujące wnioski:

1. Zróżnicowanie cech przyrostowych i jakościowych oraz plastyczności polskich populacji świerka jest wyjątkowo duże. Zróżnicowanie to wyrażone w jednostkach odchylenia standardowego w odniesieniu do całego doświadczenia wynosi 6,183, a w ramach populacji od 2,048 jednostek u populacji Rycerka Zwardoń do 4,387 u populacji Kartuzy.

2. Cechy przyrostowe populacji nie są na ogół pozytywnie skorelowane z ich plastycznością, stąd grupy tworzone na podstawie tych cech obejmują różne pochodzenia, a o ogólnej ocenie populacji często decyduje waga, jaką przypisuje się poszczególnym cechom.

3. Grupę populacji dobrze przyrastających w doświadczeniu IUFRO 72 stanowią: Zwierzyniec Lubelski, Zwierzyniec Krzyże, Wigry, Zwierzyniec Pogorzelec, Istebna Zapowiedź, Istebna Bukowiec i Wisła. Populacje te powinny być rozprzestrzeniane w szerszym niż dotychczas zakresie.

4. Do populacji słabo przyrastających należą Rycerka Praszywka 950 i Międzygórze. Populacje te powinny być wykorzystywane do pozyskiwania nasion w zakresie bardzo ograniczonym.

5. Populacje Witów i Stronie Śląskie ze względu na wyjątkowo niewielką wartość hodowlaną nie powinny być wykorzystywane jako baza nasienna w lasach.

6. Do populacji plastycznych można zaliczyć następujące populacje: Zwierzyniec Pogorzelec, Rycerka Zwardoń, Przerwanki, Istebna Zapowiedź i Zwierzyniec Lubelski. Populacje te mogą być wykorzystywane w szerszej niż istnieje w warunkach naturalnych amplitudzie ekologicznej (warunkach siedliskowych i klimatycznych).

7. Świerk z Kartuz, Bliżyna, Zwierzyniec Krzyży Nowych Ramuk oraz dwie populacje sudeckie: Międzygórze, a szczególnie Stronie Śląskie, charakteryzują się bardzo małą plastycznością.

Literatura

- Barzdajn W.** 1995. Dwudziestoletnie doświadczenie proveniencyjne ze świerkiem (*Picea abies* (L.) Karst.) serii IUFRO 1972 w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym Siemianice. III. Cechy fenologiczne. Sylwan, 7, 33–49.
- Barzdajn W.** 1996a. Ocena wartości diagnostycznej morfologicznych cech szyszek świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.) w celu wyróżnienia jego proveniencji. Sylwan, 9, 59–72.
- Barzdajn W.** 1996b. Dwudziestoletnie doświadczenie proveniencyjne ze świerkiem (*Picea abies* (L.) Karst.) serii IUFRO 1972 w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym Siemianice. Próba syntezy. Sylwan, 8, 11–17.
- Barzdajn W.** 1996c. Dwudziestoletnie doświadczenie proveniencyjne ze świerkiem (*Picea abies* (L.) Karst.) serii IUFRO 1972 w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym Siemianice. IV. Odporność drzew. Sylwan, 6, 15–21.
- Fober H., Giertych M.** 1971. Variation among Norway spruce of Polish provenances in seedlings growth and mineral requirements. Arboretum Kórnickie, 16, 107–120.
- Giertych M.** 1976. Zmienność genetyczna polskich ras świerka (*Picea abies* (L.) Karst.). Arboretum Kórnickie, 21, 189–211.
- Giertych M.** 1987a. Zamieranie świerka *Picea abies* (L.) Karst. w suchych latach 1982–1984 a zmienność genetyczna. Sylwan, 131, 23–29.
- Giertych M.** 1987b. Porównanie selekcji rodowej i proveniencyjnej u Świerka (*Picea abies* (L.) Karst.) z Beskidu Śląskiego i Żywieckiego. Arboretum Kórnickie, 30, 241–255.
- Giertych M.** 1991. Selekcja proveniencyjna, rodowa i indywidualna w doświadczeniach wieloczynnikowych ze świerkiem pospolitym (*Picea abies* (L.) Karst.) Arboretum Kórnickie, 36, 27–42.
- Giertych M., Królikowski Z.** 1982. Doświadczenie nad zmiennością populacyjną i rodową świerka (*Picea abies* (L.) Karst.) z różnych części Polski. Arboretum Kórnickie, 26, 308–350.
- Gohrn V.** 1966. Provenance trial with *Picea abies*: Danish results and an extract from the results so far published of the international series of 1938. Forstl. Forsogsv. Danm., 29, 309–437.
- Holubčik M.** 1979. Juvenilny rast polskich a domácich provenienci smreka obyčajného (*Picea abies* Karst.). Lesn. Časopis, 25, 255–270.
- Holzer K.** 1981. Die Kulturkammerprüfung zur Erkennung des Erbwertes bei Fichte (*Picea abies* (L.) Karst.). 4. Qualitative Merkmale Cbl. Ges. Forstwes., 98, 65–87.
- Kocięcki S.** 1980a. Badania porównawcze nad morfologią i przyrostowością świerka z nizinnych i górskich obszarów Polskich. Sprawozdanie naukowe. IBL, Warszawa (maszynopis).
- Kocięcki S.** 1980b. Sprawozdanie z wyjazdu stypendialnego do Austrii z zakresu genetyki i selekcji drzew leśnych. IBL, Warszawa (maszynopis).
- Kocięcki S., Matras J., Szczygieł K.** 1990. Badania porównawcze nad morfologią i przyrostowością świerka różnych pochodzeń. Sprawozdanie naukowe. IBL, Warszawa (maszynopis).

- Lines R.** 1974. Summary report on the IUFRO 1938 provenance experiments with Norway spruce, *Picea abies* Karst. Forestry Commission.
- Matras J.** 1993. Growth of Norway Spruce in IUFRO 1972 experiment. [W:] Proceedings of the IUFRO S2. 2-11 Symposium „Norway Spruce Provenances and Breeding”. Latvia, Riga, 100–105.
- Matras J., Barzdajn W., Bellon S., Rakowski K., Szczygiel K.** 1996. Badania porównawcze nad morfologią i przyrostowością świerka różnych pochodzeń. Sprawozdanie naukowe IBL, Warszawa.
- Tyszkiewicz S.** 1968. Population studies of Norway spruce in Poland. IBL, Warszawa.
- Tyszkiewicz S., Kocięcki S., Chmielewski W., Janson L., Dutkiewicz W., Borowski J.** 1969. Badania nad morfologiczną i fizjologiczną zmiennością rodzimego świerka w Polsce. Sprawozdanie naukowe IBL, Warszawa.

Zmienność wewnątrzgatunkowa jodły pospolitej w doświadczeniach proweniencyjnych

Kinga Skrzyszewska*

Jodła pospolita (*Abies alba* Mill.) jest charakterystycznym gatunkiem lasotwórczym drzewostanów górskich i wyżynnych środkowo-południowej Europy. W porównaniu z innymi gatunkami, takimi jak sosna zwyczajna, świerk pospolity oraz modrzew, badania nad zmiennością genetyczną oraz oceną wartości selekcyjno-hodowlanej populacji cząstkowych jodły przez wiele lat były prowadzone fragmentarycznie. Przyczyną braku zainteresowania tym zagadnieniem była opinia, że jodła pospolita wykazuje małe zróżnicowanie genetyczne. Pogląd ten potwierdzało pierwsze doświadczenie proweniencyjne z jodłą pospolitą założone w Szwajcarii przez Englera [1905]. Było to jednak doświadczenie o stosunkowo niewielkim zakresie poznawczym, obejmujące tylko lokalne pochodzenia jodły z jednego regionu geograficznego. Drzewostany rodzicielskie testowanego potomstwa pochodziły wprawdzie z różnych wysokości n.p.m., ale reprezentowały jednorodny zespół fitosocjologiczny – *Abietii-Fagetum* i rosły w mało zróżnicowanych warunkach. Obserwowano ponadto dobre odnawianie się jodły w wielu regionach jej występowania, a także wprowadzanie na uprawy sadzonek pochodzeń lokalnych. Dopiero postępująca regresja oraz obumieranie jodły, a w konsekwencji wyraźne zmniejszanie się obszaru jej naturalnego występowania, spowodowały skupienie większej uwagi na badaniu przyczyn tych zjawisk oraz wzrost zainteresowania oceną zmienności wewnątrzgatunkowej jodły w testach proweniencyjnych tego gatunku.

Już we wczesnych latach sześćdziesiątych XX wieku na powierzchniach badawczych z jodłą założonych we Włoszech i Francji przez Pavariego [1951] i w Danii przez Løftinga [1954] zaobserwowano, że zmienność wielu cech jodły jest znacznie większa niż uważano dotychczas. Wykazano duże różnice pod względem żywotności, a także odporności jodły na suszę. Druga z tych cech jest istotnym czynnikiem ograniczającym adaptację jedlin, wyznaczającym północną granicę zasięgu występowania gatunku. Stwierdzono także wyraźne zróżnicowanie pod względem przyrostu na wysokość i grubość proweniencji z południowych Apeninów i Alp [Pavari 1951].

W doświadczeniu duńskim Løfting [1954] wykazał istotne statystycznie różnice między proweniencjami pod względem wzrostu, produkcji masy i jakości oraz odporności na mszyce (*Chermes viridis*) i stwierdził, że ogólnie większą nań odpornością cechowały się pochodzenia z południowo-wschodniego zasięgu występowania jodły w porównaniu z jej pochodzeniami środkowoeuropejskimi.

* Katedra Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych, Akademia Rolnicza im. H. Kollątaja w Krakowie

Dalsze badania proveniencyjne [Mattfeld 1925] wykazały istnienie różnic wewnątrzgatunkowych pod względem terminu rozpoczynania pędzenia na wiosnę oraz związanej z tym odmiennej odporności różnych populacji cząstkowych jodły na niską temperaturę (mróz, przymrozki).

Zróżnicowaną reakcję jodły na czynnik termiczny potwierdzili również w wyniku prowadzonych przez siebie eksperymentów Huber i Kohn [1962]. Cytowani autorzy wykazali bowiem większą genetyczną odporność na czynnik termperaturowy (unikanie uszkodzeń od wczesnych i późnych przymrozków) siewek z Czarnego Lasu (Schwarzwald), a mniejszą – siewek jodły z Lasu Bawarskiego (Bayerischen Wald).

Znaczna liczba późniejszych doświadczeń porównawczych z jodłą pospolitą, zakładanych niemal w całej Europie, sugeruje dużą zmienność międzypopulacyjną cech adaptacyjnych, ważnych w gospodarce hodowlano-leśnej. W wielu z nich testowane były także jodły pochodzeń polskich. Opublikowane wyniki, między innymi z doświadczeń założonych w Austrii [Kral 1980, Mayer i in. 1982], Wielkiej Brytanii [Lines 1979], Francji [Pastuszka 1988] oraz w Niemczech [Kramer 1980], dowodzą, że większość ocenianych proveniencji jodły z polskiego zasięgu występowania gatunku charakteryzuje się dobrym wzrostem na wysokość (osiągając wartości większe lub zbliżone do średniej wartości cechy w doświadczeniu).

Kral [1980] oraz Mayer i inni [1982] na uprawach badawczych z jodłą w Austrii wykazali dobry wzrost na wysokość pochodzenia z Nawojowej. W Wielkiej Brytanii, obok proveniencji kalabryjskich (południowe Włochy), wysoko zostało sklasyfikowane potomstwo drzewostanów jodłowych z Gór Świętokrzyskich oraz jedlin z Polski południowej [Lines 1979]. Z kolei badania prowadzone przez Pastuszkę [1988] wykazały, że do warunków upraw porównawczych we Francji z pochodzeń polskich najlepiej adaptowały się pochodzenia górskie z Bliżyna, Rytra oraz Starego Sącza.

Obszerną ocenę zmienności wartości hodowlanej polskich proveniencji znaleźć można w pracy Kramera [1980]. Autor ten do grupy dobrze i przeciętnie rosnących zaliczył m.in. jodły z Roztocza oraz Gór Świętokrzyskich i z niektórych części Karpat.

Duże zróżnicowanie międzypochodzeniowe jodły pod względem wzrostu na wysokość wykazano również w licznych doświadczeniach założonych na terenie Czech i Słowacji. Proveniencje pochodzące ze wschodniej Polski – Rogów, Zagożdżon i Tomaszów Lubelski należały do najlepszych w obu tych eksperymentach. Ich wyniki potwierdziły ponadto wyraźną odrębność wzrostową jodły z karpackiego zasięgu występowania w porównaniu z jodłą z rejonu hercyńskiego [Paule 1986].

W Polsce, pomimo szerokiego zainteresowania naszą jodłą za granicą, nieliczne są doświadczenia testujące krajowe proveniencje jodły.

Początkiem badań nad wartością selekcyjno-hodowlaną rodzimych pochodzeń jodły były doświadczenia proveniencyjne założone w 1961 i 1962 r. w pobliżu północnej granicy naturalnego zasięgu jodły, w lasach doświadczalnych SGGW w Rogowie. Reprezentowały pochodzenia m.in. z Gór Świętokrzyskich (Świętokrzyski Park Narodowy), Karpat (Stary Sącz) oraz z Niżu Polskiego (Rogów i Skarżysko). Ocena potomstwa tych populacji potwierdziła lepszy rozwój proveniencji z terenów górskich w porównaniu z proveniencjami lokalnymi [Gunia 1986].

W kolejnych doświadczeniach założonych w 1966 r. w Rogowie analizie poddano potomstwo drzewostanów jodłowych z Polski oraz z Czech, Słowacji, Ukrainy, Rumunii i Węgier. Najlepszy wzrost osiągnęła proveniencja Zacywilki oraz Rokiciny i Kobiełe Wielkie. Drzewostany rodzicielskie tych pochodzeń znajdują się na Wyżynie Piotrkowsko-Opoczyńskiej [Gunia 1986].

W doświadczeniu z 1977 r. założonym na powierzchniach Instytutu Dendrologii PAN w Kórniku, poza zasięgiem występowania omawianego gatunku, Fober [1984] wykazał dobre walory hodowlane jodły z Nieskurzowa, a także – chociaż w stopniu mniejszym – z Istebnej, Bystrzycy Kłodzkiej, Żywca i Wetliny. Słabo rosły jodły z Tatrzańskiego Parku Narodowego, Międzyzlesia i Baligrodu. Interesujące są również wyniki tego autora dotyczące zróżnicowania analizowanych proveniencji jodły pod względem stopnia ich odporności na późne przymrozki, określonej na podstawie terminu rozpoczynania pędzenia na wiosnę. Poszczególne proveniencje rozpoczynały wegetację, jak pisze, w okresie od 11 do 17 kwietnia. Istotnie od pozostałych pochodzeń różniła się proveniencja z Tomaszowa Lubelskiego, która rozpoczynała pędzenie wiosenne najpóźniej.

Należy zauważyć, że jodła, szczególnie w wieku młodocianym, jest bardzo wrażliwa na przymrozki. Stąd też z gospodarczego punktu widzenia należy zwracać szczególną uwagę na jej zdolność do stosunkowo późnego rozpoczynania sezonu wegetacyjnego. Wcześniej pędzące proveniencje są bardziej narażone na przymrozki wiosenne niż proveniencje później rozpoczynające rozwój wiosenny.

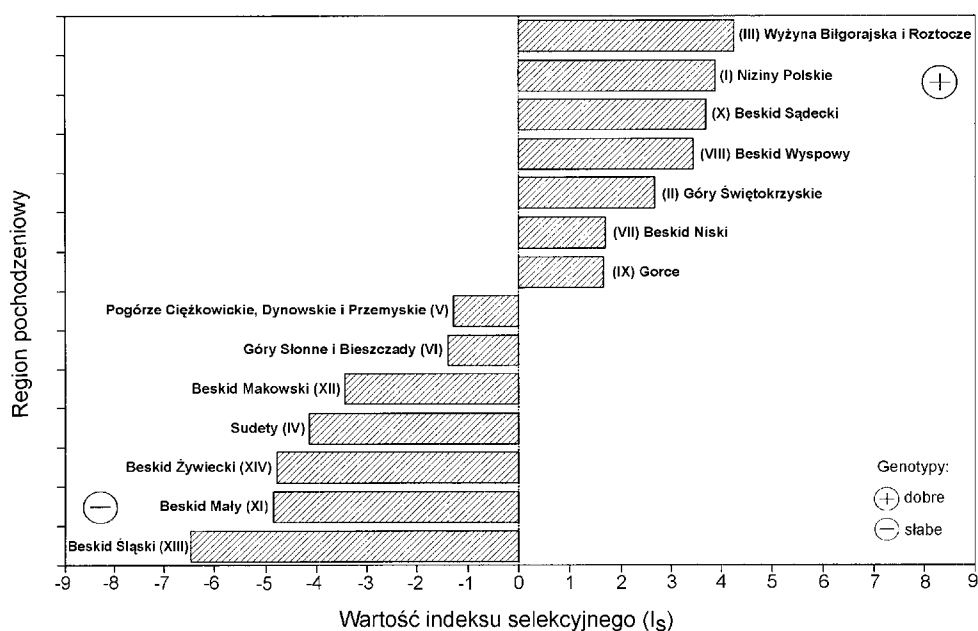
W doświadczeniu prowadzonym przez Fobera w sposób istotny różniły badane populacje nasiona, z których wyhodowano testowane sadzonki. Populacje jodły z Gór Świętokrzyskich i Roztocza, tj. z północno-wschodniej granicy zasięgu występowania jodły na terenie Polski, charakteryzowały się najcięższymi nasionami, natomiast wszystkie badane populacje jodły z Sudetów – nasionami lżejszymi i małymi. Proveniencje karpackie oraz proveniencje z Wierchowiny Czesko-Morawskiej wykazywały znaczne zróżnicowanie tej cechy [Fober 1984].

Zmienności jodły z terenów polskich sporo uwagi poświęcił Gunia [1986, 1995], opierając się na dostępnych wynikach badań z 19 powierzchni doświadczalnych założonych za granicą i z nielicznych testów krajowych. Przeprowadzona przez tego autora analiza porównawcza przeżywalności i wysokości osiągniętej przez jodły z różnych lokalizacji europejskich wykazała ogólnie wysoką wartość genetyczną większości badanych polskich pochodzeń tego gatunku. Największą przydatnością uprawową i wartością hodowlaną charakteryzowały się według Guni pochodzenia jodły z północnej i wschodniej granicy zasięgu w krainie Małopolskiej i Mazowiecko-Podlaskiej: Brzeziny, Rogów, Kobile Wielkie, Mińsk Mazowiecki i Tomaszów Lubelski. Dobrą lub przynajmniej średnią wartość hodowlaną wykazywały jodły z regionu Gór Świętokrzyskich (Świętokrzyski PN, Bliżyn) oraz jodły z Beskidu Sądeckiego (Stary Sącz, Krynica, Rytró). Najsłabiej zostały ocenione populacje cząstkowe jodły z Pogórza Karpackiego, Beskidu Niskiego i Bieszczadów (Strzyżów, Krasieczyn, Hołubla, Gorlice, Dukla, Baligród) oraz z Sudetów (Bystrzyca Kłodzka, Strachocin).

Porównywanie ocen wartości genetycznej pochodzeń jodły na podstawie wyników doświadczeń proveniencyjnych obejmujących zróżnicowany pod względem kolekcji, wieku i randomizacji materiał badawczy, testowany ponadto w różnych warunkach siedliskowo-ekologicznych, może być tylko w części obiektywne. Stąd też ważnym eksperymentem umożliwiającym ocenę zmienności jodły pospolitej jest Ogólnopolskie Doświadczenie Proveniencyjne Jd Pl 86/90. Doświadczenie to obejmuje najliczniejszą z istniejących w kraju kolekcję 99 polskich pochodzeń jodły pospolitej z naturalnego zasięgu jej występowania w Polsce. Zlokalizowane na siedmiu powierzchniach porównawczych, założonych

w układzie bloków losowych, daje możliwość wszechstronnej analizy otrzymanych wyników oraz oceny zdolności przystosowawczych badanych populacji jodły do zróżnicowanych warunków klimatyczno-środowiskowych miejsca wzrostu. Badania jodły prowadzone przez autorkę niniejszego rozdziału [Skrzyszevska 1997] na równoległych powierzchniach tego doświadczenia wykazały bardzo duże różnice między wartością genetyczno-hodowlaną jodły poszczególnych proveniencji oraz z różnych regionów jej występowania.

W wyniku kolejnych badań [Skrzyszevska 1999a] na podstawie indeksu selekcyjnego (I_s) obejmującego dwie cechy: przeżywalność i przyrost na wysokość jodły testowanej w siedmiu lokalizacjach doświadczenia wykazano, że dużymi walorami genetyczno-hodowlanymi cechują się populacje cząstkowe jodły z Wyżyny Biłgorajskiej i Roztocza, Nizin Polskich, Beskidu Sąddeckiego oraz Beskidu Wyspowego. Bardzo słabo natomiast ocenione zostały populacje zachodniokarpackie (Beskid Śląski, Beskid Mały, Beskid Żywiecki) oraz populacje sudeckie (ryc. 1).



Ryc. 1. Wartość genetyczno-hodowlana jodły pochodzeń doświadczenia Jd PL 86/90 z regionów pochodzeniowych według podziału Bałuta [Bałut i in. 1990] określona przeciętnym indeksem selekcyjnym [Skrzyszevska 1999a]

W ostatnich dziesięcioleciach w genetyce leśnej do oceny struktur genetycznych pojedynczych osobników oraz badanych populacji drzew wykorzystuje się znaczniki biochemiczne – tzw. markery genetyczne, tj. izoenzymy, monoterpiny i związki fenolowe. Związki te są podstawowymi substancjami biochemicznymi charakteryzującymi określony stan fizjologiczny drzew, czyli okres juwenilny, dojrzałość płciową i proces starzenia się, a także reakcję drzew na czynniki chorobotwórcze itp. Wykazują genetyczną kontrolę

syntezy, znaczną stabilność, tworzą określone struktury biochemiczne pozwalające na identyfikację pojedynczych drzew, ras lub ekotypów. Stanowią zatem wygodne narzędzie do badań genetycznych.

Pionierskie prace Kormutaka i innych [1982] oraz późniejsze Mollera [1986], Bergmanna i Kownatzkiego [1988], Bergmanna i innych [1990a, b] oraz Larsena [1994] dotyczące polimorfizmu izoenzymatycznego wykazały, że populacje południowowłoskie i kalabryjskie charakteryzują się większym udziałem loci polimorficznych, większą liczbą alleli w locus, a tym samym (około 15-krotnie) większą potencjalną zmiennością genetyczną aniżeli jodły w pozostałych częściach zasięgu europejskiego.

Obszerną analizę porównawczą struktury genetycznej wschodnioeuropejskich populacji jodły na podstawie zmienności 16 izoenzymowych loci u 3 800 drzew reprezentujących 76 proveniencji jodły ze Słowenii, Czech, Moraw, Słowacji, Rusi Podkarpackiej, Rumunii oraz Polski przeprowadził Longauer [1994]. Cytowany autor wykazał duże zróżnicowanie alleliczne oraz zmienną frekwencję heterozygot w populacjach jodły w różnych częściach jej wschodniego areалу występowania. Największe zróżnicowanie genetyczne stwierdził w populacjach z Karpat Rumuńskich. Różnice wykazane przez Longauera pod względem heterozygotyczności i efektywnej liczby alleli w locus wyraźnie korespondowały z przebiegiem obumierania jodły. Duża zmienność genetyczna charakteryzowała jodłę na obszarze, na którym obumieranie występowało tylko w zakresie ograniczonym, tj. w Rumunii i Bułgarii.

Schroeder [1989] i Konnert [1994] w pracach poświęconym populacjom południowo-niemieckiej jodły pospolitej podkreślają dużą różnorodność i zróżnicowanie populacji tego gatunku rosnących na stosunkowo niewielkim obszarze.

Wewnątrzgatunkowe zróżnicowanie jodły w Polsce ocenione na podstawie analizy elektroforetycznej izoenzymów znane jest z pracy Mejnartowicza [1986]. Ocena częstości genów kodujących dwa enzymy – leucylo-aminopeptydazę (LAP) i transaminazę szczawiooctanową (GOT) w makrogametofitach nasion zebranych w polskich populacjach jodły wskazuje, zdaniem cytowanego autora, na wysoki stopień ich heterozygotyczności. Populacje jodły z rejonów, gdzie zajmuje ona duże obszary (Kosarzyska, Baligród) są bardziej heterozygotyczne niż populacje z pobliza północnej granicy gromadnego występowania gatunku (Bliżyn, Tomaszów Lubelski).

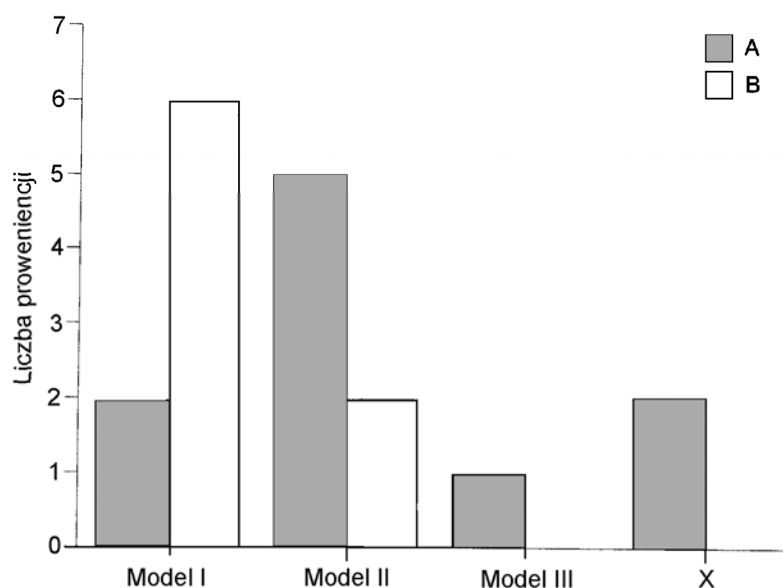
Zmienność struktur genetycznych populacji cząstkowych jodły potwierdzają również analizy polimorfizmu terpenowego. Pierwsze badania dotyczące zmienności składu monoterpenu jodły pospolitej prowadzono w latach sześćdziesiątych XX wieku [Čermak 1976], ale były one ukierunkowane jedynie na stwierdzenie składu monoterpenu w żywyce zawartej w nasionach.

W 1988 r. Paule i inni opublikowali artykuł o zmienności geograficznej składu monoterpenu w igłach, w którym na podstawie wyników badań dowiedli, że pomiędzy poszczególnymi proveniencjami jodły, również w jej polskim zasięgu występowania, istnieją różnice statystycznie istotne.

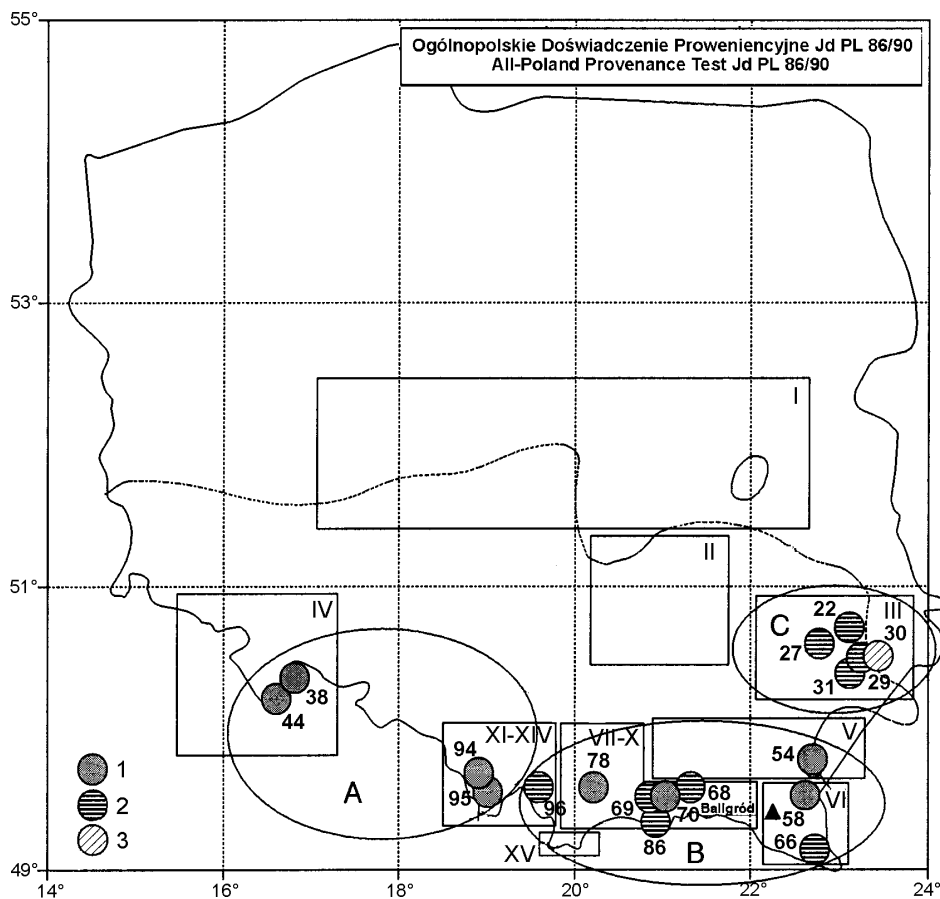
Najobszerniejsze porównanie wyników analiz monoterpenu w 1-roczych igłach, obejmujące ponad 3 tys. drzew ze 155 proveniencji jodły pospolitej z całego naturalnego zasięgu jej występowania, przeprowadził Wolf [1994]. Na tej podstawie utworzył 16 typów wzorców monoterpenu określających strukturę genetyczną badanych pochodzeń

jodły. Jako główne składniki wzorca monoterpenowego zostały przez niego zidentyfikowane α -pinen, kamfen, limonen, β -pinen i β -felandren. Wyróżnione wzorce terpenowe pozwoliły na wydzielenie w naturalnym zasięgu występowania gatunku pięciu regionów: Europy zachodniej, Europy środkowej, Kalabrii, Europy wschodniej oraz południowo-wschodniej, w których jodła pospolita może być identyfikowana na podstawie charakterystycznego typu wzorca terpenowego.

Przeprowadzone przez autorkę [Skrzyszevska 1999b] na terenie Polski badania 18 proveniencji jodły wykazały wyraźne różnice poziomu zawartości monoterpenów oraz struktury genetycznej jodły dobrze i słabo przyrastającej w warunkach bieszczadzkiej powierzchni badawczej w Baligrodzie (ryc. 2). Jodła dobrze przyrastająca cechowała się przewagą genotypów określonych modelem II monoterpenowym charakteryzującym się dużą zawartością β -pinenu, a niewielką limonenu i β -felandrenu. U pochodzeń jodły o słabym przyroście zdecydowanie dominował model I cechujący się niewielką zawartością β -pinenu i β -felandrenu oraz dużą limonenu. Na podstawie przeprowadzonych badań wyodrębniono trzy genetycznie różne obszary jodły w polskim zasięgu jej występowania – Sudety z zachodnią częścią Karpat, środkowe i wschodnie regiony Karpat oraz Wyżynę Biłgorajską i Roztocze (ryc. 3).



Ryc. 2. Różnice struktury genetycznej pochodzeń dobrze i słabo przyrastających określone na podstawie liczebności występowania pochodzeń z przewagą określonego modelu monoterpenowego; A – pochodzenia dobrze przyrastające, B – pochodzenia słabo przyrastające, X – brak przewagi określonego modelu monoterpenowego [Skrzyszevska 1999b]



Ryc. 3. Zróżnicowanie struktury genetycznej badanych populacji jodły na podstawie wzorców monoterpenu opracowanych przez Wolfa [1992] i pogrupowanych w modele [Skrzyszevska 1997]; lokalizacja pochodzeń: 1 – o modelu I, 2 – o modelu II, 3 – o modelu III, ▲ lokalizacja powierzchni badawczej; A – Sudety i Karpaty Zachodnie, B – Karpaty Środkowe, C – Wyżyna Białogórska i Rostocze [Skrzyszevska 1999b]

Widać zatem, że badania zróżnicowania populacyjnego, wartości hodowlanej oraz struktury genetycznej pochodzeń jodły pospolitej dostarczają coraz to nowych materiałów dokumentacyjnych, rozszerzając naszą wiedzę o tym gatunku.

Reasumując, należy stwierdzić, że jodła większości pochodzeń polskich w porównaniu z innymi proveniencjami tego gatunku charakteryzuje się stosunkowo dużą plastycznością i dobrą wartością hodowlaną praktycznie w całym zasięgu jej występowania, a znaczny zakres zmienności wewnątrzproweniencyjnej umożliwia prowadzenie selekcji populacyjnej i indywidualnej. Przyjmowane kryteria selekcji odnoszą się głównie do wyboru populacji o szybkim przyroście w fazie inicjalnej, znacznej adaptacji, odporności na mróz i suszę oraz dobrej jakości drewna [Arbez 1988].

Wyniki badań proveniencyjnych mogą przyczynić się do lepszego poznania zmienności jodły pospolitej oraz zabezpieczenia dla przyszłych pokoleń jej najwartościowszych populacji cząstkowych. Wykorzystane natomiast w selekcji i praktyce hodowlanej gospodarstwa leśnego mogą przyczynić się do poprawy produktywności oraz walorów biologicznych tego gatunku. Aktualna pozostaje opinia wybitnego leśnika – prof. Stanisława Sokolowskiego wypowiedziana w 1930 r.: „W nowszych czasach objawia się w naszym leśnictwie usilna dążność, aby powrócić jodle utracone stanowisko, zwłaszcza w lasach karpacczych. Dążność ta jest uznania godna i ze wszystkich sił należy czynem ją popierać”.

Literatura

- Arbez M.** 1988. Methodes biochimiques de caracterisation variétale des arbres forestiers. Rev. For. Franc.
- Balut S., Kulej M., Sabor J., Skrzyszewska K.** 1990. Określenie zróżnicowania wartości hodowlanej różnych pochodzeń jodły pospolitej z terenu Polski. Sprawozdanie końcowe z tematu „Zachowanie lasów i ich funkcji oraz racjonalizacja wykorzystania leśnej bazy surowcowej”. Zakład Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych AR w Krakowie (maszynopis).
- Bergmann F., Kovnatzki D.** 1988. The genetic variation pattern of silver fir (*Abies alba* Mill.) in Europe monitored from enzyme gene loci. [W:] 5. IUFRO-Tannensymposium, Zvolen, 21–26.
- Bergmann F., Gregorius H.R., Larsen J.B.** 1990a. Levels of genetic variation in European silver fir (*Abies alba*): are they related to the species' decline? *Genetica*, 82, 1, 1–10.
- Bergmann F., Larsen J.B., Gregorius H.R.** 1990b. Genetische Variation in verschiedenen Arealen der Weißtanne (*Abies alba* Mill.). *Schriften aus der Forstl. Fakultät der Univ. Göttingen u.d. Niedersächs. Forstl. Versuchsanst.*, 98, 130–140.
- Čermák J.** 1976. Složení priskyvice a jeho význam u lesních dřevin na příkladě priskyvice ze semen *Abies alba* Mill. Diss. Vysoká škola zemědělská, Brno.
- Engler A.** 1905. Einfluss der Provenienz des Samens auf die Eigenschaften der forstlichen Holzgewächse. *Mitt. d. schweiz. Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen* 8, 2.
- Fober H.** 1984. Doświadczenie proveniencyjne nad jodłą pospolitą (*Abies alba* Mill.) założone w 1977 roku. *Arboretum Kórnickie*, 28, 145–157.
- Gunia S.** 1986. Próba oceny wartości genetycznej i hodowlanej jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) z Sudetów i Karpat polskich. *Sylvan*, 130, 2–3, 83–92.
- Gunia S.** 1995. Zmienność genetyczna oraz przydatność uprawowa i wartość hodowlana jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) z obszaru Polski. Zakład Nasiennictwa Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych AR w Krakowie (maszynopis).
- Huber B., Kohn H.** 1962. The differentiation of physiological races in *Abies alba*: investigations on the frost resistance of young Silver Fir from the Bavarian forest and the Schwarzwald. *Forstwiss. Cbl.* 82, 7/8, 207–220.
- Konnert M.** 1994. Die Genetische Variation der Weißtanne (*Abies alba* Mill.) in Baden-Württemberg. [W:] *Weißtannenherkünfte. Neue Resultate zur Provenienzforschung bei Abies alba* Mill., red. H. Wolf. Ecomed, Landsberg a. L., 79–96.

- Kormuták A., Benèa F., Rudin D., Seyedyazdani R.** 1982. Isoenzyme variation in the four Slovakia populations of *Abies alba* Mill. *Biológia*, 37, 5, 433–440.
- Kral F.** 1980. Waldgeschichtliche Grundlagen für die Ausscheidung von Ökotypen bei *Abies alba*. [W:] 3. IUFRO-Tannensymposium, Wien, 158–168.
- Kramer W.** 1980. Osteuropäische Herkünfte von Weißtanne (*Abies alba* Mill.). *Forstarchiv*, 51, 9, 165–169.
- Larsen J.B.** 1994. Die Weißtanne (*Abies alba* Mill.) un ihre waldbaulichen Probleme im Lichte neuerer Erkenntnisse. [W:] Weißtannenherkünfte. Neue Resultate zur Provenienzforschung bei *Abies alba* Mill., red. H. Wolf. Ecomed, Landsberg a. L., 1–10.
- Lines R.** 1979. Natural variation within and between Silver Firs. *Forestry*, 33, 89–101.
- Longauer R.** 1994. Genetická diverzita a vplyv obhospodarovania na genetickú štruktúru porastov jedle bielej. [W:] Šľachtenie lesných drevín v meniacich sa podmienkach prostredia. *Les. Vých. Úst. Zvolen*, 27–36.
- Løfting E.C.L.** 1954. Danmarks Aedelgranproblem. 1. Del. Det forstlige Førsøgvaesen i Danmark, 21, 207–220.
- Mattfeld J.** 1925. Die in Europa und dem Mittelmeergebiet wildwachsenden Tannen. *Mitt. Deut. Dendrol. Ges.*, 35, 1–37.
- Mayer H., Reimoser F., Kral F.** 1982. Ergebnisse des Internationalen Tannenherkunftsversuches Wien 1967–1978. Morphologie und Wuchsverhalten der Provenienzen. *Cbl. Ges. Forstw.*, 99, 169–191.
- Mejnartowicz L.** 1986. Heterozygotyczność populacji jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.). *Sylvan*, 130, 2–3, 77–81.
- Moller K.** 1986. Genetische Untersuchungen bei der Tanne mit Hilfe von Enzym-Genmarkern. *Allg. Forstzeitung.*, 97, 3, 60–61.
- Paule L.** 1986. Results of Provenance Experiment with Czechoslovak and Polish Silver Fir (*Abies alba* Mill.) Provenances. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, 28, 107–123.
- Paule L.** 1994. Je jedl'a biela skutočne málo promenlivá drevina? [W:] Šľachtenie lesných drevín v meniacich sa podmienkach prostredia, *Les. Vých. Úst. Zvolen*, 23–26.
- Paule L., Yazdani R., Gömöry D.** 1988. Monoterpene composition of silver fir (*Abies alba* Mill.) foliar oleoresin. [W:] 5. IUFRO-Tannensymposium. Zvolen, 49–66.
- Pastuszka P.** 1988. Results of provenance experiments with silver fir (*Abies alba* Mill.) in France. [W:] 5. IUFRO-Tannensymposium. Zvolen, 131–142.
- Pavari A.** 1951. Esperienze e indagini su le provenienze e razze dell' Abete bianco (*Abies alba* Mill.). *Publicazioni delle Stazione Sperimentale di Selvicoltura Firenze*, 8.
- Schroeder S.** 1989. Isozyme polymorphisms in silver fir (*Abies alba* Mill.). *Silvae Genetica*, 38, 3–4, 130–133.
- Skrzyszewska K.** 1997. Analiza zmienności wewnątrzgatunkowej i wartości genetyczno-hodowlanej jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) pochodzeń Ogólnopolskiego Doświadczenia Proweniencyjnego Jd PL 86/90. Rozprawa doktorska. Zakład Nasiennictwa Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych AR w Krakowie (maszynopis).
- Skrzyszewska K.** 1999a. Wartość genetyczno-hodowlana jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) reprezentowanej w Ogólnopolskim Doświadczeniu Proweniencyjnym Jd PL 86/90. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, 339, ser. Sesja Naukowa, 61, 43–66.

- Skrzyszewska K.** 1999b. Ocena struktury genetycznej jodły pospolitej markerami monoterpenowymi na powierzchni porównawczej Jd PL 86/90 w Nadleśnictwie Bali-
gród. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 339, ser. Sesja Naukowa, 61, 67–86.
- Skrzyszewska K.** 2003. Zmienność jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w doświadczeniu
proweniencyjnym Jd PL 86/90. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 398, ser. Sesja Naukowa,
88, 121–128.
- Wolf H.** 1992. Untersuchungen zur genetischen Variation des Monoterpenmusters im
Nadelharz der Weisstanne (*Abies alba* Mill.). Forstl. Forschungs. München, 116.
- Wolf H.** 1994. Das monoterpenmuster im Nadelharz von 155 Herkünften der Weisstanne
(*Abies alba* Mill.) aus dem gesamten Verbreitungsgebiet. [W:] 7. IUFRO-Tannen-
symposium. Altensteig, 105–117.

Badania proveniencyjne sosny zwyczajnej, świerka pospolitego i jodły pospolitej prowadzone w Katedrze Hodowli Lasu SGGW

Stanisław Gunia*

Badania proveniencyjne prowadzone w Katedrze Hodowli Lasu SGGW objęły przede wszystkim sosnę zwyczajną, gatunek o największym znaczeniu przyrodniczym i produkcyjnym w drzewostanach nizinnej części Polski oraz świerka pospolitego i jodłę pospolitą – drzewa iglaste pełniące ważną rolę w lasach wyżynnych i górskich. Badania te prowadzone są od lat pięćdziesiątych ubiegłego stulecia w ścisłej współpracy z Instytutem Badawczym Leśnictwa. Obejmuje je także szeroka współpraca międzynarodowa w ramach IUFRO, przede wszystkim z leśnikami Słowacji, Czech i Niemiec, która polega na wymianie materiałów badawczych (głównie nasion) oraz publikacji i bieżących informacji o uzyskiwanych wynikach badań.

Wyniki badań prowadzonych w lasach doświadczalnych w LZD Rogów mają duże znaczenie, ponieważ znajdujące się tam powierzchnie proveniencyjne położone są na północnej granicy południowego obszaru zasięgu świerka i północnej granicy zasięgu jodły oraz mają centralne położenie w stosunku do europejskiego zasięgu sosny.

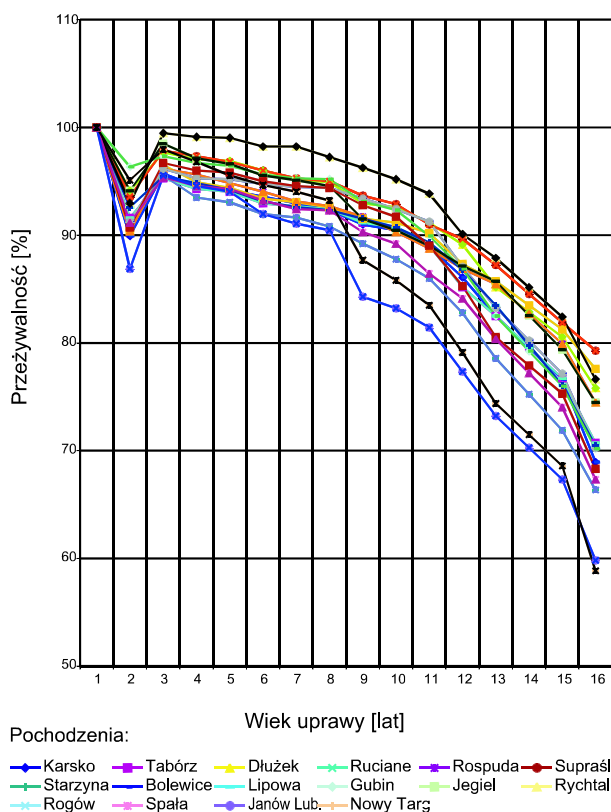
Sosna zwyczajna

Powierzchnia porównawcza w Leśnictwie Lipce (LZD Rogów) – pochodzenia polskie

Na całej powierzchni po roku stwierdzono ubytek ok. 8% wysadzonych sosen (1/0), natomiast liczba sadzonek (1/1) po roku od uzupełnienia nimi uprawy zmniejszyła się aż o 12% [Gunia 1973, 1978]. Dość wolny ubytek drzew w następnych kilku latach nasilił się po dojściu upraw do zwarcia w wieku 7–8 lat (ryc. 1). Do wieku 16 lat przeżyło ogółem znacznie więcej drzew wyrosłych z siewek niż z sadzonek. Różnice między pochodzeniami pod względem poziomu przeżywalności osiąganey w omawianym okresie były statystycznie bardzo istotne [Gunia 1980]. W 16-letnich młodnikach ocenianych pochodzeń przeprowadzono cięcia o charakterze selekcyjnym, popierając osobniki dorodne (536 szt. · ha⁻¹) i redukując liczbę drzew do 50% stanu początkowego. Po pięciu latach od wykonania cięć proces wydzielania znów się nasilił, a poszczególne pochodzenia zróżnicowały się pod względem przeżywalności niemal tak samo jak na początku badań.

Ogólnie największa przeżywalność cechowała pochodzenia z krainy II Mazursko-Podlaskiej (Dłużek, Ruciane, Supraśl, Rospuda, z wyjątkiem Starzyny). Dość dobrą pozycję uzyskały również pochodzenia Rychtal, Gubin i Tabórz. Obok pochodzenia Starzyna słabą przeżywalnością cechowały się pochodzenia Janów Lubelski i Nowy Targ, a także Karsko.

* *Katedra Hodowli Lasu, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*



Źródło: Gunia 1978, 1980

Ryc. 1. Zmiany z wiekiem przeżywalności upraw sosny zwyczajnej 16 pochodzeń polskich na powierzchni porównawczej w Leśnictwie Lipce, LZD Rogów

Pod względem innych cech (np. przebiegu wzrostu na wysokość i grubość, ugałęzienia, uiglenia i innych) różnice między pochodzeniami okazały się także znaczne i statystycznie istotne. W wieku 30 lat grupę pochodzeń o największej średniej pierśnicy tworzyły sosny pochodzące z Gubina, Karska, Rychtala i Bolewic, (12,1–12,9 cm), a o pierśnicy najmniejszej – z Nowego Targu, Janowa Lubelskiego, Rospudy i Starzyny (9,8–11,6 cm).

Powierzchnia porównawcza w Leśnictwie Jasień, uroczysko Popień – pochodzenia polskie

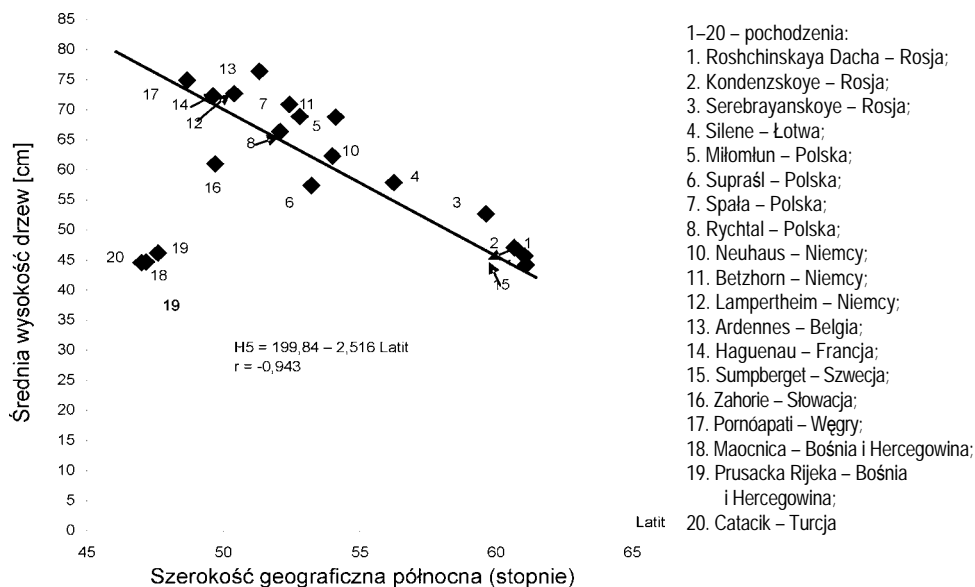
Badaniami objęto zarówno kilka wcześniej ocenianych pochodzeń (Ruciane, Tabórz, Jegiel, Lipowa, Gubin, Rychtal i Nowy Targ), jak i inne, wybrane po raz pierwszy (Hajnówka, Parciaki, Brodnica, Goleniów, Smolarz, Węgliniec, Bystrzyca Kłodzka, Prószków, Kubryk, Łąck, Bliżyn, Józefów i Niepołomice). Do założenia uprawy doświadczalnej posłużyły 3-letnie sadzonki (1/2). Sadzonki poszczególnych pochodzeń poddano uprzednio ocenie statystycznej pod względem zróżnicowania wysokości, grubości, długości korzeni, liczby pędów w najwyższym okółku, długości igieł oraz ich suchej masy. Szczególną uwagę

zwrócono na stosunek suchej masy korzeni sadzonek do suchej masy ich części nadziemnych [Gunia i in. 1993]. Analizowano również zawartość składników pokarmowych w igłach [Gunia i Buraczyk 1999]. Na podstawie uzyskanych wyników prognozowano, że szansę największej przeżywalności i najszybszego wzrostu na uprawie będą miały sadzonki pochodzenia Kubryk, Ruciane, Józefów i Goleniów. Prognoza ta jednak się nie sprawdziła.

Wkrótce po założeniu uprawa porównawcza została porażona przez hubę korzeniową (korzeniowca wieloletniego – *Heterobasidion annosum* Fr.). Stopniowe osłabienie żywotności drzew doprowadziło do zmniejszania się zróżnicowania pochodzeń pod względem średniej wysokości oraz do spadku liczby pędów bocznych w najwyższym okółku. Nastąpiło znaczne pogorszenie się jakości hodowlanej drzew oraz pojawienie się dużej liczby wypadów. Mimo różnic stwierdzanych pod względem przeżywalności, wysokości i jakości żadne z porównywanych pochodzeń sosny zwyczajnej nie wykazało wystarczającej odporności na zagrożenie ze strony wspomnianego patogena korzeniowego [Gunia i Żybura 1999a]. Po dziesięciu latach, w związku z nasilającymi się wypadami i powstawaniem w uprawie dużych luk, doświadczenie musiano zakończyć.

Powierzchnia porównawcza w Leśnictwie Jasień – pochodzenia europejskie

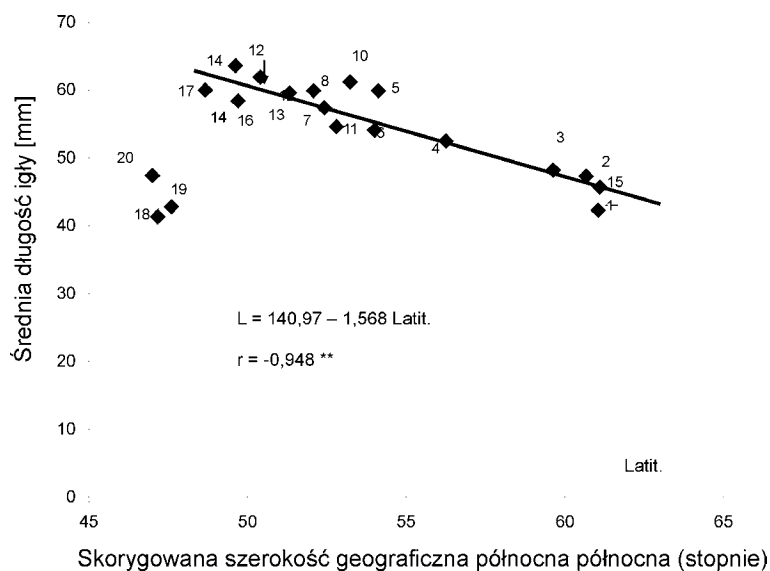
Analizując wyniki badań uzyskane w ciągu piętnastu lat [Gunia i Żybura 1987a, 1989, Gunia i in. 1991], stwierdzono bardzo silny związek wartości szeregu cech drzew poszczególnych pochodzeń ze współzrędnymi geograficznymi (ryc. 2, 3), a więc warunkami wzrostu drzewostanów macierzystych, w których pozyskano nasiona do badań prowadzonych w ramach IUFRO.



Źródło: Gunia i Żybura 1987a

Ryc. 2. Zależność średniej wysokości 5-letnich drzew sosny zwyczajnej różnych pochodzeń europejskich od szerokości geograficznej stanowisk drzewostanów macierzystych skorygowanej względem poziomu morza

Najgorsze pod względem przeżywalności i wzrostu na wysokość (ryc. 2) oraz grubość okazały się pochodzenia północne (rosyjskie i szwedzkie) oraz południowe (z Bałkanów i Turcji). Dość dobrą pozycję osiągnęły ogólnie pochodzenia polskie: Tabórz, Rychtal i Spała. Do najwyższych należały drzewa pochodzeń: Ardennes (Belgia), Pornóapati (Węgry), Lampertheim (Niemcy) i Haguenau (Francja).



Źródło: Gunia i inni 1991

1–20 – pochodzenia:

1. Roshchinskaya Dacha – Rosja; 2. Kondenzskoye – Rosja; 3. Serebrayanskoye – Rosja; 4. Silene – Łotwa; 5. Miłomiłun – Polska; 6. Supraśl – Polska; 7. Spała – Polska; 8. Rychtal – Polska; 10. Neuhaus – Niemcy; 11. Betzhorn – Niemcy; 12. Lampertheim – Niemcy; 13. Ardennes – Belgia; 14. Haguenau – Francja; 15. Sumpberget – Szwecja; 16. Zahorie – Słowacja; 17. Pornóapati – Węgry; 18. Maocnica – Bośnia i Hercegowina; 19. Prusacka Rijeka – Bośnia i Hercegowina; 20. Catacik – Turcja

Ryc. 3. Zależność średnich długości igieł 7-letnich drzew sosny zwyczajnej różnych pochodzeń europejskich od szerokości geograficznej stanowisk drzewostanów macierzystych skorygowanej względem poziomu morza

Świerk pospolity

Archiwum rodowe w Leśnictwie Głuchów

Badania nad zmiennością 42 rodów świerka pospolitego siedmiu pochodzeń z różnych regionów Polski, zarówno z zasięgu północno-wschodniego, jak i południowego, zapoczątkowały w Katedrze Hodowli Lasu SGGW w końcu lat pięćdziesiątych ubiegłego wieku pierwsze po II wojnie doświadczenia proveniencyjne [Kowalski i Włoczewski 1972].

Uprawę porównawczą założono, sadząc 4-letnie sadzonki (2/2) w dość gęstej więźbie 1×1 m. Badania przeprowadzone w dwudziestym roku życia drzew [Gunia i Żybura 1999b] wykazały, że wydzielenie drzew było dość intensywne. Ich przeżywalność wynosiła od 39% (ród 95 z Rogowa) do 71% (ród 75 ze Zwierzyńca Białowieskiego), wynosząc średnio 51%. Przeżywalność przewyższająca średnią ogólną o więcej niż o jednostkę odchylenia standardowego cechowała siedem rodów (71 i 75 ze Zwierzyńca Białowieskiego, 83 – z Białobrzegów, 91 – z Rogowa, 53 i 54 – z Milicza oraz ród 11 z Krynicy), a mniejsza o jedną jednostkę – tylko cztery rody (ród 72 ze Zwierzyńca Białowieskiego, ród 43 – ze Stronia Śląskiego i rody 93 i 94 z Rogowa).

Średnia pierśnica rodów wynosiła od 5,9 cm (rody: 63 z Białowieży, 75 – ze Zwierzyńca Białowieskiego i 55 – z Milicza) do 7,9 cm (ród 43 ze Stronia Śląskiego) przy średniej ogólnej wszystkich drzew na powierzchni – 6,6 cm (ryc. 4).

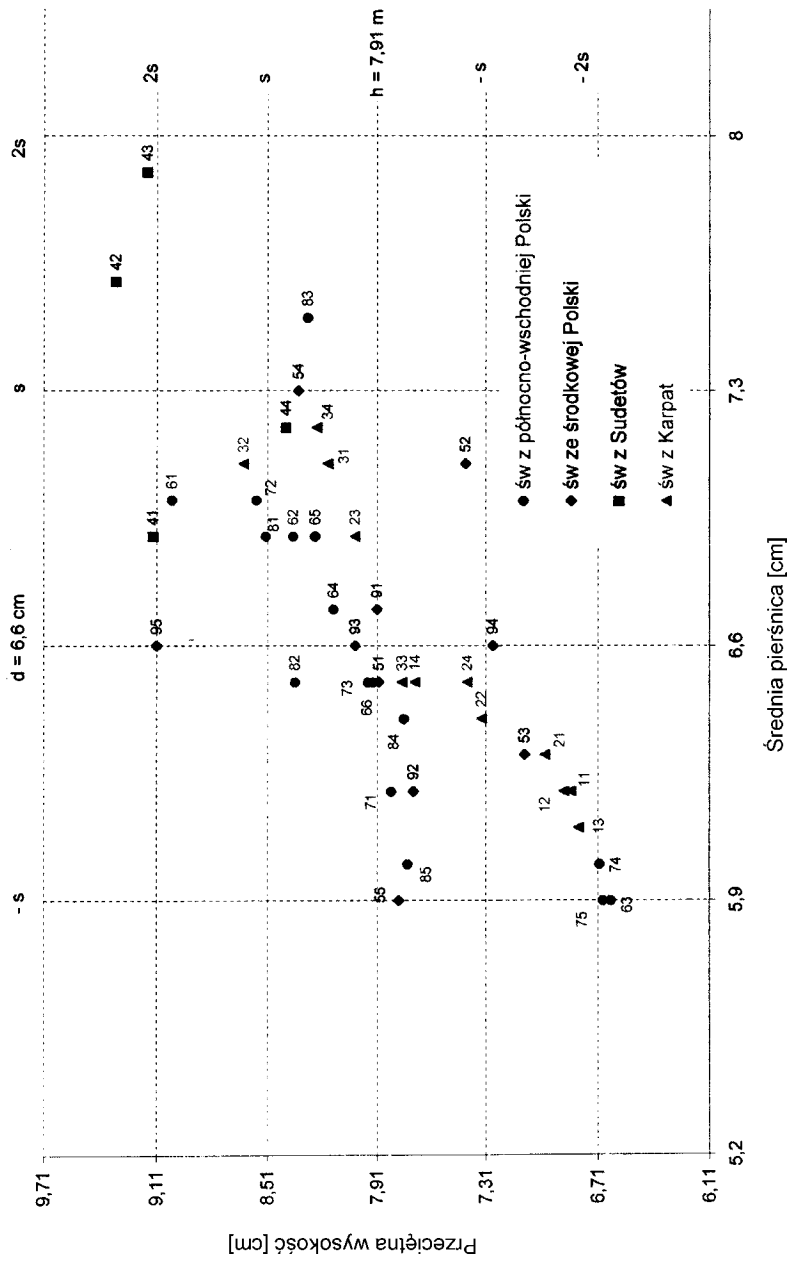
Drzewa należące do poszczególnych rodów osiągnęły przeciętną wysokość mieszczącą się w zakresie od 6,64 m (ród 63 z Białowieży) do 9,33 m (ród 42 ze Stronia Śląskiego) przy średniej ogólnej – 7,91 m (ryc. 4).

Jeśli się weźmie pod uwagę pierśnicę i wysokość, to najlepsze parametry wzrostowe osiągnęły rody 42 i 43 ze Stronia Śląskiego, a najgorsze – rody 74 i 75 ze Zwierzyńca Białowieskiego, ród 63 z Białowieży oraz rody 11, 12 i 13 z Krynicy. Te ostatnie pochodziły od drzew matecznych opanowanych przez opieńkę miodową (ryc. 4).

Doświadczenie IUFRO 1972 na powierzchni porównawczej w Leśnictwie Głuchów

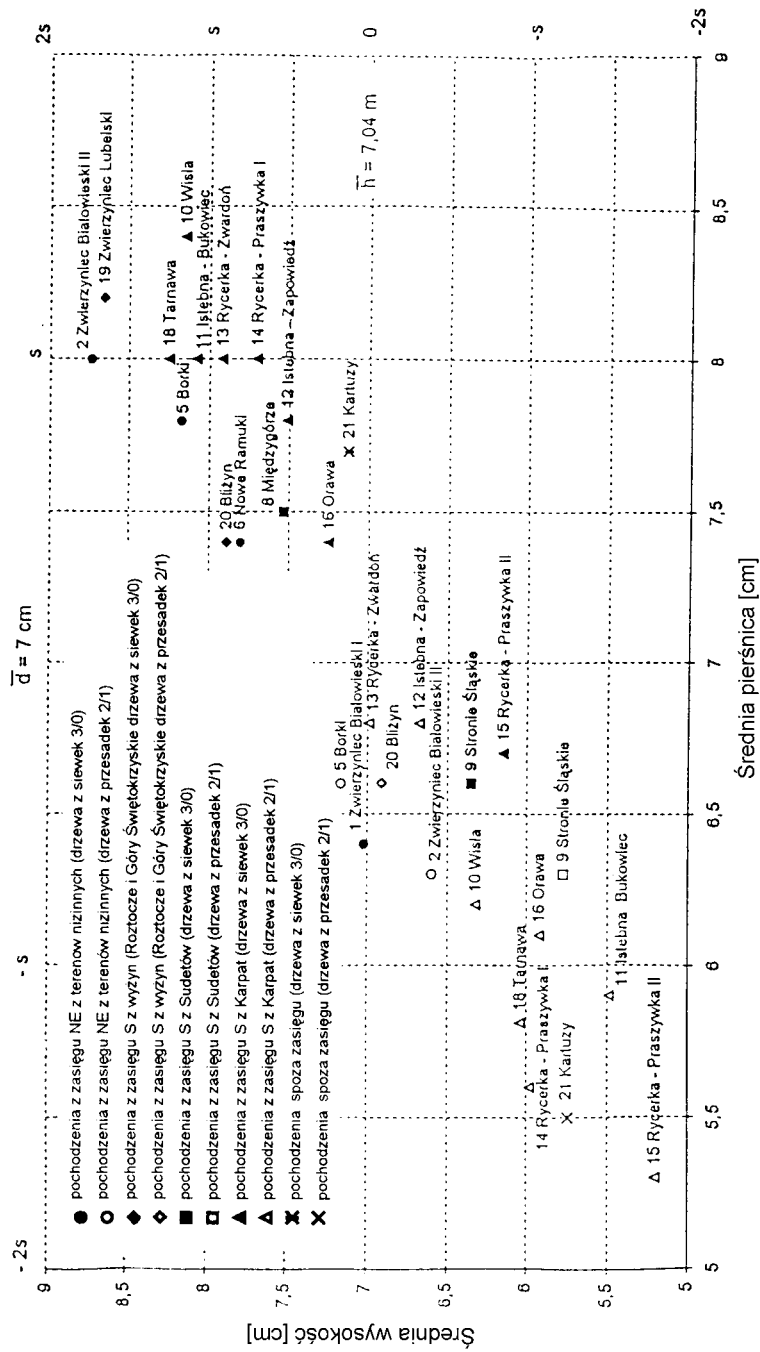
Do założenia doświadczalnej uprawy porównawczej świerka pospolitego różnych pochodzeń polskich, w układzie bloków losowanych i więźbie $1,5 \times 1,5$ m, użyto w przypadku większości pochodzeń (13 z 17) zarówno 3-letnich siewek (3/0), jak i 3-letnich sadzonek (2/1). Sadzonki te różniły się wymiarami [Gunia i Żybura 1999b]. Siewki były średnio o 80% wyższe od sadzonek. Wpływ zróżnicowania materiału sadzeniowego okazał się długotrwały. Drzewa ocenianych pochodzeń wyrosłe z siewek zachowały przez cały okres dotychczasowych, przeszło 20-letnich badań przewagę pod względem wysokości (o ok. 12%) i grubości (o ok. 7%). Przy takim samym zagęszczeniu drzewa w takim samym wieku wyrosłe z siewek miały wyraźnie większą pierśnicę i wysokość niż drzewa wyrosłe z sadzonek (ryc. 5).

Ogólnie, dobrym wzrostem, a także jakością, wyróżniały się pochodzenia z Beskidów (Wisła, Istebna-Bukowiec, Rycerka-Praszywka I) oraz pochodzenia nizinne z północnego wschodu (Borki, Zwierzyniec Białowieski II). Do pochodzeń dobrych można było zaliczyć także następujące: Zwierzyniec Lubelski, Tarnawa, Rycerka-Zwardoń, Międzygórze i Kartuzy. Pochodzenia o mniejszej wartości to Nowe Ramuki, Istebna-Zapowiedź, Zwierzyniec Białowieski I i Bliżyn. Nieprzydatne w lasach rogowskich okazały się takie proveniencje górskie, jak Orawa, Stronie Śląskie i Rycerka-Praszywka II. Dwa pochodzenia niemieckie (Westerhof 40 i 48), które również testowano w doświadczeniu, były nieco gorsze niż polskie o średniej wartości.



Źródło: Gunia, Żybuła 1999b

Ryc. 4. Zależność przeciętnej wysokości od średniej pierśnicy (obliczenia metodą Loreya) 22-letnich drzew z rodów świerka pospolitego różnych polskich pochodzeń z północno-wschodnich obszarów niższych (rody nr 61–66 z Nadleśnictwa Białowieża; 71–75 z Nadleśnictwa Zwierzyniec Białowiecki; 81–85 z Nadleśnictwa Białobrzegi), z obszarów wyżynnych środkowopolskich (nr 91–95 z LZD Rogów; 51–55 z Nadleśnictwa Milicz) oraz górskich z Sudetów (rody nr 41–44 z Nadleśnictwa Stronie Śląskie) i z Karpat (rody nr 11–14 – z LZD Krzynica (drzewa mateczne porażone przez opieńkę miodową) oraz tego samego pochodzenia rody nr 21–23 (drzewa mateczne zdrowe)



Źródło: Gunia i Żybura 1999b

Ryc. 5. Zależność średniej wysokości od średniej pierśnicy 20-letnich drzew świerka pospolitego różnego pochodzenia z terenu Polski na powierzchni porównawczej LZD Rogów (doświadczenie IUFRO 1972)

Archiwum rodowe w Leśnictwie Strzelna

Długookresowe badania wykazały niemal identyczny zakres zmienności pod względem przeżywalności i cech wzrostowych zrównu u 35 rodów nizinnych z północnego wschodu, jak i u 27 rodów górskich z południa [Gunia i Żybura 1984, 1987b, 1999b]. Brak było również istotnych różnic pod względem średnich wartości rozpatrywanych cech u 20-letnich drzew świerka z wymienionych obszarów (przeżywalność rodów z NE i S – 81%; pierśnica – $D_{NE} = 77,9$ mm, $D_S = 78,2$ mm), przy bardzo istotnym jednak zróżnicowaniu średnich dla poszczególnych rodów (ryc. 6).

Średnia miąższość jednego drzewa z terenów nizinnych ($V_{NE} = 211$ dm³) okazała się o ok. 20% większa niż miąższość drzewa z obszarów górskich ($V_S = 174$ dm³). Ogólna miąższość drzew należących do poszczególnych rodów wynosiła od 1990 dm³ (ród 129 z Wisły) do 12 406 dm³ (ród 22 ze Zwierzyńca Białowieskiego). Dane te wskazują na znaczenie selekcji rodowej.

Jodła pospolita

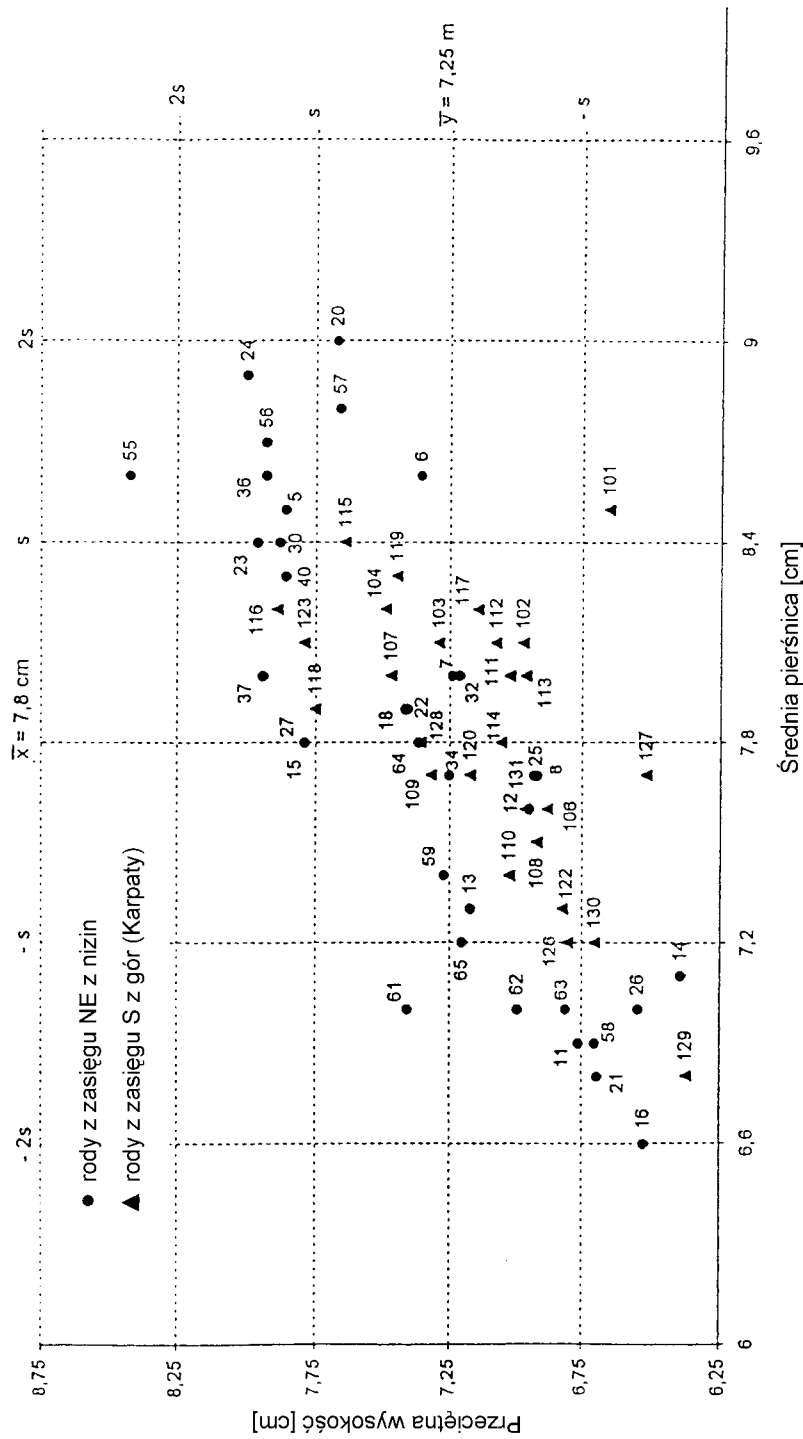
Powierzchnia porównawcza w Leśnictwie Strzelna

Uprawy porównawcze (cztery pochodzenia polskie) założono na pięciu powierzchniach w jednakowych warunkach siedliskowych, ale w różnych warunkach otoczenia, na gniazdach w drzewostanie sosnowym, na zrębie pod osłoną boczną modrzewia lub brzozy, pod okapem drzewostanu modrzewiowego słabo lub silniej przerzedzonego [Gunia 1985]. Badania wykazały istnienie różnej reakcji ocenianych pochodzeń jodły na warunki świetlne modyfikowane przez otoczenie. Jodła pochodzenia miejscowego z północnej granicy zasięgu w Polsce (Rogów) okazała się bardziej cienioznośna niż jodła karpacka pochodzenia Stary Sącz. Jodła z Gór Świętokrzyskich pochodzeń Skarżysko i Świętokrzyski Park Narodowy zachowywała się podobnie jak jodła z Rogowa. Zaznaczył się korzystny wpływ osłony drzewostanu na przeżywalność (ryc. 7).

Na gniazdach jodła pochodzenia Stary Sącz wzrastała szybciej niż jodła pozostałych pochodzeń (ryc. 8), natomiast jeśli rosła pod okapem drzewostanu modrzewiowego, wzrost jej był znacznie wolniejszy niezależnie od stopnia przerzedzenia okapu górnego. Na powierzchniach na zrębie pod osłoną boczną modrzewia lub brzozy wszystkie cztery pochodzenia rosły prawie jednakowo (ryc. 8).

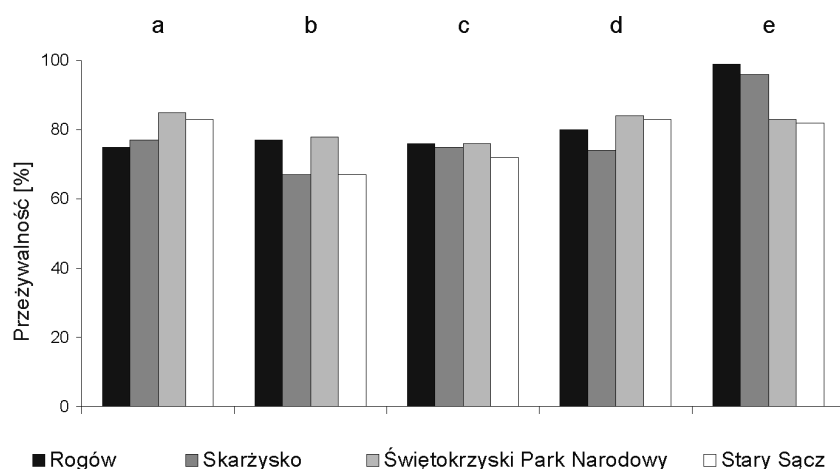
Uprawy sadzonek ze szkółki odkrytej i podokapowej w Leśnictwie Strzelna

Badania wykazały, że warunki ekologiczne kształtujące w szkółce cechy materiału sadzeniowego wywierały wpływ na dalszy wzrost drzew jodły na uprawach dwóch pochodzeń polskich [Gunia 1985]. Pod okapem drzewostanu sosnowego pochodzenie Babiogórski Park Narodowy wykazało przewagę nad pochodzeniem Świętokrzyski Park Narodowy zarówno pod względem przeżywalności (ryc. 9), jak i wzrostu na wysokość (ryc. 10). Na tej powierzchni 14-letnie drzewa obu pochodzeń wyrosłe z sadzonek (2/2) ze szkółki odkrytej osiągały większą wysokość niż wyrosłe z sadzonek ze szkółki podokapowej. Na powierzchni zrębowej nie stwierdzono natomiast żadnego istotnego wpływu zarówno pochodzenia, jak i rodzaju sadzonek na kształtowanie się wysokości drzew. Tendencja pod tym względem była jednak zbliżona do ujawnionej na powierzchni podokapowej.



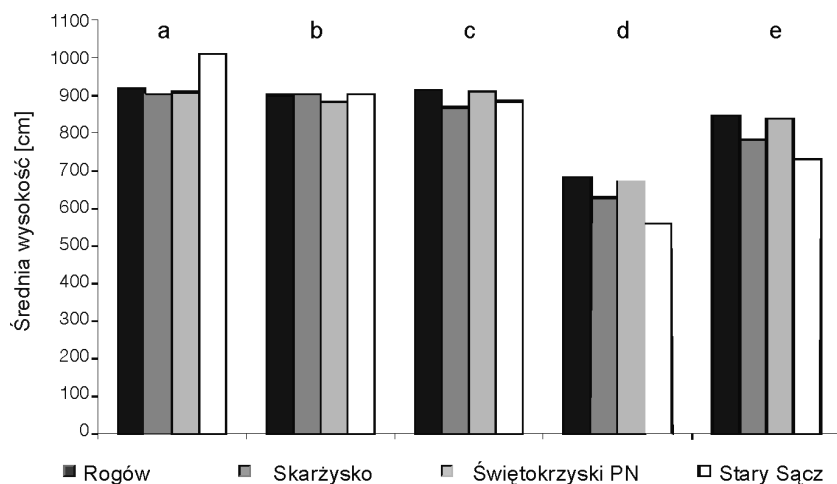
Źródło: Gunia i Żybura 1999b

Ryc. 6. Zależność przeciętnej wysokości od średniej pierśnicy 20-letnich drzew z rodów świerka pospolitego różnych polskich pochodzeń z północno-wschodnich obszarów nizinnych (rody nr 30–40 z Borek, 5–61 ze Zwierzynca Białowieckiego i 62–65 z Leśnej) oraz południowych terenów górskich (nr 101–107 z Wisły, 108–119 z Istebnej i 120–131 z Rycerki) na powierzchni porównawczej w LZD Rogów



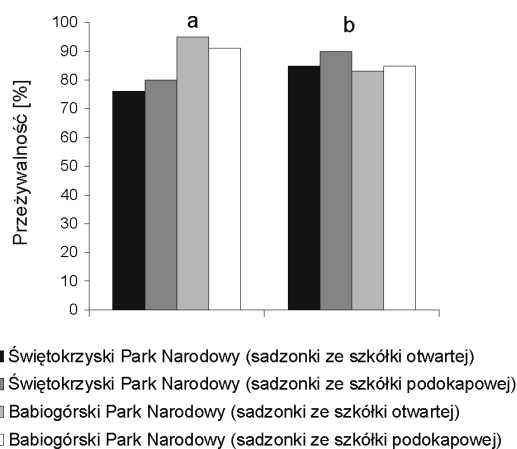
Źródło: Gunia 1985

Ryc. 7. Przeżywalność 15-letnich drzew jodły pospolitej czterech pochodzeń polskich na powierzchniach porównawczych w LZD Rogów; a – gniazda w drzewostanie sosnowym, b – modrzew w osłonie bocznej, c – brzoza w osłonie bocznej, d – osłona górna słabo przerzedzonego drzewostanu modrzewiowego, e – osłona górna silnie przerzedzonego drzewostanu modrzewiowego



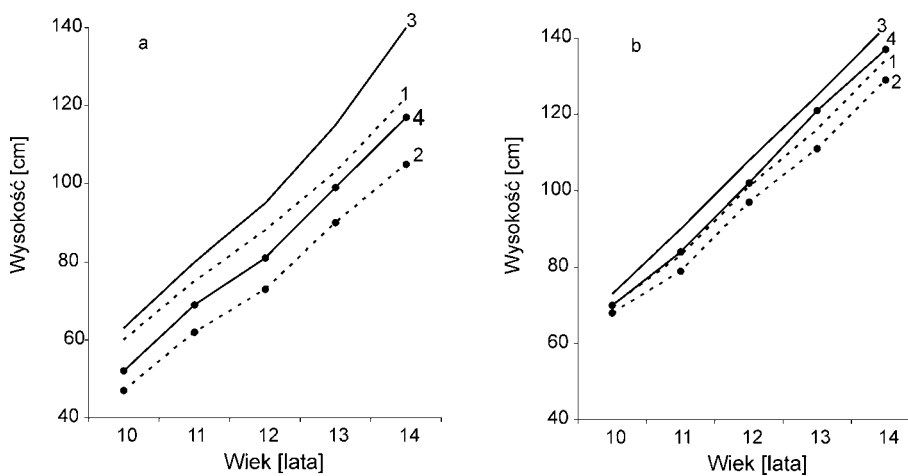
Źródło: Gunia 1985

Ryc. 8. Średnia wysokość 15-letnich drzew jodły pospolitej czterech pochodzeń polskich na powierzchniach porównawczych w LZD Rogów; a – gniazda w drzewostanie sosnowym, b – modrzew w osłonie bocznej, c – brzoza w osłonie bocznej, d – osłona górna słabo przerzedzonego drzewostanu modrzewiowego, e – osłona górna silnie przerzedzonego drzewostanu modrzewiowego



Źródło: Gunia 1985

Ryc. 9. Wpływ warunków świetlnych w szkółce w czasie produkcji sadzonek na przeżywalność 14-letnich drzew jodły dwóch polskich pochodzeń na uprawach w LZD Rogów na powierzchni odkrytej (a) i pod boczną osłoną modrzewia (b)



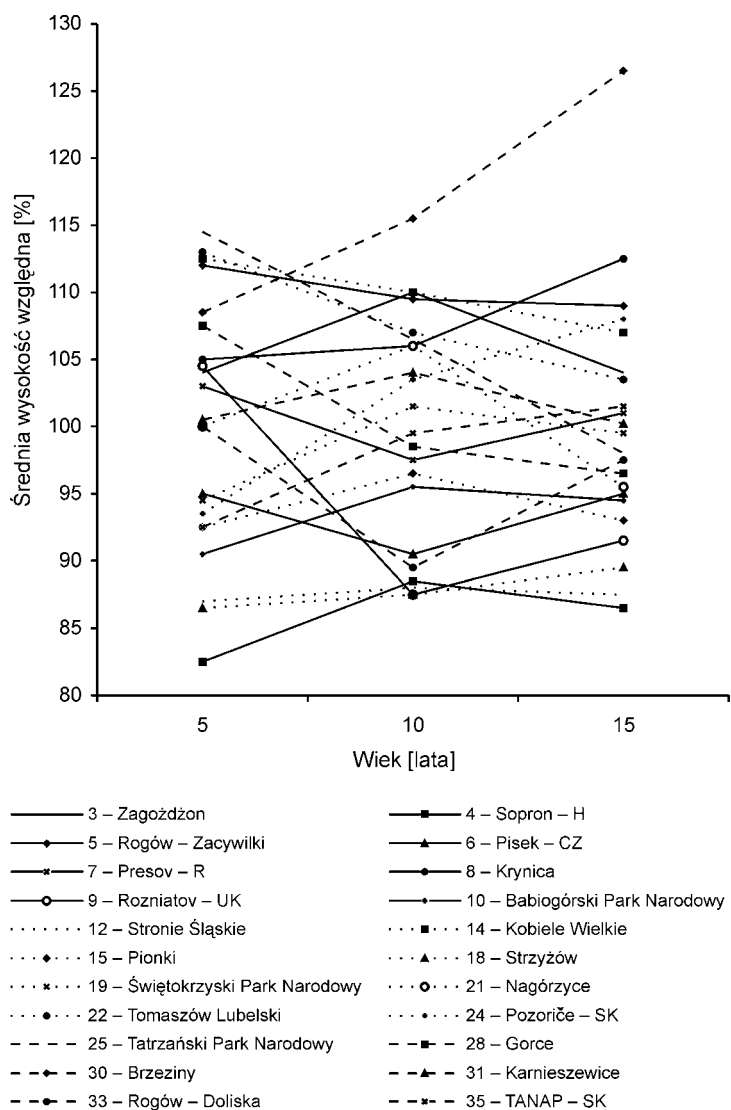
1 – sadzonki pochodzenia Świętokrzyski Park Narodowy ze szkółki otwartej, 2 – sadzonki pochodzenia Świętokrzyski Park Narodowy ze szkółki podokapowej, 3 – sadzonki pochodzenia Babiogórski Park Narodowy ze szkółki otwartej, 4 – sadzonki pochodzenia Babiogórski Park Narodowy ze szkółki podokapowej

Źródło: Gunia 1985

Ryc. 10. Wpływ warunków świetlnych w szkółce w czasie produkcji sadzonek na dalszy wzrost na wysokość drzew jodły dwóch polskich pochodzeń na uprawach w LZD Rogów na powierzchni odkrytej (a) i pod osłoną boczną modrzewia (b)

Powierzchnia porównawcza w Leśnictwie Jasiń – różne pochodzenia europejskie

Ogólnie stwierdzono [Gunia 1984], że przy wykładniczym przebiegu wzrostu pozycja większości pochodzeń pod względem wysokości zmieniała się wraz z wiekiem drzew (ryc. 11).

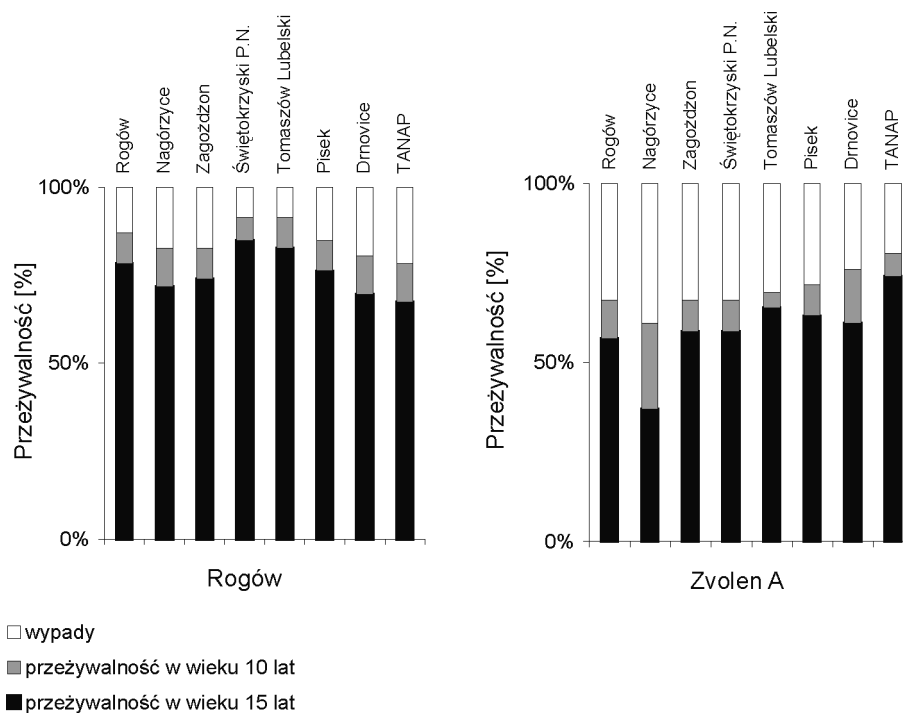


Źródło: Gunia 1984

Ryc. 11. Średnia wysokość względna (w % średniej ogólnej) 5-, 10- i 15-letnich drzew jodły pospolitej różnego pochodzenia ze wschodniej części zasięgu naturalnego na powierzchni porównawczej w LZD Rogów

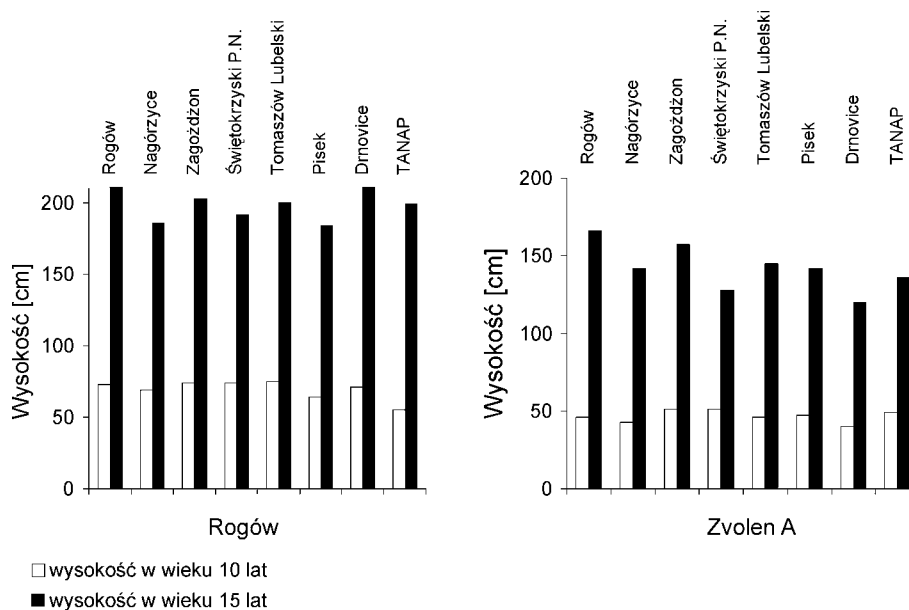
Najlepsze cechy wzrostowe ujawniły pochodzenia jodły z północnej i wschodniej granicy zasięgu (Brzeziny, Rogów-Zacywilki, Kobiełe Wielkie). Wyjątek stanowiło drugie pochodzenie miejscowe (Rogów-Doliska), które rosło słabo. Przyczyną mógł być zaawansowany wiek drzew macierzystych, a także możliwość zapylenia wsobnego, związana z ich rozproszonym, jednostkowym występowaniem. Dobrze rosła także jodła pochodzeń Tomaszów Lubelski i Krynica, a z obcych – Pozořice (Czechy). O wysokości osiągniętej przez jodły do 15 roku życia decydowała w dużym stopniu wielkość koron, a także liczba żywych okółków i gałęzi oraz czas utrzymywania się igieł [Gunia 1984].

Niektóre z pochodzeń wprowadzono równocześnie na powierzchnie porównawcze w Polsce w Rogowie i na Słowacji koło miasta Zvolen. Umożliwiło to zbadanie interakcji między reprezentowanymi przez te pochodzenia genotypami a środowiskiem [Gunia 1985]. Okazało się, że pochodzenia polskie reagowały podobnie na warunki w obydwu miejscach uprawy zarówno pod względem przeżywalności, jak i wzrostu na wysokość. Pochodzenia słowackie i czeskie zachowywały się różnie (ryc. 12, 13).



Źródło: Gunia 1985

Ryc. 12. Reakcja na warunki środowiska na powierzchniach porównawczych w LZD Rogów (Polska) i w Zvolen A (Słowacja) drzew jodły pospolitej pochodzeń polskich, słowackich i czeskich pod względem przeżywalności



Źródło: Gunia 1985

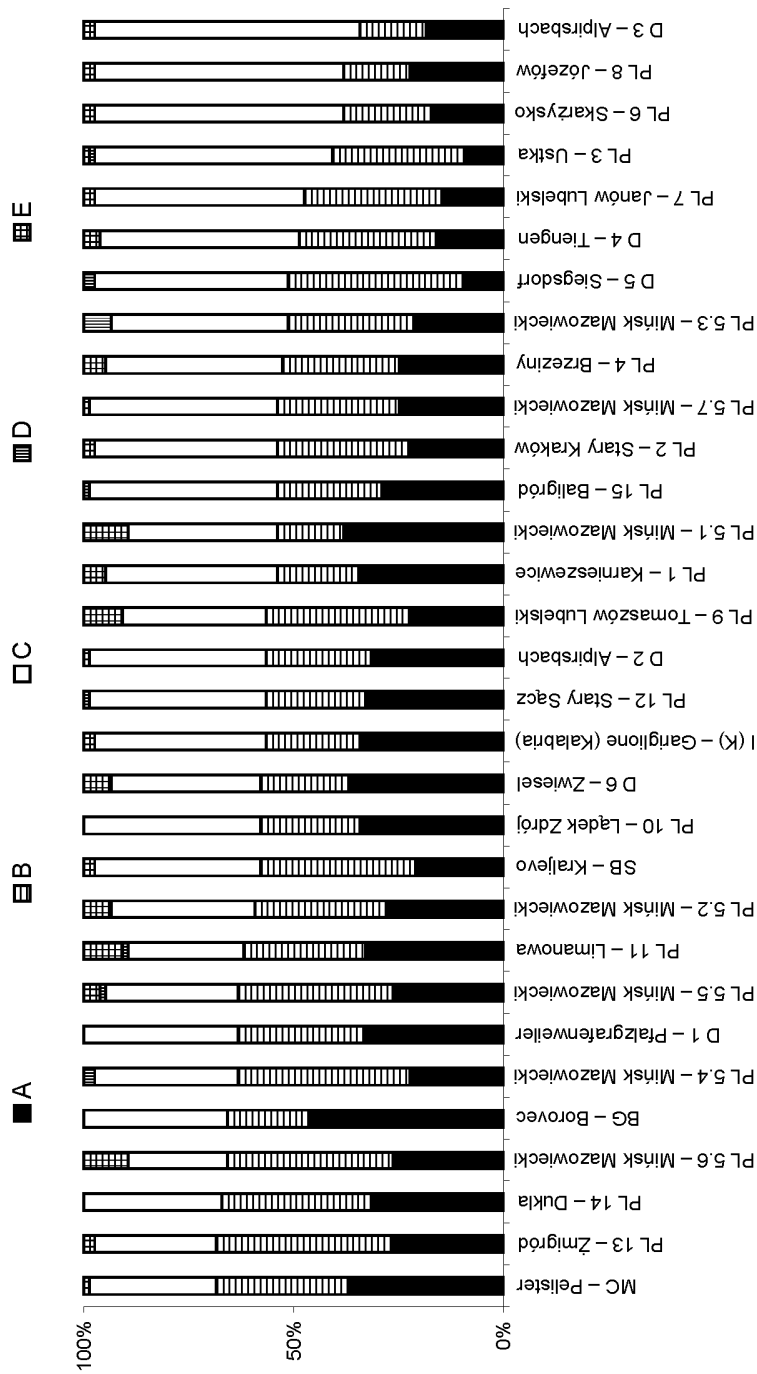
Ryc. 13. Reakcja na warunki środowiska na powierzchniach porównawczych w LZD Rogów (Polska) i Zvolen A (Słowacja) drzew jodły pospolitej pochodzeń polskich, słowackich i czeskich pod względem wzrostu wysokości

Doświadczenie IUFRO 1972. Uprawy w szkółce w Leśnictwie Strzelna

Warunki wzrostu w namiocie foliowym przez pierwszy okres wegetacyjny okazały się szczególnie korzystne dla jodły z południowej Europy i południowo-zachodniej części Niemiec [Gunia 1994]. Siewki jodły pochodzeń polskich, głównie z północnego wschodu naturalnego zasięgu, rozwinęły się na wiosnę szybciej niż siewki innych pochodzeń na łatwo nagrzewającym się, ciemnym substracie torfowym i bardziej ucierpiały wskutek późnych przymrozków. Wysokość takich 2-letnich siewek nie przewyższała wysokości siewek jednorocznych, co odbijało się początkowo na wysokości sadzonek. Późnym rozwojem pączków na wiosnę wyróżniała się także w szkółce jodła pochodzenia włoskiego Gariglione z Kalabrii (I(K)).

Ocena różnych cech sadzonek (2/3) wykazała, że większość badanych pochodzeń polskich charakteryzowała lepsza wartość hodowlana niż pochodzenia zagraniczne (ryc. 14).

Pod względem wysokości rody pochodzenia Mińsk Mazowiecki cechował większy zakres zmienności niż wszystkie pozostałe populacje stanowiące potomstwo drzewostanów. Pozycja wysokościowa poszczególnych pochodzeń, mierzona w stosunku do średniej wysokości ogólnej wszystkich pochodzeń, ulegała w okresie pięciu lat dużym zmianom.



A – sadzonki z pędem głównym i pędami bocznymi ostatniego okółka, B – sadzonki z ostatnim pędem głównym, lecz bez najwyższego okółka, C – sadzonki wielowierzchołkowe z kilkoma pędami szczytowymi, D – sadzonki tylko z pędami bocznymi i najwyższego okółka, pozbawione ostatniego przyrostu pędu głównego, E – sadzonki bez ostatniego przyrostu pędu głównego i pędów bocznych

Źródło: Gunia 1994

Ryc. 14. Procentowy udział sadzonek (2/3) jodły pospolitej pochodzeń europejskich o różnych cechach morfologicznych w szkółce w LZD Rogów

W wieku 2 lat do najwyższych należały siewki pochodzenia włoskiego Gariglione z Kalabrii (I(K)), niemieckiego – Zwiesel (D6) i polskiego spoza naturalnego zasięgu – Stary Kraków (PL2), a do najniższych siewki pochodzenia bułgarskiego – Borovec (BG) i serbskiego – Karljevo (SB). W grupie najniższych znalazły się także dwa rody z Mińska Mazowieckiego (PL5.4 i PL5.7).

Najwyższymi 5-letnimi sadzonkami (2/3) wyróżniły się pochodzenia Janów Lubelski (PL7), Stary Sącz (PL12) i Żmigród (PL13) oraz dwa rody z Mińska Mazowieckiego (PL5.4 i PL5.5). Najniższe były sadzonki pochodzeń niemieckich: Tiengen (D4), Pfalzgrafenweiler (D1) i Alpirsbach (D2 i D3) oraz dwóch rodów z Mińska Mazowieckiego (PL5.1 i PL5.6).

Wszechstronna analiza wyników badań proveniencyjnych krajowych i zagranicznych potwierdziła, że pochodzenia jodły z północno-wschodniej granicy zasięgu w Polsce należą do stosunkowo szybko rosnących w młodości, wyprzedzając pod tym względem inne pochodzenia rodzime i obce [Gunia 1999].

Literatura

- Gunia S.** 1973. Growth of 16 Polish provenances of Scots pine on an experimental area in forest range Lipce near Rogów. [W:] Symposium on Genetics of Scots Pine, Warszawa–Kórnik.
- Gunia S.** 1978. Badania nad sosną pospolitą, jej wrodzonymi właściwościami i reagowaniem na warunki uprawy (na powierzchni proveniencyjnej w LZD Rogów). Dokumentacja za okres 1966–1977, SGGW-AR w Warszawie, Instytut Przyrodniczych Podstaw Leśnictwa i Hodowli Lasu (maszynopis).
- Gunia S.** 1980. Self-thinning process in plantations of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) of different Polish provenances. [W:] IUFRO Symposium on Scots Pine Forestry of the Future, Kórnik, 68–76.
- Gunia S.** 1984. Höhenwachstum und morphologische Merkmale der fünfzehnjährigen Weisstanne (*Abies alba* Mill.) eiger heimischer und fremder Herkünfte am Nordrande ihres Naturverbreitungsgebietes in Polen. Ann. Wars. Agric. Univ. – SGGW-AR, Forestry and Wood Technol., 32, 3–40.
- Gunia S.** 1985. Zur Frage der Wechselwirkung zwischen Erbgut und Umwelt bei der Weisstanne (*Abies alba* Mill.). Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen, 80, 120–136.
- Gunia S.** 1994. Verschulpflanzen (2+3) verschiedener Herkünfte von Weisstanne (*Abies alba* Mill.) am Nordrand ihres natürlichen Verbreitungsgebietes in Polen. 7. IUFRO – Tannensymposium, Altensteig, 84–104.
- Gunia S.** 1999. Zmienność niektórych cech jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) z różnych części naturalnego zasięgu, szczególnie z Polski. [W:] Ocena zmienności genetycznej oraz program zagospodarowania selekcyjnego drzewostanów jodłowych w RDLP Krosno. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 339, ser. Sesja Naukowa, 61, 87–99.
- Gunia S., Buraczyk W.** 1999. The content of ash and nutrients in the needles of 1/2 Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedling representing 20 domestic provenances. Ann. Wars. Agric. Univ. – SGGW-AR, Forestry and Wood Technol., 49, 51–57.

- Gunia S., Żybura H.** 1984. Variability of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) half-sib families of lowland and mountain Polish provenances in nursery. Ann. Wars. Agric. Univ. – SGGW-AR, Forestry and Wood Technol., 32, 41–48.
- Gunia S., Żybura H.** 1987a. Growth, field survival and certain morphological characteristics of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) plants of Polish and foreign provenances. Ann. Wars. Agric. Univ. – SGGW-AR, Forestry and Wood Technol., 36, 69–77.
- Gunia S., Żybura H.** 1987b. Height of half-sib Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) families of Polish lowland and mountain provenances during first years in plantation. Ann. Wars. Agric. Univ. – SGGW-AR, Forestry and Wood Technol., 36, 79–87.
- Gunia S., Żybura H.** 1989. Sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris* L.) pochodzeń europejskich na uprawie porównawczej w Lasach Doświadczalnych SGGW-AR. Sylwan, 133, 11–12.
- Gunia S., Żybura H.** 1999a. Field performance of 20 Polish provenances of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) at a study plot in the Rogów Forest Experimental Station. Ann. Wars. Agric. Univ. – SGGW-AR, Forestry and Wood Technol., 49, 41–51.
- Gunia S., Żybura H.** 1999b. Rody i pochodzenia świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.) z terenu Polski na powierzchniach porównawczych w LZD Rogów. [W:] Konferencja Naukowa „Genetyczna i hodowlana wartość polskich populacji świerka z zasięgu północno-wschodniego”, Augustów, Knyszyn, Czarna Białostocka, 135–154.
- Gunia S., Żybura H., Buraczyk W.** 1991. Needle length and dry matter content compared with tree height of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) of European provenances in an experimental plantation in Central Poland. Ann. Wars. Agric. Univ. – SGGW-AR, Forestry and Wood Technol., 41, 66–77.
- Gunia S., Żybura B., Żybura H.** 1993. Wzrost wysokości i niektóre cechy morfologiczne przesadek (1/2) sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) 20 pochodzeń polskich. Sylwan, 137, 45–53.
- Kowalski M., Włoczewski T.** 1972. Przebieg wzrostu wysokości potomstwa świerków pochodzących z różnych dzielnic Polski. Zesz. Nuk. SGGW, Leśnictwo, 17, 7–27.

Zmienność wewnątrzgatunkowa modrzewia

Marian Kulej*

Modrzew na terenie Polski występuje w formie rozproszonej, na większych lub mniejszych stanowiskach izolowanych [Bałut 1962, 1967, Boratyński 1986, Chyralecki 2000]. Większe obszary zajmuje tylko w regionach górskich: w Górach Świętokrzyskich, Sudetach i Karpatach. To wyspowe występowanie modrzewia spowodowało wyróżnienie w ramach gatunku *Larix decidua* (Mill.) dwóch podgatunków: modrzewia europejskiego (*Larix decidua* subsp. *decidua*) – występującego tylko w Alpach i w Tatrach, głównie przy górnej granicy lasu i w górnych partiach regla górnego, a w wydzielonej z tego podgatunku odmianie sudeckiej (*Larix decidua* var. *sudetica* (Cieś.) Domin.) w Sudetach Wschodnich, ale tylko w reglu dolnym – oraz modrzewia polskiego (*L. decidua* subsp. *polonica* Domin, *Larix polonica* Racib.). W Wysokich Tatrach modrzew europejski znajduje optymalne warunki na wysokości od 1100 do 1300 m n.p.m. Modrzew polski ma centralny zasięg na obszarze wyżynnej części kraju (Kraina Małopolska – Góry Świętokrzyskie i okolice), a na niżej w odosobnionych, pojedynczych stanowiskach w Krainach Mazowiecko-Podlaskiej i Śląskiej. W formie rozproszonej podgatunek ten występuje natomiast niemal w całych Karpatach, gdzie rośnie w rejonie pogórza i w reglu dolnym. Jego zasięg pionowy wynosi od 600 m n.p.m. na południu do 150 m n.p.m. na północy [Boratyński 1986].

W wyniku działalności człowieka modrzewie poszczególnych gatunków czy ekotypów są uprawiane niejednokrotnie daleko od miejsca pochodzenia, a granice ich zasięgów uległy zatarciu. Występują wśród nich populacje cząstkowe, które różnią się zarówno szybkością wzrostu, wydajnością miąższości drewna, jak i wieloma innymi cechami. Zróżnicowanie to powstało na skutek występowania modrzewia w formie izolowanych stanowisk wyspowych, co spowodowało utrwalenie się specyficznych cech w poszczególnych populacjach [Lines 1967, Bałut 1969], oraz długotrwałej i szeroko stosowanej jego uprawy, pociągającej za sobą nie tylko wymieszanie rodzimych ekotypów tego gatunku, ale również introdukcję nasion obcego pochodzenia [Barański 1970, Boratyński 1986]. Zadaniem planowanego gospodarstwa leśnego jest wykorzystanie zróżnicowania genetycznego modrzewia możliwie w jak największym stopniu.

Rozpoznanie zasobów genetycznych modrzewia umożliwiają przede wszystkim badania proveniencyjne. Dostarczają one podstawowych informacji z zakresu zmienności określonych cech, wartości hodowlanej poszczególnych populacji oraz ich przydatności dla gospodarki leśnej w różnych regionach kraju.

Pierwsze podjęte na szeroką skalę doświadczenie proveniencyjne z modrzewiem zostało założone w monarchii austro-węgierskiej w Marianbrun pod Wiedniem przez Cieslara w 1887 r. [Cieslar 1914]. Podczas tych badań oprócz modrzewia sudeckiego i alpejskiego był również testowany modrzew z Gór Świętokrzyskich jako ekotyp wyżynny. W szerszym

* Katedra Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych, Akademia Rolnicza im. H. Kollątaja w Krakowie

zakresie modrzew z Polski był reprezentowany na porównawczych powierzchniach dopiero w latach dwudziestych, trzydziestych XX w. i to przede wszystkim w nizinnych krajach Europy.

Doświadczenia porównawcze z modrzewiem polskim prowadzono w Danii [Bornebusz 1948, Göhrn 1956], Szkocji [Hunter-Blair 1948], Niemczech i Finlandii [Schober 1958], gdzie testowano cztery pochodzenia świętokrzyskie (Góra Chełmowa, Łysa Góra, Skarżysko, Zagnańsk) oraz modrzew z Grójca (Mała Wieś). Kompilacja wyników tych doświadczeń została dokonana przez Schobera [1958] oraz przedstawiona przez Kocięckiego [1962] i Przybylskiego [1965]. Na szczególne podkreślenie zasługuje powierzchnia z 1932 r. w Lubawce (Sudety). W doświadczeniu tym testowano dziesięć populacji cząstkowych z Sudetów Zachodnich i Środkowych (Lubawka, Młyńsko, Rębiszów, Owiesno, Strzelin, Henryków, Złoty Staw, Trzebieszowice, Bolków, Jugowa) – reprezentujących stanowiska modrzewia znajdujące się obecnie w granicach Polski – oraz pięć pochodzeń z Alp Wschodnich i trzy z Alp Środkowych. Wszystkie proveniencje sudeckie zdecydowanie przewyższały modrzewia wschodnioalpejskiego, szczególnie wysokogórskiego z Alp Środkowych, pod względem przeżywalności, wzrostu, a zwłaszcza rakoodporności [Kocięcki 1968].

W latach czterdziestych i pięćdziesiątych ubiegłego wieku populacje cząstkowe modrzewia z terenu Polski były testowane w ramach badań o charakterze międzynarodowym prowadzonych pod patronatem Międzynarodowej Unii Leśnych Instytutów Badawczych (IUFRO) oraz doświadczeń krajowych i zagranicznych podjętych w 1949 r. z inicjatywy profesora Stanisława Tyszkiewicza przez Instytut Badawczy Leśnictwa w Warszawie.

W ramach badań I serii IUFRO z 1944 r. (obejmujących łącznie pięćdziesiąt dwa pochodzenia) modrzew z terenu Polski był reprezentowany przez siedem rodzimych populacji modrzewia polskiego (Nowy Sącz – Toki, Bochnia, Pińczów, Zagnańsk, Skarżysko, Nałęczów, Mała Wieś), jedno nierodzące pochodzenie sudeckie z Prószkowa oraz trzy populacje cząstkowe o nieznanym pochodzeniu, z Pomorza (Słupsk, Słobity, Sobowidze). Wymienione pochodzenia były badane na wielu powierzchniach w krajach Europy, USA i Kanadzie [Fischer 1952, Morandini 1958, Kiellander 1958, Šťastný 1965, Schober 1981]. Jedną z nich znajduje się na terenie Polski w Kolanowie pod Bochnią [Chodzicki 1968].

W ramach badań II serii IUFRO z 1958/59 r. (uwzględniających sumarycznie 68 proveniencji testowanych na 46 powierzchniach doświadczalnych w 10 krajach Europy i w USA) modrzew z terenu Polski był reprezentowany tylko przez trzy pochodzenia z Gór Świętokrzyskich (Skarżysko, Bliżyn, Góra Chełmowa) oraz przez pochodzenie Mała Wieś. Proveniencje te były testowane na powierzchniach doświadczalnych w byłej Czechosłowacji, Austrii, Francji i Niemczech [Bachler 1969, Šindelář 1974, Schober 1977, Paques 1996].

W czasie badań o charakterze międzynarodowym nad modrzewiem polskim zorganizowanych przez Instytut Badawczy Leśnictwa w Warszawie w 1949 r. analizowano trzy proveniencje (Skarżysko, Góra Chełmowa, Mała Wieś), które porównywano z lokalnymi proveniencjami modrzewia europejskiego oraz z modrzewiem japońskim i eurojapońskim na powierzchniach doświadczalnych w byłej Czechosłowacji, Anglii, Szwajcarii, Szwecji i Polsce [Čvancara 1958, Wood i Lines 1959, Leibundgut 1959, Schreiber 1960, Kocięcki 1972]. Modrzew z terenu Polski był również przedmiotem zainteresowań i badań na Węgrzech. Z doświadczeń z 1959 r. wynika, że populacje modrzewia polskiego ze Skarżyska, Bliżyna i Małej Wsi pod względem wzrostu i przeżywalności przewyższały nie tylko węgierskie pochodzenia modrzewia europejskiego, ale także inne poddane testowaniu [Tusko 1962].

Na większości międzynarodowych powierzchni doświadczalnych modrzew badanych proveniencji z terenu Polski, w porównaniu z modrzewiem z innych regionów naturalnego występowania tego gatunku, charakteryzuje się z reguły dobrym wzrostem [Šťastný 1965, 1971, Chodzicki 1968, Šindelář 1973, 1974, 1992, Kočiova 1978, 1983, Fer 1983, Freinauer i Thern 1983]. Dotyczy to nie tylko naturalnych populacji modrzewia polskiego, ale także modrzewi introdukowanych w Sudetach i na Pomorzu. Z syntezy rezultatów badań Giertycha [1979] i Schobera [1981, 1985] oraz Rożkowskiego [2002] wynika jednoznacznie, że modrzew z terenu Polski ustępuje pod względem wzrostu tylko proveniencjom sudeckim oraz modrzewiowi nieznanego pochodzenia ze Schlitzu (Wzgórza Północnohekskie). Na uwagę zasługuje również stwierdzenie Schobera [1985], że modrzew polski pod względem ogólnej produkcji miąższości w wieku 20 lat, obok sudeckiego i japońskiego oraz populacji modrzewi z południowo-wschodnich Alp i okolic Wienerwaldu, zajmuje drugie miejsce po modrzewiu nieznanego pochodzenia ze Schlitzu i Neumünsteru, wyprzedza natomiast o jedną klasę modrzewia tatrzańskiego, zarówno z położen nisko-, jak i wysokogórskich.

Drugim istotnym elementem przy ocenie wartości hodowlanej proveniencji modrzewia jest jakość strzały decydująca o możliwości wykorzystania surowca drzewnego. Pod względem tej cechy modrzew z terenu Polski w porównaniu z modrzewiem z innych regionów występowania charakteryzuje się złą, a nawet bardzo złą jakością. Uważa się, że spośród badanych najgorszą formę strzały wykazuje modrzew z Góry Chełmowej i Małej Wsi [Lacaze i Birot 1974, Kočiova 1975, Schober 1981, 1985, Fer 1983, Freinauer i Thern 1983]. O złej jakości strzały modrzewia polskiego świadczą przede wszystkim sumaryczne dane przedstawione przez Schobera [1977], z których wynika, że średni udział drzew prostych u pochodzeń tego podgatunku testowanych na powierzchniach doświadczalnych II serii IUFRO był znikomy. Dlatego też w wyniku ogólnej oceny wartości hodowlanej proveniencji modrzewia polskiego – mimo wysokiej dynamiki wzrostu – nie znalazły się w grupie pochodzeń zalecanych przez tego autora do uprawy. Nieco lepszą, chociaż znacznie zróżnicowaną formą strzały odznaczają się według wielu autorów modrzewie sudeckie [Lines 1967, Pintarič 1973, Morandini i Tocci 1975, Schober 1981, 1985]. Spośród nich modrzew z Prószkowa wykazywał formę średnią i dobrą, natomiast introdukowane proveniencje nadbałtyckie charakteryzowały się zróżnicowaną, ale z reguły słabą jakością strzały [Giertych 1979]. W ramach międzynarodowych badań została natomiast jednoznacznie potwierdzona duża odporność modrzewia polskiego i sudeckiego na raka modrzewia. Udział bowiem u tych modrzewi drzew z objawami symptomatologicznymi tej choroby wywołanej przez *Lachnellula willkommii* (Hartig.) Dennis. w porównaniu z populacjami alpejskimi (najmniej odpornymi) był na większości powierzchni proveniencyjnych zdecydowanie mniejszy i nie przekraczał w zasadzie kilku procent [Lines 1967, Chodzicki 1968, Šťastný 1971, Križan 1973, Morandini i Tocci 1975, Schober 1981, 1985]. Dużą odporność tej grupy modrzewi potwierdzono również w warunkach laboratoryjnych w drodze sztucznego infekowania [Sylvestre-Guinot i Delatour 1983]. Niezależnie od stwierdzonych różnic międzypochodzeniowych pod względem odporności modrzewia na raka wykazano, że nasilenie uszkodzeń powodowanych przez sprawcę choroby zależy także w znacznym stopniu od warunków uprawy. Zdaniem Schobera [1977] największe niebezpieczeństwo choroby występuje na terenach nizinnych i średniogórskich o wilgotnym i chłodnym klimacie.

Wyniki w zakresie dynamiki wzrostu uzyskane w ramach międzynarodowych doświadczeń proveniencyjnych nad modrzewiem wykazały, że modrzewie z terenu Polski oraz krajów sąsiadujących z Polską, zaliczane przez Chodzickiego [1967] do tzw. grupy polsko-sudecko-karpackiej, charakteryzują się silnym wzrostem oraz dużą zdolnością przystosowawczą do zmiennych warunków środowiska. Plastyczność modrzewi tej grupy, świadcząca o stabilnym ich wzroście w różnych warunkach środowiskowych, jest wynikiem specyficznych właściwości biologicznych i ekologicznych, które zdaniem Linesa [1965] i Giertycha [1980] zostały ukształtowane w procesie wielopokoleniowej selekcji modyfikowanej zmiennym klimatem oraz dużą konkurencją międzygatunkową. Do właściwości tych należy również zaliczyć znaczną (w porównaniu z modrzewiem alpejskim) odporność na ocienienie boczne i suszę, a także uszkodzenia powodowane przez owady, wytrzymałość na działanie ujemnych temperatur (mrozy i przymrozki), a w szczególności dużą rakoodporność [Rubner 1938, Hunter-Blair 1948, Schober 1958, Wachter 1959, Schreiber 1961, Kral 1963, Król i Skrzypczyńska 1987].

Jak wynika z przedstawionego przeglądu badań proveniencyjnych, modrzew jest przedmiotem zainteresowania i badań leśników od dziesiątków lat. W ich rezultacie wykazano, że poszczególne proveniencje modrzewia przedstawiają różną wartość hodowlaną. Do pełnego jednak wykorzystania w praktyce wyników tego typu badań konieczne jest oznaczenie danej proveniencji – zwłaszcza w przypadku braku pewności co do pochodzenia drzewostanu macierzystego – na podstawie różnych, często drugorzędnych cech. Cechą taką może być m.in. ciężar tysiąca pełnych nasion [Šimák 1967] czy wielkość i kształt szyszek [Szafer 1913, Šindélař 1967, Bałut 1969, Tyszkiewicz 1972]. Podstawę do różnicowania proveniencji dają też niejednokrotnie obserwacje fenologiczne przebiegu rocznego przyrostu na wysokość, a w szczególności termin, w którym przyrost wysokości u poszczególnych pochodzeń osiąga połowę wielkości rocznej [Leibundgut i Kunz 1952, Leibundgut 1983]. Zróżnicowanie u modrzewi w zależności od proveniencji zaobserwowano również na podstawie reakcji fotoperiodycznej siewek, a także ich wzrostu w warunkach krótkiego i długiego dnia [Żelawski 1956, Leibundgut 1959]. Wskaźnikiem pochodzenia modrzewia może być także sucha masa siewek w stanie spoczynku [Schreiber 1960, 1961, Schreiber i Kral 1963].

Ważną cechą diagnostyczną pochodzeń modrzewia jest również stopień alkaliczności (zasadowości) igliwia, stanowiący wskaźnik przydatności modrzewia danej proveniencji do określonych siedlisk. Najmniejszą wartość tego wskaźnika osiągają proveniencje z wysokich położeń w Alpach Zachodnich, a największą – z obszaru wschodniego Alp, które przewyższają pod względem tej cechy modrzewia polskiego z Bliżyna i Góry Chełmowej [Schreiber 1961].

Oprócz cech morfologicznych i fizjologicznych dużą wartość taksonomiczną – szczególnie w zakresie polimorfizmu genetycznego populacji cząstkowych modrzewi – mają tzw. markery biochemiczne (izoenzymy, monoterpény). Mejnartowicz i Bergman [1975], badając polimorfizm izoenzymów leucynoaminopeptydazy (LAP) oraz kwaśnej fosfatazy w makrogametofitach nasion modrzewia, wykazali różnice między modrzewiem sudeckim z Polanicy a modrzewiem polskim z Bliżyna. Stwierdzony przez tych autorów u modrzewi proveniencji sudeckiej allel *LAB-Az* nie został przez nich zidentyfikowany u modrzewia polskiego. Z kolei Stairs [1968] na podstawie ilościowej zawartości monoterpény w żywicy (α i β -pinenu, kamfenu, Δ^3 -karenu, mircenu i limonenu) stwierdził podobieństwo między modrzewiem *L. decidua* i *L. leptolepis*, *L. occidentalis* i *L. laricina* oraz *L. sibirica*

i *L. gmelinii*, podkreślając równocześnie, że odróżnienie modrzewi amerykańskich od euroazjatyckich jest możliwe na podstawie wskaźnika zawartości Δ^3 -karenu i α -pinenu. Doniesienie Stairsa [1968] o dużej roli monoterpenu w identyfikacji pochodzeń modrzewia znalazło potwierdzenie w wynikach badań przeprowadzonych przez Langa [1976, 1989], który wykazał, że podstawowymi monoterpunami różnicującymi pochodzenia modrzewia jest α -pinen i Δ^3 -karen; proveniencje alpejskie różnią się od pochodzeń z Sudetów, Polski i Karpat przede wszystkim zawartością α -pinenu i Δ^3 -karenu. Poziom zawartości wyżej wymienionych związków węglowodorowych jest ściśle związany z rodzajem tkanki i wiekiem, natomiast w znacznie mniejszym stopniu może być modyfikowany przez czynniki klimatyczne [Lang i Messerer 1987].

Podsumowując przegląd dotychczasowych badań nad modrzewiem różnych pochodzeń, należy stwierdzić, że porównawcze doświadczenia proveniencyjne stanowią istotną metodę doboru odpowiednich pochodzeń tego gatunku do hodowli w określonych warunkach siedliskowych. Stosowane w diagnostyce pochodzeń metody morfologiczne, fizjologiczne i biochemiczne nie dają w sposób bezpośredni informacji o możliwościach produkcyjnych i dynamice wzrostu badanych populacji. Ustalając tymi metodami pochodzenie materiału, o tych cechach ważnych dla hodowli można bowiem wnioskować jedynie pośrednio, w przeciwieństwie do uprawowych badań proveniencyjnych.

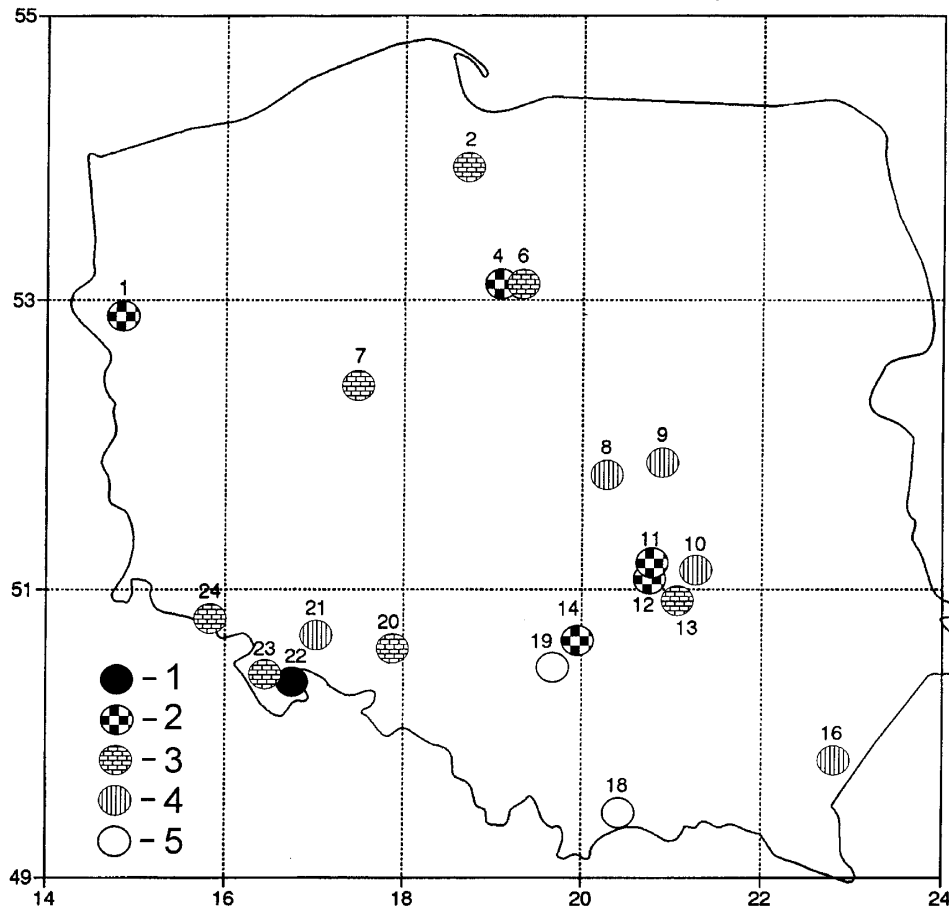
Wyniki międzynarodowych doświadczeń pod auspicjami IUFRO zarówno I, jak i II serii z lat 1944 i 1958/59, w których populacje modrzewia z terenu Polski były reprezentowane przede wszystkim przez proveniencje świętokrzyskie i Małą Wieś (nie zawsze testowane na wszystkich powierzchniach – II seria IUFRO), mogą jedynie służyć do porównań w skali makro, nie stanowią natomiast podstaw do szerszych uogólnień, tym bardziej w odniesieniu do decyzji gospodarczych w skali kraju. Chcąc uzyskać materiały, na podstawie których można by wysuwać jednoznaczne wnioski, winno się zakładać w tym samym czasie w różnych warunkach klimatycznych i glebowych szereg powierzchni równoległych w co najmniej trzykrotnym powtórzeniu i obejmujących możliwie szeroki zestaw takich samych pochodzeń. Przy wyborze jednak proveniencji właściwej dla danego terenu konieczne jest jej scharakteryzowanie z różnych punktów widzenia. Postulaty te spełniają najnowsze badania proveniencyjne nad modrzewiem z terenu Polski podjęte w 1967 r. przez Instytut Badawczy Leśnictwa w Warszawie.

Na podstawie dotychczas uzyskanych wyników badań porównawczych w ramach Ogólnopolskiego Doświadczenia Proveniencyjnego Modrzewia 1967 – realizowanych na pięciu powierzchniach równoległych w kraju (w Sękocinie, Bliżynie, w LZD w Rogowie, w Siemianicach i Krynicy) – dotyczących m.in. dynamiki wzrostu, jakości strzały, zdrowotności, cech morfologicznych igliwia oraz przydatności hodowlanej modrzewi polskich proveniencji stwierdzono bardzo duże zróżnicowanie testowanych populacji cząstkowych pochodzących z poszczególnych krain i dzielnic przyrodniczo-leśnych [Andrzejczyk 1989, 1992, Kulej 1983, 1985, 1986, 1989, 1995, Andrzejczyk i Bellon 1992, 1999, Matras i in. 1995, Rzeźnik 1980, 1992]. Uzyskane wyniki wskazują również na fakt, że w rejonie Sudetów znajduje się wiele cennych drzewostanów, które dorównują potencjałem przyrostowym modrzewiowi sudeckiemu z jego naturalnych stanowisk w Czechach. Pod względem wzrostu wysokości modrzew sudecki na wszystkich powierzchniach doświadczalnych uzyskuje zasadniczo lepsze wyniki niż modrzew polski z klasycznych jego stanowisk w Górach Świętokrzyskich. Ten drugi charakteryzuje się z reguły większą pierśnicą, a tym samym bardziej zbieżystymi strzałami [Andrzejczyk i Bellon 1992, Matras i in. 1995].

W warunkach Polski środkowej (w LZD w Rogowie) największą wartość hodowlaną wykazują modrzewie z Myśluborza, Dąbrówki i Bliżyna. Pochodzenia te cechuje dobra jakość i produktywność [Andrzejczyk i Bellon 1999]. Na szczególne podkreślenie w skali kraju zasługuje dobry wzrost oraz jakość modrzewi z Konstancjewa (rezerwat „Płonne”) i Myśluborza, tj. z dotychczas mało znanych stanowisk północnych [Kulej 1989, Andrzejczyk 1992, Rzeźnik 1992, Matras i in. 1995, Andrzejczyk i Bellon 1999]. Słaby natomiast wzrost, a przede wszystkim zła jakość strzały modrzewi z Góry Chełmowej (Świętokrzyski PN) stwierdzona na powierzchniach doświadczalnych w Bliżynie, Sękocinie i Siemianicach [Rzeźnik 1992, Matras i in. 1995] oraz duża rakoodporność modrzewi badanych pochodzeń testowanych w Rogowie [Andrzejczyk 1992] nie znajdują potwierdzenia w warunkach górskich Beskidu Sądeckiego [Kulej 1986, 1995].

Z kompleksowej oceny wartości hodowlanej w warunkach górskich Polski (LZD w Krynicy, w której za podstawowe kryteria przyjęto wzrost, jakość strzały i odporność na raka modrzewia, wynika, że najlepszą jakość hodowlaną w wieku 30 lat wykazywał modrzew proveniencji sudeckiej z Kłodzka [Kulej 2001]. Do grupy pochodzeń o dobrej wartości hodowlanej należały nie tylko modrzewie z Gór Świętokrzyskich, ale także z dotychczas nietestowanych stanowisk północnych, tj. z Myśluborza i Konstancjewa (rezerwat „Płonne”) (zob. rycina). Można więc wyciągnąć wniosek, że w warunkach Polski istnieją możliwości ilościowej i jakościowej poprawy bazy nasiennej tego gatunku, która zgodnie z wytycznymi *Leśnej regionalizacji dla nasion i sadzonek w Polsce* [Matras 2001] sprowadza się do regionu świętokrzyskiego (mikroregion mateczny 604, 608) i sudeckiego (mikroregion mateczny 503, 701, 702 i 703). Wartość hodowlana modrzewi badanych populacji cząstkowych pochodzących z obu tych regionów w warunkach górskich Beskidu Sądeckiego została określona jako bardzo dobra (Kłodzko), dobra (Skarżysko i Bliżyn), średnia (Świętokrzyski Park Narodowy) i słaba (Henryków). Oznacza to duże wymieszanie populacji modrzewia o różnej jakości nie tylko w skali całego kraju, ale także w obrębie jednego nadleśnictwa czy sąsiadujących ze sobą drzewostanów. Świadczą o tym bezspornie ekstremalnie różne wartości analizowanych cech diagnostycznych modrzewi z Konstancjewa (rezerwaty „Płonne” i „Tomkowo”).

Podsumowując, należy podkreślić, że dotychczasowe badania nad zmiennością genetyczną modrzewi różnych proveniencji z terenu Polski wykazały duże ich zróżnicowanie między- i wewnątrzpopulacyjne pod względem cech adaptacyjnych, jakościowych i morfologicznych. Zróżnicowania tego nie potwierdzają jednak dotychczasowe badania izoenzymatyczne. Testowane populacje cząstkowe z Polski centralnej i południowej charakteryzują się bowiem wyjątkowo małą zmiennością częstotliwości występowania określonych genów i niewielką heterozygotycznością [Lewandowski i Mejnartowicz 1986]. Można to tłumaczyć m.in. występowaniem modrzewia w kraju na izolowanych stanowiskach wyspowych, co uniemożliwia migrację genów. Podobnie małe zróżnicowanie stwierdzono przy ocenie modrzewi z szerszego, europejskiego zasięgu [Lewandowski i Mejnartowicz 1991], co potwierdza tezę o sztucznym rozprzestrzenianiu naturalnych populacji tego gatunku w Europie. Uzyskane wyniki dostarczyły nowych informacji odnośnie do lokalizacji pochodzeń, które winny być stosowane w szerszej niż dotychczas skali. Wskazują również na konieczność prowadzenia konsekwentnej selekcji bazy nasiennej modrzewia wykorzystywanej na skalę gospodarczą. Powinna to być selekcja prowadzona na poziomie drzewostanów, ponieważ nawet w ramach regionów matecznych występują populacje skrajnie zróżnicowane.



Geograficzna zmienność wartości hodowlanej modrzewi badanych pochodzeń w wieku 30 lat. Powierzchnia doświadczalna w LZD Krynica [Kulej 2001]; wartość hodowlana: 1 – bardzo dobra, 2 – dobra, 3 – średnia, 4 – słaba, 5 – zła; 1–24 – numery i nazwy pochodzeń według Kocięckiego [1977]: 1 – Myślubórz Północ, 2 – Pelplin, 4 – Konstancjewo rezerwat „Płonne”, 6 – Konstancjewo rezerwat „Tomkowo”, 7 – Czarniejewo, 8 – Rawa Mazowiecka, 9 – Grójec, 10 – Marcule, 11 – Skarżysko, 12 – Bliżyn, 13 – Świętokrzyski Park Narodowy, 14 – Moskorzew, 16 – Hołubla, 18 – Krościenko, 19 – Pilica, 20 – Prószków, 21 – Henryków, 22 – Kłodzko, 23 – Szczytna Śląska, 24 – Kowary

Literatura

- Andrzejczyk T.** 1989. Jakość strzał modrzewi różnych pochodzeń na powierzchni proweniencyjnej w LZD Rogów. Sylwan, 133, 11/12, 43–52.
- Andrzejczyk T.** 1992. Jakość hodowlana polskich pochodzeń modrzewi w wieku 20 lat na powierzchni proweniencyjnej w Rogowie. Prace IBL, 739, 33–66.

- Andrzejczyk T., Bellon S.** 1992. Zmienność proveniencyjna modrzewi w warunkach Polski środkowej. *Post. Tech. Leś.*, 51, 48–58.
- Andrzejczyk T., Bellon S.** 1999. Wzrost i jakość polskich pochodzeń modrzewia w wieku 30 lat na powierzchni proveniencyjnej w Rogowie. *Sylvan*, 143, 3, 5–19.
- Bachler J.** 1969. Bericht über zwei Teilflächen des zweiten Internationalen Lärchen-Provenienzversuches 1958/59 nach 8- bzw. 7 jähriger Wuchszeit. *Forst-wiss. Cbl.*, 88 (1), 15–32.
- Balut S.** 1962. Zmienność niektórych cech w populacjach modrzewia z Gór Świętokrzyskich Beskidów i Sudetów. Cz. 1. Występowanie, uprawy i pochodzenia modrzewi na ziemiach polskich w XVIII i XIX wieku. *Acta Agr. Silv., Ser. Silv.*, 2, 3–43.
- Balut S.** 1967. Udział modrzewia w lasach polskich w XVIII i XIX wieku. *Sylvan*, 111, 1, 75–87.
- Balut S.** 1969. Zmienność szyszek modrzewia jako podstawa wyróżniania pochodzeń. Cz. 1. Zmienność wielkości i kształtu szyszek w obrębie drzewa i jednej naturalnej proveniencji modrzewia. Cz. 2. Zmienność wielkości i kształtu szyszek w różnych populacjach modrzewia. Cz. 3. Zróżnicowanie owłosienia łusek szyszkowych u modrzewi różnych pochodzeń. *Acta Agr. Silv., Ser. Silv.*, 9, 3–47, 49–98, 99–109.
- Barański S.** 1970. Występowanie i uprawy modrzewia rodzimego pochodzenia w świętokrzyskich lasach rządowych w pierwszej połowie XIX wieku. *Acta Agr. Silv., Ser. Silv.*, 10, 5–38.
- Boratyński A.** 1986. Systematyka i geograficzne rozmieszczenie. [W:] *Modrzewie Larix decidua* Miller i *L. decidua* subsp. *polonica* (Racib.) Domin, red. S. Białobok. *Nasze Drzewa Leśne*, 6, PWN, Poznań, 63–108.
- Bornebusz C.H.** 1948. Doświadczenia z modrzewiem polskim w Danii. *Sylvan*, 92, 1, 8–21.
- Chodzicki E.** 1967. Growth relationship of the Polish-Sudetic-Carpathian group of larches in the light of long-term research. *Genetica Polonica*, 8, 221–229.
- Chodzicki E.** 1968. Wzrost modrzewi różnych pochodzeń europejskich na plantacji porównawczej w Kolanowie. *Prace IBL*, 365, 10, 101–121.
- Chylarecki H.** 2000. Modrzewie w Polsce, dynamika wzrostu, rozwój i ekologia wybranych gatunków i ras. Bogucki Wydawnictwo Naukowe S.C., Poznań.
- Cieslar A.** 1914. Studien über die Lärche. *Cbl. Ges. Forstw.*, 30, 171–184.
- Čvančara R.** 1958. Zhodnoceni provenienčního pokusu s modřínem polským (*Larix carpatica polonica* Rac.) v oblasti FHL Kostelec n. Č. *Lesy. Sbornik ČSAZV – Lesnictví*, 2–3, 99–105.
- Fer F.** 1983. Růst polského modřínu na Černokostecku ve věku 30-ti let. *Sborník Ústav Aplikované Ekologie a Ekotechniky VŠZ*, 2, 3–20.
- Fischer F.** 1952. Einige Ergebnisse aus dem Internationalen Lärchenversuch 1944. *Mitt. Schweiz. Anstalt Forstl. Versuchsw.*, 28, 355–407.
- Freinauer H., Thren M.** 1983. Zur Herkunftswahl der europäischen Lärche für den Anbau in Baden-Württemberg. *Allg. Forst- u. Jagdztg.*, 154, 11, 197–205.
- Giertych M.** 1979. Summary of results on *Larix decidua* Mill. height growth in the IUFRO 1944 provenance experiment. *Silvae Genetica*, 29, 5–6, 244–256.
- Giertych M.** 1980. Polskie rasy sosny, świerka i modrzewia w międzynarodowych doświadczeniach proveniencyjnych. *Arboretum Kórnickie*, 25, 135–159.
- Göhrn V.** 1956. Provenienschforsög med. laerk. *Det Forstlige Forsögsvaesen in Danmark*, 23, 1, 1–124.
- Hunter-Blair J.** 1948. The Polish larch (*Larix decidua* var. *polonica*). *Scot. For.*, 3/4, 21–25.

- Kiellander C.L.** 1958. Report on the development of the international provenance test of larch in Sweden. Proc. 12th IUFRO Congress, Oxford 1956, 1, 463–466.
- Kocięcki S.** 1962. Modrzew polski w uprawach doświadczalnych. Sylwan, 106, 6, 23–33.
- Kocięcki S.** 1968. Modrzew alpejski w Sudetach. Sylwan, 112, 9, 45–54.
- Kocięcki S.** 1972. Modrzew polski na powierzchni porównawczej IBL w Lasach Doświadczalnych SGGW w Rogowie. Sylwan, 116, 5, 23–32.
- Kocięcki S.** 1977. Badania nad wzrostem i formą modrzewia i przydatnością różnych pochodzeń w poszczególnych krainach przyrodniczo-leśnych. Dokumentacja IBL, Warszawa.
- Kočíová M.** 1975. Kvalita kmeða proveniencií na 2 medzinárodnej provenienčnej pokusnej ploche so smrekovcom na Podbanskom. Les. Čas., 21, 2, 113–124.
- Kočíová M.** 1978. Wuchs der Provenienzen der Lärche (*Larix decidua* Mill.) in Podbanskì. Acta Inst. Forest. Zvolensis, 5, 81–100.
- Kočíová M.** 1983. Vlyv prenosu na výškový rast, kvalitu a zdravotný stav rôznych proveniencií smrekovca. Les. Čas., 29, 4, 243–327.
- Kral F.** 1963. Über Reaktionsweisen von Fichten und Lärchenherkünften auf Änderung des Lichtfaktors. Cbl. Ges. Forstw., 80, 4, 217–232.
- Križan P.** 1973. Untersuchungen über die Forsthärte der Lärche (*Larix decidua* Mill.) in der Slowakei mit Rücksicht auf das Vorkommen. Acta Inst. Forest. Zvolensis, 4, 29–39.
- Król A., Skrzypczyńska M.** 1987. Damage to European larch *Larix decidua* Mill. of various provenances in Poland caused by *Coleoptera laricella* Hb. (*Lep.*, *Coleophoridae*). Zeitschrift für angewandte Entomologie, 103, 3, 253–257.
- Kulej M.** 1983. Zmienność dynamiki wzrostu modrzewi różnych pochodzeń z obszaru całej Polski na przykładzie powierzchni porównawczej w LZD Krynica. Acta Agr. Silv., Ser. Silv., 22, 35–53.
- Kulej M.** 1985. Zmienność wybranych cech morfologicznych igieł oraz ugałężenia modrzewi różnych pochodzeń z obszaru całej Polski na przykładzie powierzchni doświadczalnej w LZD Krynica. Acta Agr. Silv., Ser. Silv., 24, 31–44.
- Kulej M.** 1986. Przydatność hodowlana modrzewi wybranych pochodzeń krajowych na przykładzie powierzchni porównawczej w LZD Krynica. Acta Agr. Silv., ser. Silv., 25, 99–113.
- Kulej M.** 1989. Wartość hodowlana modrzewi różnych pochodzeń krajowych w górskich warunkach powierzchni doświadczalnej w Krynicy. Sylwan, 133, 11/12, 31–41.
- Kulej M.** 1995. Growth dynamics variation of different larch provenances under the mountain conditions in Poland. [W:] Larch Genetics and Breeding. IUFRO Working Party S.2.02.-07, July 31–August 4, 47–69.
- Kulej M.** 2001. Zmienność oraz wartość hodowlana modrzewi różnych pochodzeń z terenu Polski w warunkach siedliskowych Beskidu Sądeckiego. Zesz. Nauk. AR w Krakowie ser. Rozpr. Hab., 273.
- Lacaze I.F., Birot Y.** 1974. Bilan d'une expérience comparative de provenances de mélèze à l'âge de 13 ans. Ann. Sci. For., 31, 3, 135–139.
- Lang K.J.** 1976. Monoterpenzusammensetzung des Harzes einjähriger Lärchenzweige. Ein Beitrag zur Rassendiagnose von *Larix decidua* Mill. Forstwiss. Cbl., 95, 142–147.
- Lang K.J.** 1989. Die Zusammensetzung der Monoterpenfraktion in Zweigen von *Larix decidua* und *L. kaempferii* in Abhängigkeit von Jahreszeit und Provenienz. Phytion, 29, 23–32.
- Lang K.J., Messerer M.** 1987. Die quantitative Verteilung der Monoterpene in verschiedenen Teilen einer 19 jährigen Lärche (*Larix decidua* Mill.). Phytion, 27, 289–298.

- Leibundgut H.** 1959. Untersuchungen über europäischen Lärchen verschiedener Herkunft. 2. Mitteilung. Der jährliche Verlauf des Hohenwachstums. Schweiz. Z. Forstw., 110, 5, 309–314.
- Leibundgut H.** 1983. Untersuchungen über europäischen Lärchen verschiedener Herkunft. 3. Mitteilung. Die Verkernung junger Lärchen. Schweiz. Z. Forstw., 134, 1, 61–62.
- Leibundgut H., Kunz R.** 1952. Untersuchungen über europäischen Lärchen verschiedener Herkunft. Mitteilungen der Schweiz. Anstalt Forstl. Versuchsw., 18, 408–495.
- Lewandowski A., Mejnartowicz L.** 1986. Isozyme polymorphism in 5 populations of larch from Poland. [W:] Proceedings of the Symposium with International Participation „Genepool of forest woody species, its conservation and utilization”, Nitra, July 1–3, 1986, 83–91.
- Lewandowski A., Mejnartowicz L.** 1991. Levels and patterns of allozyme variation in some European larch (*Larix decidua*) populations. Hereditas, 115, 221–226.
- Lines R.** 1965. Provenance and the supply of forest tree seed. Q. J. For., 59, 1, 7–15.
- Lines R.** 1967. The international larch provenance experiment in Scotland. [W:] Proceedings of the 14th IUFRO Congress, München, 3, sect. 22, 755–781.
- Matras J.** 2001. Regiony mateczne najcenniejszych rodzimych populacji drzew. [W:] Leśna regionalizacja dla nasion i sadzonek w Polsce. Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych, Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa, 41–45.
- Matras J., Bellon S., Andrzejczyk T., Kulej M., Barzdajn W., Rzeźnik Z.** 1995. Badania nad wzrostem i formą modrzewia i przydatnością różnych pochodzeń. Dokumentacja IBL, Warszawa.
- Mejnartowicz L., Bergman F.** 1975. Genetic studies on a European larch (*Larix decidua* Mill.) employing isoenzyme polymorphism. Genetica Polonica, 16, 1, 29–35.
- Morandini R.** 1958. Expériences internationales sur les races du mélèze (1944), notes sur les premiers résultats obtenus en Italie. [W:] Proceedings of the 12th IUFRO Congress, Oxford, vol. I, sect. 22/18, 356–362.
- Morandini R., Tocci A.V.** 1975. Espériences sulle provenienze del larice. Annali dell’ Inst. Sperim. Selv. Arezzo, 6, 279–316.
- Paques L.E.** 1996. Variabilité naturelle du mélèze. I. Mélèze d’Europe: bilan de 34 ans de test comparatif de provenances. Annales des Sciences Forestières, 53, 1, 51–62.
- Pintarič K.** 1973. Stammqualität von Lärchen verschiedener Herkunft. Allg. Forst- u. Jagdztg., 144, 3, 65–68.
- Przybylski T.** 1965. Zainteresowanie modrzewiem polskim za granicą. Las Polski, 13–14, 3–5.
- Rożkowski R.** 2000. Proweniencje modrzewia dla Polski. Sylwan, 1, 87–107.
- Rubner K.** 1938. Die Ergebnisse zweier Lärchenherkunftsversuche im Tharandter Wald. Thar. Forstl., 89, 465–491.
- Rzeźnik Z.** 1980. Przydatność hodowlana krajowych proveniencji modrzewi. PTPN, Prace Komisji Nauk Rol. Leś., 50, 127–136.
- Rzeźnik Z.** 1992. Larch (*Larix decidua* Mill.) of Polish provenances on experimental areas in Poland. [W:] Proceedings of the Symposium on Ecology and Management of *Larix* Forests: A Look Ahead, Whitefish. MT, USA, October 5–9, 438–446.
- Schober R.** 1958. Ergebnisse von Lärchen Art- und Provenienzversuchen. Silvae Genetica, 7, 5, 137–154.
- Schober R.** 1977. Vom II. Internationalen Lärchenprovenienzversuch. Ein Beitrag zur Lärchenherkunftsfrage. Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen, 49, 1–359.
- Schober R.** 1981. Vom I. Internationalen Lärchenprovenienzversuchs 1944. Bericht über drei deutsche Teilversuche. Allg. Forst- u. Jagdztg., 152, 10, 181–195; 152, 11, 201–211; 152, 12, 221–223.

- Schober R.** 1985. Neue Ergebnisse des II. Internationalen Lärchenprovenienzversuches von 1958/59 nach Aufnahmen von Teilversuchen in 11 europäischen Ländern und den U.S.A. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, 83.
- Schreiber M.** 1960. Zur physiologischen Reaktionweise Provenienzen der Europäischen Lärche (*Larix decidua* Mill.), der Japanlärche (*Larix leptolepis* Gord.) und der Sibirischen Lärche (*Larix sibirica* Ledeb.) auf gleiche Umweltsbedingungen. Cbl. Ges. Forstw., 77, 1, 18–26.
- Schreiber M.** 1961. Zur physiologischen Reaktionsweise Provenienzen der Europäischen Lärche (*Larix decidua* Mill.), der Japanlärche (*Larix leptolepis* Gord.) und der Sibirischen Lärche (*Larix sibirica* Ledeb.) auf gleiche Umweltsbedingungen. Cbl. Ges. Forstw., 78, 1, 1–17, 93–104.
- Schreiber M., Kral F.** 1963. Weitere Untersuchungen über waldbaulich beachtenswerte physiologische Reaktionsweisen von Herkünften der Europäischen Lärche. Cbl. Ges. Forstw., 80, 4, 197–217.
- Stairs G.R.** 1968. Monoterpene composition in *Larix*. *Silvae Genetica*, 17, 182–186.
- Sylvestre-Guinot G., Delatour C.** 1983. Possibilités d'appréciation de la sensibilité du genre *Larix* au *Lachnellula willkommii* (Hartig) Dennis par inoculations artificielles. *Ann. Sci. Forest.*, 40, 4, 337–354.
- Szafer W.** 1913. Przyczynek do znajomości modrzewi euroazjatyckich ze szczególnym uwzględnieniem modrzewia w Polsce. *Kosmos*, 38, 1281–1322.
- Šimák M.** 1967. Seed weight of larch from different provenances (*Larix decidua* Mill.). *Studia Forestalia Suecica*, 57, 1–31.
- Šindelář J.** 1967. Poznámky k taxonomii a chorologii druhu *Larix decidua* Mill. *Preslia*, 39, 393–402.
- Šindelář J.** 1973. Results of investigations on Krnov Experimental Provenance Plot of Larch (2nd International Series). *Comm. Inst. For. Czechsl.*, 8, 69–84.
- Šindelář J.** 1974. Hodocení provenienčních ploch modřínu 2 mezinárodní serie. *Lesn. Práce*, 53, 2, 53–59.
- Šindelář J.** 1992. Genetics and improvement of European larch (*Larix decidua* Mill.). *Annales Forestales*, 18, 1, 1–36.
- Šťastný T.** 1965. Zhodnotenie 20-ročného I. medzinárodného provenienčného pokusu s *Larix* sp. z r. 1944 v poľesí Podbanské. *Ved. Práce VÚLH v Banskej Štiavnici*, 6, 111–134.
- Šťastný T.** 1971. Modifikovanie prejavu genetickej podstaty rastu *Larix decidua* Mill. vplyvom rozdielnych podmienok prostredia. *Lesnické Štúdie, VÚLH, Zvolen*, 10, 1–101.
- Tusko L.** 1962. Modrzew polski (*Larix polonica* Rac.) w doświadczeniach proveniencyjnych na Węgrzech. *Sylwan*, 106, 6, 11–12.
- Tyszkiewicz S.** 1972. Z badań nad polskim modrzewiem. *Sylwan*, 116, 5, 15–20.
- Wachter H.** 1959. Beobachtungen zum Verhalten einiger Lärchenprovenienzen gegenüber der Sommerdürre. *Silvae Genetica*, 10, 4, 99–106.
- Wood R.F., Lines R.** 1959. Provenance Studies. European larch. Forestry Commission, Report on Forest Research, 51–57.
- Żelawski W.** 1956. A research on the yearly cycle in the growth of woody plants with special reference to photoperiodism in seedlings of the European Larch (*Larix europea* D.C.). *Acta Soc. Bot.*, 25, 245–274.

Proweniencyjna zmienność buka zwyczajnego w Polsce

Władysław Barzdajn*

Badania proveniencyjne nad zmiennością buka zwyczajnego mają historię tak długą jak w wypadku innych gatunków europejskich. Rohmeder i Schönbach [1959] wspominają o doświadczeniu założonym przez Kienitza w 1877 r. Doświadczeń z bukiem założono jednak niewiele w porównaniu z takimi gatunkami, jak *Picea abies* czy *Pinus silvestris*. Przegląd wyników tych doświadczeń zawierają opracowania Paulego i innych [1984], Giertycha [1990] oraz Paulego i Gömöry'ego [1997]. Historię badań nad zmiennością buka w Polsce opisuje Rzeźnik [1999]. Z analizy dotychczasowych doświadczeń wynika, że buk wykazuje raczej zmienność ekotypową niż klinalną, a jego wzrost pozostaje w zależności od interakcji genotypu ze środowiskiem [Giertych 1990], dlatego niecelowe jest dalekie przenoszenie nasion.

Treść niniejszego opracowania oparto na wynikach serii doświadczalnej, do której bukiem zebrano w 1992 r., a sadzonki wydano ze szkółki jesienią 1995 r. Genezę, cel i założenia metodyczne opisywanego doświadczenia zawarto w oddzielnej pracy [Barzdajn i in. 2002]. Jest to największe przedsięwzięcie badawcze z tego zakresu w Polsce.

Założenie w tym samym czasie serii sześciu powierzchni porównawczych oraz jednolite metody zbierania obserwacji i pomiarów umożliwiły wspólną analizę statystyczną zebranych danych i obliczenie interakcji genotypu ze środowiskiem w zakresie badanych cech. Ogółem w doświadczeniu uczestniczy 45 pochodzeń buka (potomstw drzewostanów nasiennych) wysadzonych na sześciu powierzchniach porównawczych założonych w Nadleśnictwach: Choczewo, Łobez, Brzeziny, Łopuchówko, Bystrzyca Kłodzka oraz w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym w Krynicy [patrz Barzdajn i in. 2002]. Nie wszystkie powierzchnie mają pełną reprezentację proveniencji i nie wszystkie występują z jednakową liczbą powtórzeń. Materiały do niniejszego opracowania pochodziły z opracowań cząstkowych wyników z poszczególnych powierzchni, będących bieżącymi sprawozdaniami z badań i przedstawionych w pracach Matrasa [2002], Rożkowskiego i Giertycha [2002], Żuchowskiej i Sabora [2000], Tarasiuka i innych [1998], Kowalkowskiego [2002] oraz autora niniejszego rozdziału i Rzeźnika [Barzdajn i Rzeźnik 2002]. Autor przedstawił zbiorcze wyniki, które otrzymał od wymienionych wyżej autorów przed opublikowaniem, poddał je analizom statystycznym i sformułował uogólnione wnioski.

Podstawową procedurą statystyczną była analiza wariancji dla doświadczenia wielokrotnego i modelu mieszanego, w którym efekty miejscowości są losowe, efekty obiektów [proveniencji] – stałe, efekty interakcji „lokalizacje × proveniencje” – losowe, podobnie jak efekty blokowe i resztowe [Oktaba 1986].

Obliczenia do testu F oraz szacowanie komponentów wariancji przebiegało według tabeli 1. W ten sposób opracowano wyniki pomiarów przeżywalności i wysokości oraz

* Katedra Hodowli Lasu, Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu

początku wegetacji. Pod uwagę wzięto dane z 1996 r. dla dwunastu proveniencji oraz z 1997 i 1998 dla dziesięciu proveniencji, mających pełną reprezentację na pięciu powierzchniach porównawczych (bez powierzchni w Nadleśnictwie Choczewo). Są to proveniencje: 1 Gryfino, 3 Bierzwnik [1996], 5 Karnieszewice [1996], 9 Szczecinek, 18 Młynary, 23 Krucz, 26 Grodzisk, 31 Prudnik, 34 Łągów, 38 Zdroje, 42 i 44 – Bieszczadzki Park Narodowy.

Tabela 1. Analiza wariancji dla doświadczenia założonego w układzie bloków kompletnie zrandomizowanych, powtórnego w lokalizacjach

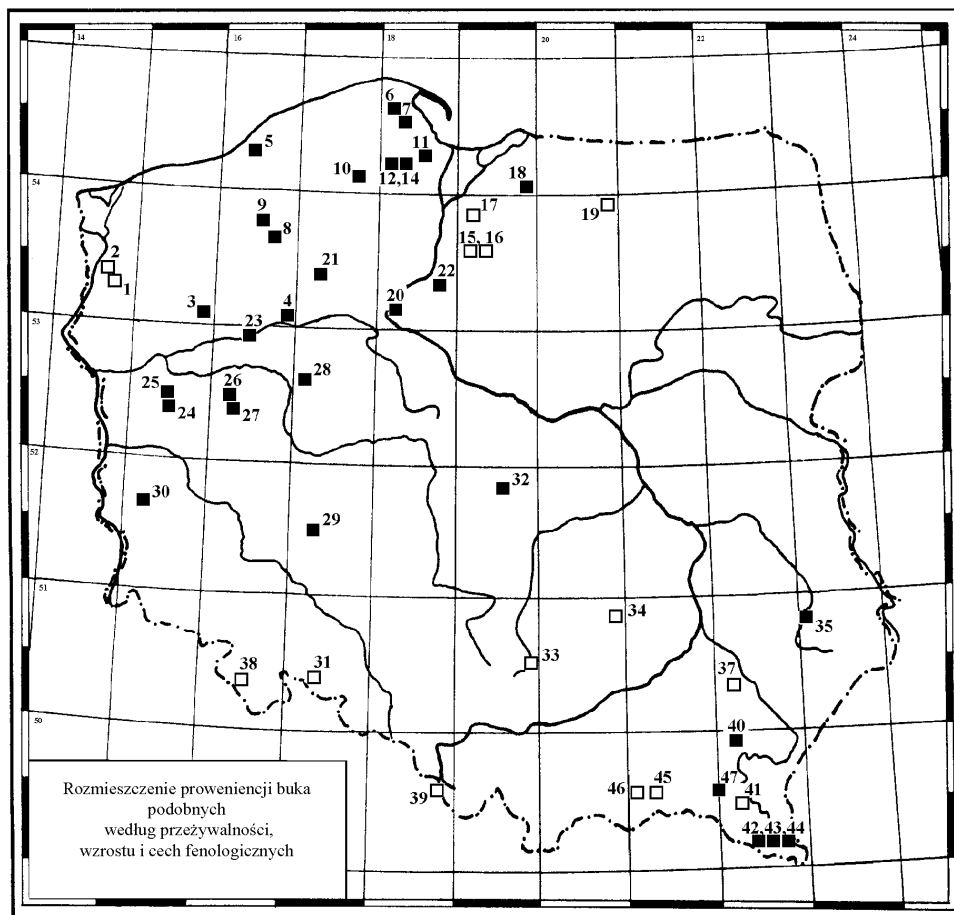
Źródło zmienności	Stopnie swobody	Wartości oczekiwane średnich kwadratów
Lokalizacje A	a-1	$V_a = s_e^2 + bs^2_{c(a)} + bcs^2_a$
Proweniencje B	b-1	$V_b = s_e^2 + cs^2_{ab} + acs^2_b$
Interakcja AB	(a-1)(b-1)	$V_{ab} = s_e^2 + cs^2_{ab}$
Bloki C(A)	a(c-1)	$V_{c(a)} = s_e^2 + bs^2_{c(a)}$
Błąd	a(b-1)(c-1)	$V_e = s_e^2$
Całość	abc-1	

Wyniki pomiarów wysokości oraz obserwacji przeżywalności i pojawów fenologicznych na każdej powierzchni korelowano ze sobą, z wynikami otrzymanymi na innych powierzchniach porównawczych oraz z położeniem geograficznym i wysokością nad poziomem morza.

Wszystkie dostępne wyniki wykorzystano następnie w analizie skupień, w której wykorzystano metodę Warda (metodę minimalnej wariancji) oraz tzw. normę euklidesową jako miarę wielocechowego podobieństwa proveniencji [Marek 1989]. Wyniki analizy skupień wykazały, że zbiór polskich populacji buka wyraźnie rozpada się na dwa podzbiory. Rozmieszczenie proveniencji należących do każdego z dwóch wyróżnionych podzbiorów przedstawiono na kartogramie (ryc. 1).

Przeżywalność

Analizując przeżywalność poszczególnych proveniencji buka na różnych powierzchniach doświadczenia, pod uwagę brano wartości względne, co umożliwia porównywalność badanej cechy, a nie jej wartości bezwzględne. Porównując długość i kierunek słupka reprezentującego określoną proveniencję na poszczególnych powierzchniach, stwierdzono istnienie interakcji. Proweniencje 23 Krucz i 30 Lipinki mają małą lub najwyżej średnią przeżywalność. Mało żywotna jest też proveniencja 40 Kańczuga, występująca tylko na powierzchni w Nadleśnictwie Łobez. Pozostałe proveniencje zachowują się na ogół inaczej na każdej powierzchni, co właśnie jest wynikiem istnienia interakcji: „lokalizacja × proveniencja”. Wielkość tej interakcji można zmierzyć jedynie współczynnikiem korelacji wewnątrzklasowej, obliczonym z podziału ogólnej wariancji wyników na komponenty (tab. 2).



Ryc. 1. Rozmieszczenie badanych proveniencji i wyniki ich skupiania

Tabela 2. Wyniki analizy wariancji przeżywalności buków w latach 1996–1998

Źródło zmienności	Współczynniki korelacji wewnątrzklasowej		
	1996	1997	1998
Lokalizacje A	0,3983	0,4986	0,5609
Proveniencje B	0,2395	0,0498	0,0440
Interakcja A × B	0,0516	0,0534	0,0236
Bloki C(A)	0,0330	0,0848	0,0639
Błąd	0,2776	0,3134	0,3076
Całość	1,0000	1,0000	1,0000

Z danych tabeli 2 można wywnioskować, że na przeżywalność sadzonek buka po pierwszym roku uprawy wpłynęły istotnie lokalizacje, proveniencje i bloki. Wpływ lokalizacji stanowił aż 40% wariacji ogólnej. Proveniencje wpłynęły na tę cechę w 24%, niekontrolowane czynniki – w 28%. Reszta zmienności przypadła na bloki (3%) i interakcję (5%).

W 1997 r. zaobserwowano pewne osłabienie wpływu proveniencji i wzmocnienie wpływu lokalizacji doświadczenia. Udział lokalizacji w zmienności ogólnej wzrósł do 50%, a udział proveniencji (wciąż istotny) i interakcji zmalał do 5%. Tendencja wzrostu znaczenia lokalizacji i spadku znaczenia proveniencji utrzymała się w 1998 r.

Wysokość

Porównując wzajemne relacje pomiędzy wysokością 6-letnich drzew na uprawach porównawczych, można wyróżnić proveniencje, które są konsekwentnie najniższe na powierzchniach, na których występują (np. 23 Krucz czy 6 Wejherowo), jak i takie, które dobrze rosną na każdej powierzchni (np. wszystkie populacje z Kwidzyna, 37 Leżajsk czy 1 Gryfino).

Większość proveniencji wykazuje jednak istnienie interakcji z lokalizacją wysadzenia. Dane obrazujące wielkość tej interakcji przedstawia tabela 3.

Tabela 3. Wyniki analizy wariancji wysokości buków w latach 1997 i 1998

Źródło zmienności	Współczynniki korelacji wewnątrzklasowej	
	1996	1998
Lokalizacje A	0,2616	0,4142
Proveniencje B	0,1634	0,0724
Interakcja A × B	0,0000	0,0391
Bloki C(A)	0,1480	0,1123
Błąd	0,4268	0,3619
Całość	1,0000	1,0000

W ciągu jednego sezonu wegetacyjnego udział czynnika lokalizacji w wariancji ogólnej zwiększył się z 26 do 41%, a udział proveniencji zmalał z 16 do 7%. Zerowa początkowo interakcja między lokalizacjami a proveniencjami wyniosła w 1998 r. 4%. W obu latach różnice między lokalizacjami, między proveniencjami i między blokami (w ramach lokalizacji) były istotne.

Początek wegetacji na wiosnę

Jest to cecha sprawiająca wiele kłopotów zarówno pod względem porównywalności wyników osiągniętych w różnych lokalizacjach, jak i opracowania statystycznego. Między lokalizacjami istnieją oczywiste różnice klimatyczne, wpływające na powstanie fenologiczne. Obserwacje fenologiczne należałoby więc wykonywać nie w równych terminach kalendarzowych, lecz w okresach jednakowego rozwoju pączków, co przypada w różnych terminach.

Fazy fenologiczne są cechami obserwowanymi jako cechy jakościowe, trudno poddające się ilościowej analizie statystycznej. Trudności te postanowiono ominąć przez wykorzystanie wyników obserwacji z tych terminów, w których je wykonano, a do obliczeń wartości omawianej cechy przyjęto frakcję drzew wykazujących fazę fenologiczną określoną jako pęknięcie pączków. Wszystkie źródła zmienności wpływały istotnie na wyniki, które przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Udział poszczególnych źródeł zmienności w zróżnicowaniu początku wegetacji buków w 1997 r.

Źródło zmienności	Stosunki korelacji wewnątrzklasowej 1996
Lokalizacje A	0,6328
Proweniencje B	0,0745
Interakcja A × B	0,0359
Bloki C(A)	0,0294
Błąd	0,2274
Całość	1,0000

Nie może dziwić bardzo wysoki udział lokalizacji w wariancji ogólnej, sięgający 63%, gdyż obserwacji na poszczególnych powierzchniach nie udało się przeprowadzić w jednakowych terminach, czy to w sensie kalendarzowym, czy w sensie fenologicznych pór roku. Czynniki niekontrolowane przyczyniły się do istnienia 23% wariancji. Proweniencje i interakcja proveniencji z lokalizacjami wyjaśniają odpowiednio 7 i 4% wariancji.

Analiza korelacji

Analizę korelacji przeprowadzono dla przeżywalności w 1998 r., wysokości w 1998 r., a dla frekwencji drzewek w fazie wzrostu (wiosna 1998) lub w fazie zakończenia wegetacji (jesień 1997). Porównywano wyniki uzyskane na poszczególnych lokalizacjach doświadczalnego. Ponadto wyniki te skorelowano z położeniem geograficznym drzewostanów maciecznych. Wyniki analiz podano w tabelach 5–8. Współczynniki korelacji liniowej obliczone są z różnej liczby par obserwacji, co wynika z różnej liczby populacji na powierzchniach, dlatego taka sama wielkość współczynnika może być w jednym wypadku uznana za istotną, a w innym za nieistotną.

Przeżywalność buków poszczególnych proveniencji wykazuje pewne podobieństwo na różnych powierzchniach (tab. 5). Na powierzchni w Bystrzycy osiągnięto wyniki zbliżone do wyników w Brzezinach, Krynicy i Choczewie. Powierzchnia w Łobzie jest pod tym względem podobna do powierzchni w Łopuchówku. Dwie ostatnie powierzchnie nie są podobne do żadnej innej. Geografizm tej cechy jest słabo zaznaczony. Jedynie na powierzchni w Krynicy wykryto związek pomiędzy przeżywalnością a szerokością geograficzną miejsca pochodzenia populacji. Proweniencje bardziej północne wykazały większą przeżywalność.

Tabela 5. Współczynniki korelacji między przeżywalnością proveniencji w 1998 r. na poszczególnych powierzchniach porównawczych oraz korelacji tej cechy z położeniem geograficznym miejsca pochodzenia

Numer i cecha (przeżywalność na powierzchni)	Numer cechy							
	8	9	10	11	12	13 λ	14 φ	15 H
7 Łobez	0,31	0,03	-0,09	0,13	0,517**	-0,22	0,11	0,04
8 Bystrzyca		0,606**	0,645***	0,574***	0,24	0,20	-0,33	0,27
9 Brzeziny			0,43	0,566**	0,02	0,08	0,02	-0,04
10 Krynica				0,606***	0,09	0,09	-0,14	-0,14
11 Choczewo					-0,04	0,15	0,02	-0,05
12 Łopuchówko						-0,01	-0,14	0,01

λ – długość geograficzna wschodnia; φ – szerokość geograficzna północna; H – wysokość n.p.m.

* istotność na poziomie $\alpha = 0,05$; ** istotność na poziomie $\alpha = 0,01$; *** istotność na poziomie $\alpha = 0,001$

Wysokość po trzecim roku uprawy wykazuje większe podobieństwo pomiędzy tymi samymi proveniencjami na różnych powierzchniach, jednak i w tym przypadku powierzchnia w Łobzie jest bardzo mało podobna do powierzchni w Krynicy, Choczewie i Łopuchówku (tab. 6). Geografizm jest jeszcze słabszy niż w przypadku przeżywalności. Jedynie w Łopuchówku wykryto, że buki bardziej wschodnich proveniencji są na ogół wyższe od buków zachodnich.

Tabela 6. Współczynniki korelacji pomiędzy wysokością proveniencji buka w 1998 r. na poszczególnych powierzchniach porównawczych oraz korelacji tej cechy z położeniem geograficznym miejsca pochodzenia

Numer i cecha (przeżywalność na powierzchni)	Numer cechy							
	2	3	4	5	6	13 λ	14 φ	15 H
1 Łobez	0,628**	0,688**	0,21	0,17	0,37	0,13	-0,12	0,10
2 Bystrzyca		0,532*	0,607**	0,432*	0,686***	0,07	-0,15	0,01
3 Brzeziny			0,40	0,467*	0,414*	0,11	0,06	-0,01
4 Krynica				0,591***	0,672***	0,22	0,13	-0,24
5 Choczewo					0,4250**	0,01	0,22	-0,23
6 Łopuchówko						0,327*	-0,14	0,03

Objaśnienia jak w tabeli 5

Początek wegetacji na wiosnę okazał się cechą bardzo stabilną. Wyniki obserwacji wiosennych pojavów fenologicznych na wszystkich powierzchniach okazały się zbliżone, a zatem obserwacje te mogłyby być wykonywane tylko na jednej z nich (tab. 7). Geografizm tej cechy jest wyraźny i jednoznaczny. Początek wegetacji silnie zależy od szerokości geograficznej w ten sposób, że proveniencje północne rozpoczynają wegetację później od południowych. Współczynniki korelacji są tu istotne (z wyjątkiem powierzchni w Łobzie), chociaż niezbyt wysokie, co pozwala sądzić, że cecha ta zależy nie tylko od szerokości geograficznej miejsca pochodzenia.

Tabela 7. Współczynniki korelacji pomiędzy początkiem wegetacji proveniencji buka w 1998 r. na poszczególnych powierzchniach porównawczych oraz początkiem wegetacji z położeniem geograficznym miejsca pochodzenia

Numer i cecha (przeżywalność na powierzchni)	Numer cechy							
	21	16	16	19	20	13 λ	14 φ	15 H
21 Łobez	0,722***	0,736**	0,693***	0,766***	0,595**	0,13	-0,20	0,16
16 Bystrzyca		0,718***	0,658***	0,832***	0,813***	0,19	-0,569***	0,35
18 Brzeziny			0,802***	0,789***	0,769***	0,09	-0,425*	0,32
17 Krynica				0,681***	0,612***	0,30	-0,398*	0,27
19 Choczewo					0,774***	0,27	-0,406*	0,22
20 Łopuchówko						0,28	-0,514***	0,27

Objaśnienia jak w tabeli 5

Jesienne obserwacje fenologiczne nie dały już tak jednoznacznych wyników (tab. 8). Jedynie wyniki uzyskane w Bystrzycy nawiązują do wyników z Krynicy, Choczewa i Łopuchówka, a wyniki z Łopuchówka do wyników z Łobza. W Łobzie i Bystrzycy ujawnił się związek omawianej cechy z długością geograficzną (proveniencje wschodnie mają krótszą wegetację), a na powierzchni w Krynicy z szerokością geograficzną (proveniencje północne mają dłuższą wegetację).

Tabela 8. Współczynniki korelacji pomiędzy jesiennym przebarwieniem liści proveniencji buka w 1998 r. na poszczególnych powierzchniach porównawczych z położeniem geograficznym miejsca pochodzenia

Numer i cecha (przeżywalność na powierzchni)	Numer cechy							
	22	23	24	25	26	13 λ	14 φ	15 H
22 Łobez	0,35	0,09	0,38	0,15	0,417*	0,387*	-0,29	0,13
23 Bystrzyca		0,19	0,448*	0,456*	0,383*	0,469**	-0,33	0,30
24 Brzeziny			0,31	0,15	0,16	-0,14	-0,22	0,21
25 Krynica				0,19	0,09	0,30	-0,374*	0,24
26 Choczewo					0,27	0,28	-0,24	0,27
27 Łopuchówko						0,20	-0,06	0,15

Objaśnienia jak w tabeli 5

Analiza skupień

Analiza ta pozwala grupować obiekty (proveniencje) w skupienia, wewnątrz których podobieństwo między obiektami jest większe niż podobieństwo pomiędzy skupieniami. Klasyfikacja obiektów może uwzględniać jednocześnie wiele cech. Wykonano ją trzykrotnie, przyjmując trzy różne zestawy cech: 1) przeżywalność i wzrost, 2) cechy fenologiczne i 3) wszystkie cechy. Uwzględniono wszystkie powierzchnie porównawcze. Brakujące obserwacje zastąpiono ich średnimi arytmetycznymi. Otrzymano trzy dendrogramy.

Pozwalają one wyróżnić tyle skupień, ile badacz uzna za stosowne. Dendrogramy te w sposób naturalny dzielą zbiór proveniencji na dwie, trzy grupy i tak właśnie go podzielono. Aby stwierdzić, czy grupowanie to ma jakieś odniesienie do położenia geograficznego drzewostanów matecznych, wyróżnione grupy naniesiono na kartogramy. Biorąc pod uwagę przeżywalność i wzrost, można wyróżnić bardzo nieliczną grupę proveniencji dobrych i plastycznych (Kwidzyn, 19 Wipsowo i 37 Leżajsk). Drugą grupę, wyróżniającą się słabą przeżywalnością i powolnym wzrostem, stanowią proveniencje 6 Wejherowo, 8 Szczecinek, 14 Kartuzy, 18 Młynary, 23 Krucz, 26 Grodzisk, 27 Pniewy, 30 Lipinki, 32 Brzeziny, 40 Kańczuga i 44 Bieszczadzki Park Narodowy. Położenie tych populacji przypada na obszary rozproszonego i nielicznego występowania buka, z wyjątkiem populacji 44 Bieszczadzki Park Narodowy. Pozostałe proveniencje można uznać za przeciętne.

Grupowanie ze względu na cechy fenologiczne (początek i zakończenie wegetacji) wyraźnie wskazuje na istnienie co najmniej dwóch ras fenologicznych: późno pędzącej na wiosnę (buk północno-zachodni i północny) oraz wcześniej rozpoczynającej wzrost wiosną (buk południowo-wschodni i południowy).

Grupowanie ze względu na wszystkie uwzględnione cechy nieco zaciera to uporządkowanie, które uwzględniało tylko fenologię. Populacje z Gryfina tworzą tu jedną grupę z północno-wschodnimi populacjami z Kwidzyna i Wipsowa, populacjami sudeckimi (Zdroje i Prudnik), z Rymanowa, Łosi, Leska, Suchedniowa i Łągowa. Z drugiej strony, populacje bieszczadzkie i pobliskie (40 Kańczuga i 47 Rymanów) są bardziej podobne do większości proveniencji północno-zachodnich niż do proveniencji położonych niedaleko (45 i 46 Rymanów, 41 Lesko i 37 Leżajsk). Wynik ten (ryc. 1) potwierdza w ogólnych zarysach intuicyjny do tej pory podział populacji bukowych na pomorskie i karpackie. Populacje sudeckie nawiązują do karpackich. Populacje z obszaru rozrzedzonego występowania buka nawiązują do buków pochodzących z Pomorza.

Zaprezentowane wyniki są przekonującym dowodem na istnienie zróżnicowania międzypopulacyjnego buka zwyczajnego w Polsce. Nie jest to pierwszy dowód [por. Rzeźnik 1976, Kowalkowski 2001], jednakże obszerny materiał daje obraz skali tej zmienności. Cechy adaptacyjne (przeżywalność na uprawie i szybkość wzrostu w młodości), podobnie jak u gatunków iglastych, różnicują populacje buka na plastyczne, dobrze przyjmujące się i rosnące w wielu lokalizacjach (populacje z Kwidzyna, 1 Gryfino czy 37 Leżajsk), na populacje stosunkowo słabo przyjmujące się i słabo rosnące bez względu na miejsce wysadzenia (23 Krucz, 30 Lipinki czy 6 Wejherowo) oraz populacje wyraźnie reagujące wzrostem na miejsce wysadzenia, czyli nieplastyczne. Szczegółowa analiza wariancji z szacowaniem komponentów, przeprowadzona dla części obiektów doświadczenia (10 lub 12 proveniencji) wykazała, że najsilniej na przeżywalność i wzrost wpływała lokalizacja. Udział proveniencji w zmienności ogólnej zmalał z 24% w pierwszym roku uprawy do 4% w trzecim roku, co może być wynikiem początkowego silnego wpływu wielkości sadzonek i zanikania tego wpływu, czyli właśnie reakcji na zmianę warunków wzrostu. Wpływ interakcji „genotyp \times środowisko” zmalał z początkowego udziału wynoszącego od 5 do 2% wariancji ogólnej. Podobną tendencję zauważono w przypadku rozpatrywania wysokości. Udział lokalizacji wzrósł w ciągu roku z 26 do 41%, udział proveniencji zmalał z 16 do 7%, lecz wpływ interakcji „genotyp \times środowisko” wzrósł z 0 do 4%. Obecnie dominuje pogląd o tworzeniu przez buka ras lokalnych, związanych z klimatem i glebą, co czyni niecelowym przenoszenie nasion [Giertych 1990]. Stosunkowo niewielka interakcja „genotyp \times środowisko” oraz istnienie plastycznych populacji podważa tę hipotezę, chociaż

zasada nieprzenoszenia nasion i sadzonek nie może przynieść istotnych szkód gospodarstwu leśnemu. Aby hipotezę tę ostatecznie odrzucić, doświadczenie musi być kontynuowane kilkadziesiąt lat.

Cechy fenologiczne (początek wzrostu wiosną) okazały się być bardzo stabilne. Niezależnie od lokalizacji kolejność rozpoczynania wegetacji była podobna. Cecha ta wykazuje wyraźny, jednoznaczny geografizm, tzn. istotną, ujemną korelację z szerokością geograficzną. Badane populacje można zaliczyć do jednej z dwóch ras fenologicznych – wczesnej, występującej na południu i późnej, występującej na północy. Niewielka liczba wyjątków może wynikać z faktu, że powawy fenologiczne są cechami mającymi znaczenie przystosowawcze, chociaż w przypadku buka zapewne niewielkie. Wczesne rozpoczynanie wzrostu jest groźne dla najmłodszych roślin, które w przypadku tego gatunku, wrażliwego na późne przymrozki, pozostają pod ochronnym wpływem matecznych. Istnienie geografizmu pędzenia wiosennego wydaje się być ważnym, oryginalnym wynikiem omawianego przedsięwzięcia badawczego, przeczącym doniesieniom o braku takich zależności u buka.

Opisane doświadczenie jest testowaniem wyłącznie polskich proveniencji buka i udało się w nim uzyskać nowe informacje o właściwościach tego gatunku i o jego zmienności.

1. Wykazano, że wśród badanych populacji jest kilka populacji plastycznych, które mogą być przenoszone poza obszar swego obecnego rozmieszczenia. Zasady przenoszenia muszą być dopiero opracowane.

2. Okazało się, że nawet populacje rozmieszczone w naturze po sąsiedzku, mogą wyraźnie różnić się cechami istotnymi dla hodowli lasu.

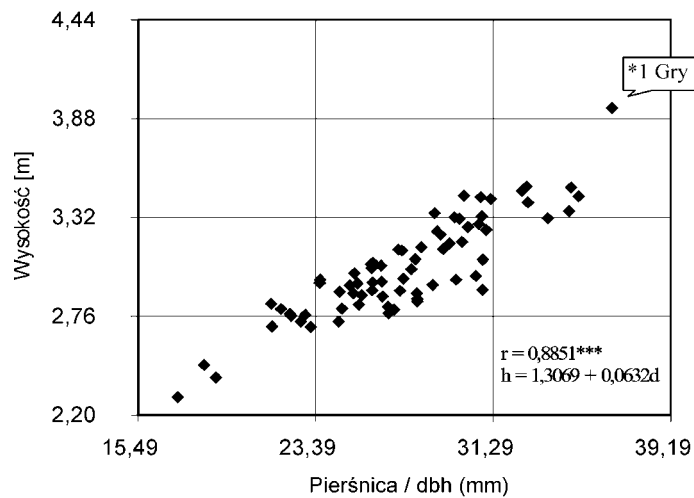
3. Formy buka późno rozwijające się na wiosnę są częściej spotykane na Pomorzu niż na południu Polski.

Istotnym uzupełnieniem zaprezentowanych wyników badań są wyniki innego doświadczenia założonego równolegle w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym Siemianice. W doświadczeniu tym testowane są populacje z całego zasięgu gatunku, których sadzonki otrzymano z Niemiec. Do doświadczenia dołączono sadzonki populacji testowanych w opisanym wyżej doświadczeniu, występujące w nadmiarze. W ten sposób powstało doświadczenie, w którym testowane są przede wszystkim proveniencje niemieckie (27) i polskie (26), lecz także słowackie (5), rumuńskie (3), francuskie (3), czeskie (2) i inne. Wyniki tego doświadczenia dopiero oczekują na publikację, lecz są na tyle interesujące, że wstępnie można je przytoczyć (ryc. 2). Na tle populacji reprezentujących cały zasięg gatunku najlepiej wypadła polska populacja 1 Gryfino. Bardzo dobra populacja 15 Kwidzyn ma kilku konkurentów z Niemiec, Czech i Francji. Wśród najgorszych populacji, oprócz hiszpańskiej Limitaciones, są także polskie: 5 Karnieszewice i 11 Gdańsk. Zmienność cech wzrostowych polskich proveniencji buka jest więc taka sama jak buków w całym zasięgu gatunku.

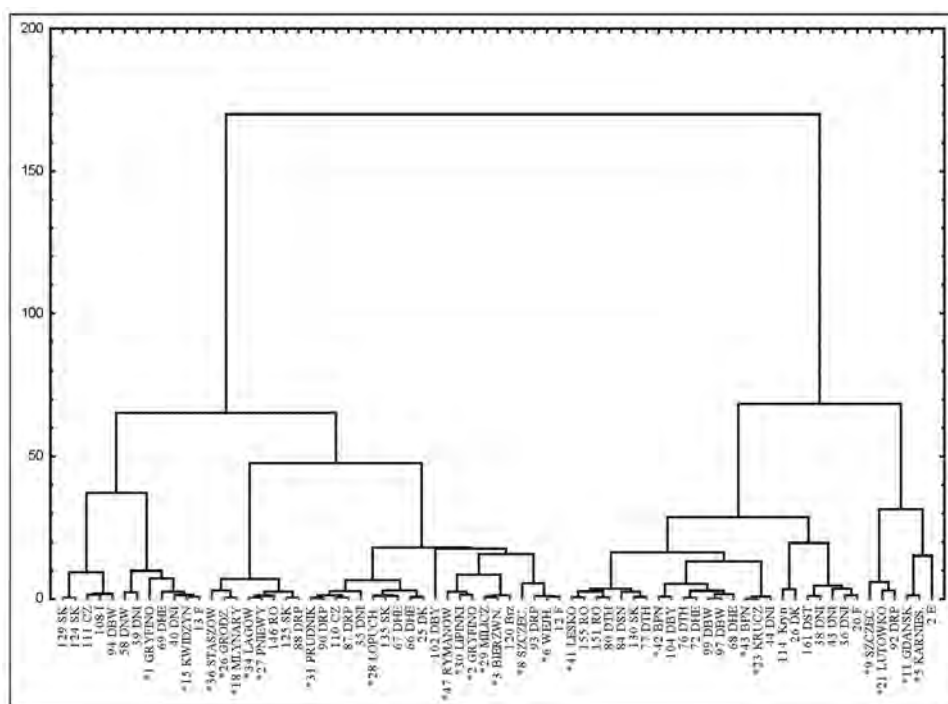
Udało się też stwierdzić, że populacje buka z Pomorza rozpoczynają wiosenny wzrost najpóźniej ze wszystkich testowanych populacji. Stwierdzenie to może mieć znaczne konsekwencje praktyczne.

Skupianie proveniencji na podstawie wielu cech również w tym wypadku uzasadniło podział zbioru populacji na dwa różne podzbiory (ryc. 3). W obu tych podzbiórach znajdują się proveniencje polskie.

Doświadczenie siemianickie potwierdziło ogólny wniosek, że wśród populacji buka można wykryć populacje plastyczne nadające się do przenoszenia oraz wniosek jeszcze bardziej ogólny, że zmienność buka jest bardziej zmiennością ekotypową niż klinalną. Pozwoliło też wykryć istnienie proveniencji bardzo obiecującej co do jej wartości genetycznej (Gryfino).



Ryc. 2. Pierśnica i wysokość 11-letnich buków różnych proveniencji na powierzchni porównawczej w LZD Siemianice (dane niepublikowane); linie siatki poprowadzono co dwa odchylenia standardowe



Ryc. 3. Podobieństwo pomiędzy populacjami buka z całego zasięgu gatunku na podstawie cech adaptacyjnych, fenologicznych i wzrostowych; proveniencje polskie oznaczono gwiazdką, populacje spoza Polski oznaczono numerem i symbolem kraju pochodzenia

Literatura

- Barzdajn W.** 2002. Proweniencyjna zmienność buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) w Polsce w świetle wyników doświadczenia proweniencyjnego serii 1992/1995. *Sylvan*, 146(2), 5–34.
- Barzajn W., Kowalkowski W., Rzeźnik Z.** 2002. Doświadczenie proweniencyjne nad zmiennością buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) w Polsce serii 1992/1995. *Roczniki AR w Poznaniu*, 345, 40, 3–18.
- Barzdajn W., Rzeźnik Z.** 2002. Proweniencyjna zmienność buka (*Fagus sylvatica* L.) polskich pochodzeń w doświadczeniu serii 1992/1993/1995 na powierzchni w Nadleśnictwie Łopuchówko. *Sylvan*, 146(2), 139–147.
- Giertych M.** 1990. Genetyka. [W:] Buk zwyczajny *Fagus sylvatica* L., red. S. Białobok. *Nasze Drzewa Leśne*, 10, PWN, Warszawa–Poznań, 193–236.
- Kowalkowski W.** 2001. Zmienność buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) polskich pochodzeń w 30-letnim doświadczeniu proweniencyjnym. *Roczniki AR w Poznaniu*, *Rozprawy Naukowe*, 318.
- Kowalkowski W.** 2002. Wstępne wyniki badań nad proweniencyjną zmiennością buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) w doświadczeniu serii GC 2234 1992–1995 w Nadleśnictwie Łobez. *Sylvan*, 146(2), 73–88.
- Marek T.** 1989. Analiza skupień w badaniach empirycznych. *Metody SAHN*. PWN, Warszawa.
- Matras J.** 2002. Wzrost i rozwój populacji buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) w okresie pierwszych trzech lat na powierzchni doświadczalnej w Bystrzycy Kłodzkiej. *Sylvan*, 146(2), 111–127.
- Oktaba W.** 1986. *Metody statystyki matematycznej w doświadczalnictwie*. PWN, Warszawa.
- Paule L., Gömöry D.** 1997. Genetic diversity of beech populations in Europe. [W:] First EUFORGEN Meeting on Social Broadleaves. Opracowanie J. Turok, A. Kremer, S. de Vries, IPGRI, Rome, 152–163.
- Paule L., Križo i Pagan J.** 1984. Genetics and improvement of common beech (*Fagus sylvatica* L.). *Annales Forestales*, 11(1), 1–26.
- Rohmeder E., Schönbach H.** 1959. *Genetik und Züchtung der Waldbäume*. Verlag Paul Parey, Hamburg–Berlin.
- Rożkowski R., Giertych M.** 2002. Wstępne wyniki badań proweniencyjnych buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) na powierzchni doświadczalnej w Choczewie. *Sylvan*, 146(2), 89–99.
- Rzeźnik Z.** 1976. Badania buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica*) polskich proweniencji. *Roczniki AR w Poznaniu*, 72, 5–37.
- Rzeźnik Z.** 1999. Dotychczasowe doświadczenia proweniencyjne z bukiem (*Fagus sylvatica* L.) w Polsce. [W:] Zmienność buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.). Materiały konferencyjne Poznań–Siemianice, 8–10 czerwca, 19.
- Tarasiuk S., Bellon S., Szeligowski H.** 1998. Dotychczasowe wyniki badań nad zmiennością krajowych proweniencji buka zwyczajnego na powierzchni doświadczalnej w Nadleśnictwie Brzeziny. *Sylvan*, 142(12), 83–91.
- Żuchowska J., Sabor J.** 2000. Doświadczenie proweniencyjne buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) Bk 92–95 nr 5660594 c/2234 „Polana Izwór”. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, 358, ser. Sesja Naukowa, 69, 297–309.

Genetyczna zmienność populacji buka zwyczajnego w Polsce

Małgorzata Sulowska*

Buk zwyczajny (*Fagus sylvatica* L.) jest jednym z najważniejszych gatunków drzew liściastych w Polsce. Zajmuje 4,4% powierzchni leśnej kraju [Rozwałka i in. 1997]. Lasy bukowe w Polsce rosną na różnych typach siedlisk. W północnej części zasięgu buk występuje na nizinach, na glebach polodowcowych, zaś w środkowej i południowej części zasięgu zajmuje tereny położone wyżej, na glebach górskich. Zmienne warunki środowiskowe wykształciły dużą liczbę populacji i ekotypów buka charakteryzujących się różnymi wymaganiami ekologicznymi.

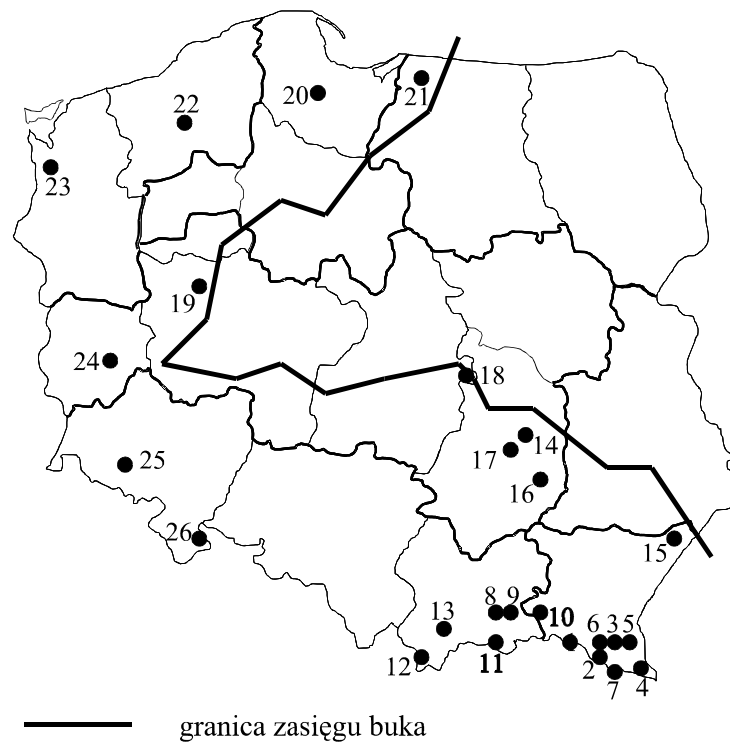
Na terenie Polski przebiega naturalna północno-wschodnia granica występowania buka. W przybliżeniu jej przebieg wyznacza się wzdłuż następującej linii: Węgorzewo – Olsztyn – Toruń – Kościan, a następnie w kierunku Kalisza i dalej przez okolice Łodzi w kierunku Radomia, Lublina do Tomaszowa Lubelskiego [Szafer i Pawłowski 1972, Boratyńska i Boratyński 1990, Dzwonko 1990]. Badaniami przebiegu tej granicy i zależności od warunków klimatycznych i siedliskowo-edaficznych oraz od czynników antropogenicznych zajmowało się wielu badaczy, m.in.: De Candolle [1855], Köppen [1889], Lämmermayer [1923], Steffen [1931; cyt. za Sławińskim 1947], Sławiński [1947], Jedliński [1953], Boratyńska i Boratyński [1990], Brzeziecki [1995], Sykes i inni [1995] oraz Tarasiuk [1999], podkreślając duże możliwości zajmowania przez ten gatunek nowych siedlisk w aspekcie prognozowanych zmian klimatycznych.

Prowadzone jeszcze do niedawna badania zmienności genetycznej buka oparte były wyłącznie na ocenie wybranych cech, mierzonych i obserwowanych, poszczególnych osobników oraz na poszukiwaniu czynników wyjaśniających ich występowanie. Wyniki doświadczeń terenowych i badań molekularnych uzupełniają się wzajemnie.

Nowe metody oceny zmienności genetycznej, wykorzystujące różnego rodzaju markery biochemiczne, umożliwiają skuteczniejszą jej ocenę. Większość cech różnicujących organizmy, a ważnych gospodarczo jest kodowana wielogenowo i ujawnia się w efekcie współdziałania wielu genów. Na fenotypowy charakter cech duży wpływ modyfikujący wywiera środowisko. Obecność wielu wariantów genetycznych tej samej cechy daje możliwość populacyjnego dostosowania do różnych warunków środowiska. Dzięki tej różnorodności całkowity potencjał genetyczny jest w stanie zapewnić populacji bądź gatunkowi przetrwanie przy zmieniających się warunkach środowiska.

Do badań nad zmiennością genetyczną buka wykorzystano 26 populacji tego gatunku reprezentujących naturalny zasięg występowania gatunku w Polsce. Lokalizację ich przedstawiono na rycinie 1. Największą liczbę badanych populacji wybrano w Karpatach ze względu na duże znaczenie gatunku w lasach tego regionu. Uzyskane wyniki porównano z danymi otrzymanymi podczas analogicznych badań buka z innych regionów występowania w Europie.

* Zakład Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych, Instytut Badawczy Leśnictwa w Warszawie



- 1 – Cisna, 2 – Moczarne, 3 – Caryna, 4 – Rozsypaniec, 5 – Nad Sanem,
 6 – Hulskie, 7 – Wielka Rawka, 8 – Łosie 1, 9 – Łosie 2, 10 – Folsz, 11 – Krynica,
 12 – Zakopane, 13 – Gorce, 14 – Świętokrzyskie, 15 – Narol, 16 – Staszów, 17 – Łągów,
 18 – Brzeziny, 19 – Wielkopolski PN, 20 – Kartuzy, 21 – Młynary, 22 – Świerczyna,
 23 – Gryfino, 24 – Świebodzin, 25 – Śnieżka, 26 – Łądek

Ryc. 1. Lokalizacja badanych populacji buka w Polsce

Ocenę zmienności genetycznej badanych populacji buka wykonano na podstawie analiz izoenzymatycznych. Materiał roślinny pozyskiwano z pąków wegetatywnych buka będących w stanie spoczynku zimowego. Analizowaną próbkę homogenizowano w roztworze buforu ekstrakcyjnego, do którego przenikały cząsteczki białek. Ekstrakt otrzymany w wyniku homogenizacji nanoszono na żel skrobiowy, umieszczając obok siebie kolejne próby.

Rozdział białek enzymatycznych na poszczególne frakcje izoenzymów został wykonany z wykorzystaniem metody elektroforezy na żelu skrobiowym. Cząsteczki białek migrujące pod wpływem działania pola elektrycznego zatrzymywały się w żelu w miejscu, gdzie różnica ładunków między biegunami pola równa jest stałej izoelektrycznej cząsteczki. Szybkość ich migracji i segregacja w postaci prążków zależą od natężenia pola elektrycznego, pH żelu oraz pH buforów elektrodowych [Concle i in. 1982].

Po zakończeniu elektroforezy dla izoenzymów znajdujących się w żelu przeprowadzono reakcje umożliwiające ich wizualizację. Analiza białek polegała na wyróżnieniu i zliczeniu prążków obserwowanych na wybarwionym żelu w celu określenia częstości występowania poszczególnych form alleli danego enzymu, zgodnie z przyjętą metodyką [Kim 1979, Thiébaud i in. 1982, Merzeau i in. 1989, Müller-Starck i Starke 1993]. Umożliwiło to obliczenie parametrów charakteryzujących zmienność genetyczną populacji, takich jak stopień polimorfizmu (procent loci polimorficznych), średnia liczba alleli na locus, heterozygotyczność [Nei 1978] oraz dystans genetyczny [Nei 1972]. Do obliczeń wykorzystano program BIOSYS 1 [Swofford i Selander 1981].

Badania prowadzono z użyciem dwóch buforów dla następujących układów enzymatycznych:

1) Ashton – bufor tris-cytrynowo-litowo-boranowy (pH = 8,1) dla enzymów: peroksydazy (PX – EC 1.11.17 – *Px-1*, *Px-2*), L-leucyloaminipeptydazy (LAP – EC 3.4.11.1 – *Lap-1*), transaminazy glutaminianowo-szczawio-octowej (GOT – EC 2.6.1.1 – *Got-2*), reduktazy menadionu (MNR – EC 1.6.99.2),

2) Tris-cytrynowy (pH = 7,0) dla enzymów: dehydrogenazy jabłczanowej (MDH – EC 1.1.1.37 – *Mdh-1*, *Mdh-2*, *Mdh-3*), dehydrogenazy szikimianowej (SKDH – EC 1.1.1.25), fosfoglucoizomerazy (PGI – EC 5.3.1.9 – *Pgi-2*), fosfoglukomutazy (PGM – EC 2.7.5.1) i dehydrogenazy izocytrynianowej (IDH – EC 1.1.1.42 – *Idh-1*).

Uzyskane wyniki oceny zmienności genetycznej badanych polskich proveniencji buka zestawiono w tabeli 1. Największą średnią liczbę alleli na locus stwierdzono u populacji górskich: sudeckich i karpackich (południowa Polska) – Moczarnie (nr 2), Caryna (nr 3) i Zakopane (nr 12). Niewielką wartością tej cechy charakteryzowała się większość populacji z Polski nizinnej (północnej, zachodniej i centralnej).

Największym średnim procentem loci polimorficznych charakteryzowały się populacje z Polski południowej – karpackie, m.in. Caryna (nr 3), Rozsypaniec (nr 4), Łosie 2 (nr 9) oraz populacja sudecka – Śnieżka (nr 25). Wyjątkowo duży procent loci polimorficznych wyróżniał populację buka z granicy zasięgu naturalnego: Brzeziny (nr 18). Niewielkie wartości tej cechy miały populacje nizinne, zwłaszcza populacja z granicy zasięgu: Młynary (nr 21) oraz populacja o pochodzeniu przypuszczalnie sztucznym: Świebodzin (nr 24).

Największe wartości heterozygotyczności zarówno rzeczywistej (wyliczonej bezpośrednio z próby), jak i oczekiwanej (wyliczonej teoretycznie na podstawie częstości alleli obecnych w próbie) stwierdzono w przypadku populacji karpackich: Folsz (nr 10) i Gorce (nr 13). Dużą różnicę pomiędzy heterozygotycznością rzeczywistą a oczekiwaną stwierdzono u populacji Brzeziny (nr 18), z granicy naturalnego zasięgu buka, oraz u populacji o przypuszczalnie sztucznym pochodzeniu: Świebodzin (nr 24). Brak różnic pomiędzy heterozygotycznością obserwowaną i oczekiwaną zanotowano w przypadku dwóch populacji karpackich – Cisna (nr 1) i Łosie 2 (nr 9).

Dane dotyczące analizowanych parametrów genetycznych buka z wybranych regionów występowania tego gatunku w Europie zestawiono w tabeli 2. Przeprowadzone analizy wskazują na wysoki poziom zmienności i zróżnicowania genetycznego populacji polskich, bliski zróżnicowaniu populacji rumuńskich.

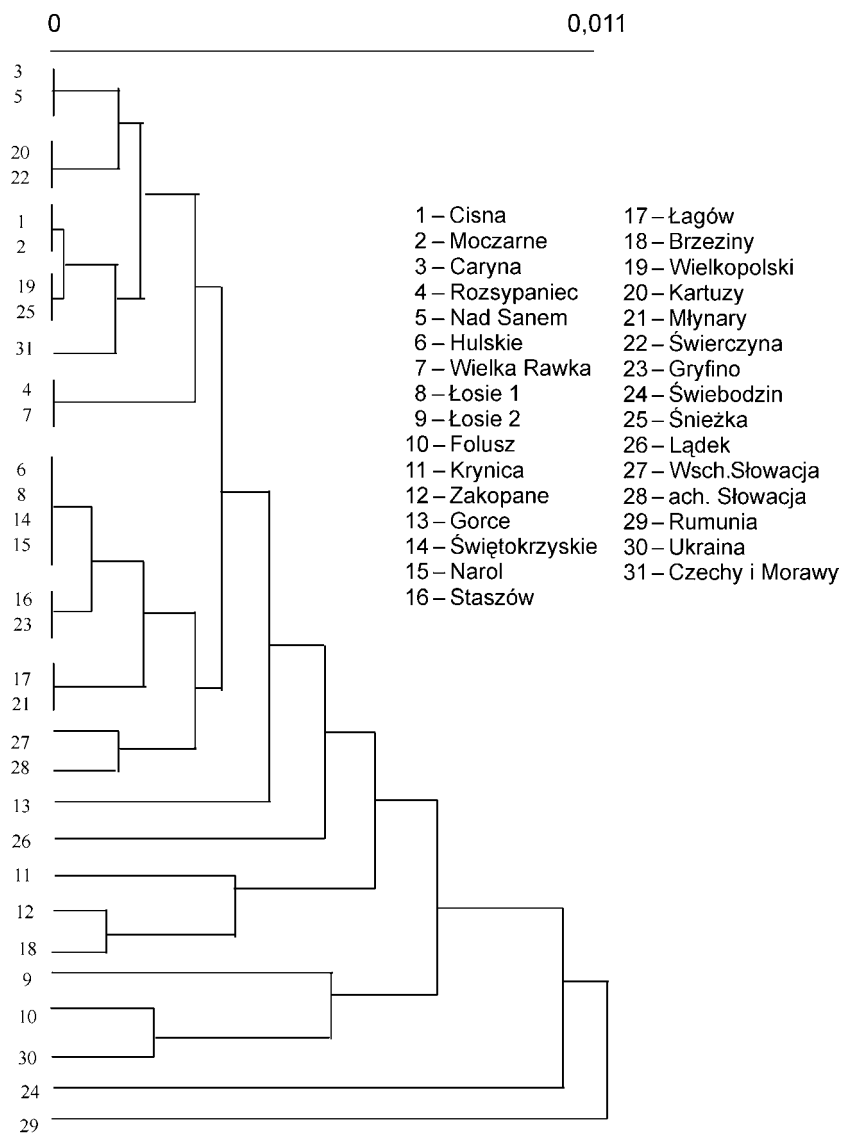
Tabela 1. Charakterystyka zmienności genetycznej populacji buka zwyczajnego w Polsce

Nr	Region	Średnia liczba osobników	Średnia liczba alleli na locus	Procent loci polimorficznych	Średnia heterozygotyczność	
					obserwowana	oczekiwana
1	Cisna	49,8	2,1	83,3	0,250	0,249
2	Moczarnie	59,7	2,5	83,3	0,241	0,255
3	Caryna	49,7	2,4	91,7	0,249	0,278
4	Rozsypaniec	49,4	2,2	91,7	0,248	0,254
5	Nad Sanem	57,5	2,3	83,3	0,265	0,269
6	Hulskie	58,2	2,3	83,3	0,242	0,250
7	Wielka Rawka	50,9	2,3	83,3	0,223	0,244
8	Łosie 1	49,3	2,3	83,3	0,241	0,262
9	Łosie 2	45,5	2,1	91,7	0,230	0,229
10	Folusz	45,8	2,3	91,7	0,290	0,308
11	Krynica	48,2	2,2	83,3	0,266	0,280
12	Zakopane	49,9	2,4	91,7	0,268	0,274
13	Gorce	59,7	2,3	91,7	0,218	0,231
14	Świętokrzyskie	47,4	2,1	83,3	0,271	0,268
15	Narol	48,4	2,2	83,3	0,259	0,272
16	Staszów	49,8	2,0	75,0	0,242	0,255
17	Łągów	49,7	2,1	75,0	0,263	0,271
18	Brzeziny	49,4	2,1	91,7	0,233	0,264
19	Wielkopolski PN	50,5	2,1	75,0	0,223	0,237
20	Kartuzy	48,6	2,0	75,0	0,224	0,236
21	Młynary	49,3	1,9	66,7	0,242	0,269
22	Świerczyna	49,8	1,9	75,0	0,236	0,249
23	Gryfino	46,8	2,3	83,3	0,246	0,268
24	Świebodzin	48,6	2,0	66,7	0,222	0,258
25	Śnieżka	48,8	2,3	91,7	0,254	0,262
26	Łądek	47,8	2,2	83,3	0,270	0,277

Tabela 2. Charakterystyka zmienności genetycznej populacji buka z wybranych regionów Europy

Region	Średnia liczba osobników	Średnia liczba alleli na locus	Procent loci polimorficznych	Średnia heterozygotyczność	
				obserwowana	oczekiwana
Zachodnia Słowacja	657,3	2,8	91,7	0,269	0,280
Wschodnia Słowacja	424,3	2,8	91,7	0,258	0,263
Rumunia	615,1	3,3	100	0,246	0,263
Ukraina	123,8	2,4	91,7	0,251	0,285
Czechy i Morawy	272,1	2,5	91,7	0,254	0,271
Polska	1310,3	3,1	100	0,246	0,262

Dendrogram (ryc. 2) obrazujący stopień zróżnicowania genetycznego buka w Polsce względem innych porównywanych regionów jego występowania w Europie nie umożliwia wydzielenia regionów geograficznych o podobnym poziomie zróżnicowania. Na dendrogramie w bliskim sobie położeniu znajdują się populacje bardzo odległe geograficznie, np. Caryna (nr 3) i Nad Sanem (nr 5) względem Kartuz (nr 20) i Młynar (nr 21). Potwierdza to istnienie wpływu środowiska na obraz zróżnicowania genetycznego buka.



Ryc. 2. Dendrogram skonstruowany na podstawie dystansów genetycznych [Nei 1972]

Aktualna struktura genetyczna populacji buka kształtowała się pod wpływem wielu, często przeciwstawnie działających czynników. Decydujący wpływ na obecny stan zasobów genowych tego gatunku miały zmiany klimatyczne w czwartorzędzie, które ograniczyły występowanie buka do niewielkich refugium w okresie zlodowacenia, z których buk migrował na obecnie zajmowane tereny. Istnienie takich refugium *Fagus sylvatica* L. w Europie potwierdzono na podstawie analiz izoenzymatycznych [Hazler i in. 1997] oraz oceny zróżnicowania mitochondrialnego DNA [Demesure i in. 1996].

Reasumując, należy podkreślić, że polskie populacje buka charakteryzują się podobnym poziomem zmienności genetycznej jak populacje ze Słowacji, Czech i Moraw oraz z Ukrainy i Rumunii. Największe zróżnicowanie genetyczne polskich populacji buka stwierdzono w Karpatach, co może wskazywać na kierunek migracji gatunku po okresie zlodowacenia. Uzyskane wyniki wskazują na nieznaczne zubożenie genetyczne populacji z północy Polski w stosunku do populacji południowych.

Literatura

- Boratyńska K., Boratyński A.** 1990. Systematyka i geograficzne rozmieszczenie. [W:] Buk zwyczajny *Fagus sylvatica* L., red. S. Białobok. Nasze Drzewa Leśne, 10, PWN, Warszawa–Poznań, 27–73.
- Brzeziecki, B.** 1995. Skale nominalne wymagań klimatycznych gatunków leśnych. Sylwan, 3, 53–65.
- Concle, M.T., Paul, D.H., Nunnally, L.B., Hunter, S.C.** 1982. Starch Gel Electrophoresis of Conifer Seeds: a laboratory manual. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station.
- Demesure B., Comps B., Petit R.J.** 1996. Chloroplast DNA phylogeography of the common beech (*Fagus sylvatica* L.) in Europe. *Evolution*, 50, 6, 2515–2520.
- Dzwonko Z.** 1990. Ekologia [W:] Buk zwyczajny *Fagus sylvatica* L., red. S. Białobok. Nasze Drzewa Leśne, 10, PWN, Warszawa–Poznań, 237–328.
- Hazler K., Comps B., Šugar I., Melovski L., Tashev A., Gračan J.** 1997. Genetic structure of *Fagus sylvatica* L. populations in Southeastern Europe. *Silvae Genetica*, 46, 4, 229–236.
- Jedliński W.** 1953. Prace wybrane o granicach naturalnego zasięgu buka, jodły świerka i innych drzew na Wyżynach Małopolskiej i Lubelskiej oraz ich znaczeniu dla gospodarstwa leśnego. PWRiL, Warszawa.
- Kim Z.S.** 1979. Inheritance of leucine aminopeptidase and acid phosphatase in beech (*Fagus sylvatica* L.). *Silvae Genetica*, 28, 68–71.
- Merzeau D., Di Giusto F., Comps B., Thiébaud B., Letouzey J., Cuguen J.** 1989. Genetic control of isozyme systems and heterogeneity of pollen contribution in beech (*Fagus sylvatica* L.). *Silvae Genetica*, 38, 5–6, 195–201.
- Müller-Starck, G., Starke, R.** 1993. Inheritance of Isoenzymes in European Beech (*Fagus sylvatica* L.). *Heredity*, 84, 4, 291–296.
- Nei M.** 1972. Genetic distance between populations. *American Nature*, 106, 283–292.
- Nei M.** 1978. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. *Genetics*, 89, 583–590.

- Rozwalka Z., Czuba M., Okla K., Kapuściński R., Fonder W., Kowalkowska M., Stocki J., Wolcendorf W.** 1997. Las w liczbach. Lasy Państwowe, Agencja Wydawnicza Grzegorzcyk.
- Sławiński W.** 1947. Granice zasięgu buka na wschodzie Europy. Annales UMSC, Section E, 2, 57–68.
- Swofford, D.L., Selander, R.B.** 1981. Biosys-1. User Manual. University of Illinois.
- Sykes M.T., Prentice I.C.** 1995. Boreal forest futures: modeling the controls on tree species range limits and transient responses to climate change. Water, Air and Soil Pollution, 82, 415–428.
- Szafer W., Pawłowski W.** 1972. Szata roślinna Polski. PWN, Warszawa.
- Tarasiuk S.** 1999. Buk zwyczajny (*Fagus sylvatica* L.) na obrzeżach zasięgu w Polsce. Warunki wzrostu i problemy hodowlane. Fundacja „Rozwój”, SGGW, Warszawa.
- Thiébaud B., Lumaret R. Vernet Ph.** 1982. The bud enzymes of beech (*Fagus sylvatica* L.) genetic distinction and analysis of polymorphism in several French populations. Silvae Genetica, 31, 2–3, 51–60.

Wykorzystanie zmienności dębów w hodowli lasu

Władysław Barzdajn*

Podstawą wszelkich prac z zakresu hodowli selekcyjnej jest zmienność genetyczna materiału wyjściowego. Selekcja, a więc wybór wartościowych genotypów, zmniejsza zmienność ogólną. Celami hodowli selekcyjnej są: zwiększenie stabilności (hodowla odpornościowa), zwiększenie produktywności drzewostanów oraz poprawa jakości produkcji. Konsekwentna hodowla selekcyjna prowadzi do udomowienia drzew dla potrzeb upraw plantacyjnych (lignikultur). Stabilizację drzewostanów osiąga się nie tylko na drodze hodowli odpornościowej, ale też przez utrzymanie naturalnej zmienności genetycznej. W okresie, w którym leśnictwo może na wielką skalę oddziaływać na strukturę genetyczną populacji drzew oraz w którym istnieje zagrożenie utraty informacji genetycznej z przyczyn leżących poza leśnictwem najważniejszym celem genetyki leśnej i hodowli selekcyjnej jest zachowanie całego bogactwa genetycznego drzew leśnych.

Hodowla selekcyjna

Badania nad zmiennością dębów w Polsce właściwie dopiero się rozpoczęły. Doświadczenia proweniencyjne są nieliczne [Barzdajn 1993, 1999, 2000, 2002a, Chmura 2002, Fober 1994a, b, 1998] i trwają od niedawna. Wyniki kilku doświadczeń rodowo-proweniencyjnych oczekują na publikację. Doświadczenia te służą oszacowaniu parametrów genetycznych – zmienności genetycznej, odziedziczalności i przekazywalności, co jest konieczne, by możliwe było określenie spodziewanego zysku genetycznego. Parametry te mogą być szacowane tylko wtedy, gdy są do dyspozycji grupy osobników o znanym pokrewieństwie, np. rodzice i potomstwo, pełne rodzeństwo lub półrodzeństwo. Najłatwiej jest przeprowadzić testowanie półrodzeństw (rodów) z wolnego zapylania, gdyż rody otrzymuje się przez zbiór nasion z pojedynczych drzew.

Podstawowym parametrem genetycznym jest odziedziczalność, definiowana jako stosunek wariancji genetycznej do wariancji fenotypowej. Parametr ten określa, jaka część obserwowanej zmienności ogólnej wynika z przyczyn genetycznych. Odziedziczalność jest właściwością populacji, wewnątrz której ma być przeprowadzona selekcja. Jeśli wartość tej cechy jest niewielka (bliska zeru), selekcja nie będzie skuteczna. Wartość fenotypową określonej cechy można wtedy poprawić wyłącznie przez oddziaływanie na środowisko lub obiekt uprawy. Na przykład jakość pni można poprawić przez utrzymywanie zwarcia lub podkrzesywanie i formowanie koron. Im bardziej wartość współczynnika odziedziczalności zbliża się do jedności, tym skuteczniejsza będzie selekcja. Z definicji wynika, że odziedziczalność zależy od komponentu genetycznego i komponentu środowiskowego otrzymanej wariancji wyników. Dużą odziedziczalność można otrzymać nawet przy niewielkiej zmienności genetycznej, jeśli w doświadczeniu uda się zapewnić minimalną zmienność

* *Katedra Hodowli Lasu, Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu*

środowiskową, i na odwrót, nawet przy dużej zmienności genetycznej odziedziczalność może być nieznaczna, jeśli duża będzie zmienność środowiskowa. W takich samych warunkach środowiskowych populacje czy rody bardziej genetycznie zróżnicowane wykazują większą odziedziczalność. Ten sam obiekt w różnych doświadczeniach może mieć inną wartość odziedziczalności, dlatego ważne jest nagromadzenie jak najliczniejszych danych.

Możliwe kierunki selekcji dębów

Cechy ważne z punktu widzenia hodowli lasu oraz cechy ważne z punktu widzenia użytkowania lasu i jakości surowca to dwie grupy cech, którymi interesuje się hodowla selekcyjna. Obie te grupy cech decydują o kosztach i dochodach gospodarstwa leśnego oraz o wypełnianiu przez las funkcji nieprodukcyjnych.

Szybki wzrost w młodości

Krótki cykl produkcyjny sadzonek powoduje, że koszty produkcji szkółkarskiej są mniejsze niż w przypadku cyklu długiego. Szybsze wyrastanie z okresu zagrożenia chwastami i żerem zwierziny oraz ponad strefę przymrozkową powietrza zmniejsza także koszty wyprowadzenia upraw. Wysokość drzew *Quercus robur* podlega kontroli genetycznej w różnym stopniu w ramach różnych populacji. Stopień ten jest jednak na ogół znaczny. Jak podają Burzyński i inni [1998], francuska proveniencja Tronçais wykazała minimalną odziedziczalność wysokości 6-letnich drzewek na wszystkich sześciu powierzchniach porównawczych, a polska populacja Zaporowo wykazała dużą zmienność genetyczną na trzech powierzchniach. Na powierzchni porównawczej w Bolesławcu, w wieku 11 lat największy potencjał genetyczny i największą odziedziczalność wysokości osiągnęła właśnie proveniencja Tronçais, podczas gdy w przypadku proveniencji Zalesie wartość odziedziczalności była bliska zeru [Barzdajn, w druku]. W Chorwacji, co wykazali Vidaković i inni [2000], populacja Donji Miholjac była bardziej zmienna genetycznie od populacji Slatina. U *Quercus petraea* w Bułgarii Garilov [1982] otrzymał wysokie, lecz różne dla badanych populacji współczynniki odziedziczalności wysokości i pierśnicy. Różne, ale także bardzo duże wartości współczynnika odziedziczalności, bo wynoszące od 0 do 0,90 w wieku uprawy i młodnika, sugerują, że drogą selekcji można zwiększyć wysokość młodocianych drzew. Jednak Vidaković i inni [2000] stwierdzili, że w przypadku badanych przez nich populacji dębu zrealizowany zysk genetyczny był mniejszy od spodziewanego.

Adaptacja do warunków uprawy

Maksymalizacja cechy, jaką jest adaptacja do warunków uprawy ma na celu zmniejszenie kosztów poprawek i zwiększenie przyrostu. Savill i Kanowski [1993] sugerują niski stopień kontroli tej cechy przez genotyp, jednakże wyniki doświadczeń proveniencyjnych wskazują na coś innego. U dębów na powierzchniach założonych w Obornikach Śląskich i w Miliczu wystąpiły wyraźne różnice pod względem przeżywalności pomiędzy populacjami *Q. robur* i *Q. petraea*, a także różnice międzygatunkowe na korzyść *Q. robur* [Barzdajn 2002a, b].

Termin rozpoczęcia wegetacji wiosną

Późne rozpoczęcie wzrostu wiąże się z unikaniem uszkodzeń spowodowanych przez późne przymrozki. Różnice fenologiczne zauważono jeszcze w XIX wieku. Černiajev [1858; cyt. za: Piatnitskij 1950] wyróżnił u *Q. robur* formy: wczesną (*praecox* Čern.) i późną (*tardiflora* Čern.). Sadzenie form późno rozwijających pąki na wiosnę ma znaczenie wtedy, gdy uprawy dębowe zakłada się na powierzchniach otwartych, niechronionych przez okap. Późne formy dębu unikają zaatakowania przez *Tortrix viridana* [Kielczewski i in. 1967]. Szkodnik ten potrafi jednak dostosować się do cykli rozwojowych dębu [Merle 1999]. Pora rozpoczęcia wegetacji u *Q. robur* jest pod silną kontrolą genetyczną [Stojković 1991, Jensen 1993, Baliuckas i in. 2001]. Wartość współczynnika odziedziczalności (h^2) obliczona przez Stojkovicia [1991] z regresji potomstwa na matki wyniosła 1,1. Wartość tego współczynnika obliczona z komponentów wariancji dla rodzin badanych przez Baliuckasa i innych [2001] także znacznie przekracza 1. Teoretycznie są to wartości nieprawdopodobne, dlatego autorzy ci podają w wynikach jedynie komponent genetyczny wariancji ogólnej. Może to oznaczać, że wpływ matki na cechy fenologiczne potomstwa jest silniejszy od wpływu ojców, a tym samym, że cechy te mogą być w pewnym stopniu determinowane przez dziedziczenie cytoplazmatyczne. Selekcja matek na porę pęknięcia pąków powinna być zatem bardzo skuteczna, chociaż tezę o dziedziczeniu cytoplazmatycznym można uznać za czystą spekulację. Drzewom różnych form fenologicznych *Quercus robur* przypisywano w Rosji różne właściwości fizjologiczne i hodowlano-leśne, co zostało skrytykowane [Yablokov 1962]. Dyskusji o związku cech fenologicznych z cechami wzrostowymi i odpornościowymi jednak nie zaniechano [Yakovlev 2000].

Odporność na mączniaka dębu

Mańka [1998] sugeruje istnienie genetycznych mechanizmów odpornościowych na mączniaka dębu. Ta powszechna choroba liści dębów jest groźna jedynie w szkółkach i tam łatwo jest zwalczana fungicydami siarkowymi.

Produkcyjność

Według Krzysika [1975, 1978] pierścieniowo-naczyniowa budowa drewna jest przyczyną tego, że duży przyrost promieniowy oznacza istnienie szerokiej strefy drewna późnego, o dużej gęstości i twardości, zwiększającej gęstość i twardość surowca drzewnego. Są to cechy pożądane w surowcu tartacznym. Jeśli jednak szerokość słoików przekroczy 3 mm, gęstość drewna zmniejsza się. Im mniejszy jest przyrost promieniowy, tym węższa jest strefa gęstego i twardego drewna późnego i tym szersza strefa drewna wczesnego z naczyniami o dużych światłach, a więc o małej twardości i gęstości. Są to pożądane cechy surowca okleinowego. Oba cele produkcji stawiają więc przeciwstawne wymagania pod względem wielkości przyrostów na promieniu. Szerokość słoika podlega kontroli genetycznej w średnim stopniu (wartość odziedziczalności wynosi 0,21–0,25). Przyrost drewna na jednostce powierzchni jest sumą przyrostów pojedynczych drzew i można go regulować zagęszczeniem drzewostanu. Jednak odziedziczalność tej cechy oszacowana przez Jensena [1993] ($h^2 = 0,773$) jest bardzo wysoka.

Jakość pni

O jakości pni decydują cechy pokrojowe drzew, takie jak obecność pędu przewodniego, w tym rozwidlanie się go i zanikanie, prostota pni, grubość konarów, wysokość oczyszczania się, tworzenie pędów przybyszowych (epikormicznych), szerokość koron, kąt wyrastania konarów. Na uwagę zasługuje wykazana przez Jensena [1993] oraz Savilla i Kanowskiego [1993] bardzo duża odziedziczalność prostoty pni ($h^2 = 0,95$), obecności pędu dominującego (przewodnika) ($h^2 = 0,83$) i grubości gałęzi ($h^2 = 0,66$). Są to cechy decydujące o wartości sprzedawanego surowca i wydają się być łatwe do poprawienia na drodze selekcji.

Jakość drewna

Większość cech drewna ważnych dla różnych dziedzin zastosowań podlega w znacznym stopniu kontroli genetycznej u obu opisywanych gatunków. Na uwagę zasługuje fakt silnego dziedziczenia się gęstości drewna (w przypadku białej *Q. robur* $h^2 = 0,78$, a w przypadku szarej – $h^2 = 0,69$) [Savill i Kanowski 1993], twardości drewna (w przypadku *Q. petraea* $h^2 = 0,65$) [Savill i Kanowski 1993], powierzchni przekroju naczyń drewna wczesnego (dla *Q. robur* i *Q. petraea* $h^2 \cong 0,90$) [Rink i McBride 1993] oraz szerokości strefy drewna wczesnego u *Q. robur*. Sugeruje to konieczność prowadzenia hodowli w dwóch kierunkach: na surowiec tartaczny, w którym to przypadku pożądana jest wysoka gęstość (korelująca z parametrami wytrzymałościowymi), twardość, szerokie słoje i minimalna szerokość strefy drewna wczesnego, oraz na surowiec do produkcji okleiny, w tym przypadku wszystkie te cechy nie są pożądane. Szerokość słojów i kurczliwość drewna są cechami o niewielkiej odziedziczalności i poprawa wartości tych cech przez selekcję, jakkolwiek możliwa, jest mniej skuteczna [Rink i McBride 1993].

Dobór gatunku

Oba opisywane gatunki są jednakowo cenione w przemyśle drzewnym, jednak są różniane w botanice (ze względu na różnice biologiczne) i w hodowli lasu (ze względu na różnice wzrostowe oraz wymagania siedliskowe).

Dąb bezszypułkowy nie może występować na siedliskach wilgotnych [Krahl-Urban 1959, Zaręba 1988, Szczurek i Barzdajn 1997, Kleinschmit i Kleinschmit 2000]. Mezotroficzne i świeże siedliska leśne, na których według Zaręby [1988] należy uprawiać dąb bezszypułkowy, są jednak dostępne dla obu gatunków. Stąd drzewostany z udziałem wyłącznie *Q. robur* trafiają się tylko na siedliskach lęgowych, a drzewostany z udziałem wyłącznie *Q. petraea* są wyjątkiem. Dotyczy to także drzewostanów nasiennych [Szczurek i Barzdajn 1997]. Preferowanie w hodowli lasu *Q. petraea* jest uzasadnione lepszą jakością pni i drewna [Tyszkiewicz i Obmiński 1963, Walther 1966, Zaręba 1988]. *Q. petraea* znosi większe zacienienie i łatwiej odnawia się naturalnie. Jego wzrost w młodości jest wolniejszy [Korenek 1970, Jaworski 1995, Barzdajn 2001]. Zmienność dębu bezszypułkowego budzi też większe zainteresowanie i jest intensywniej badana [Maurer i in. 2000].

Dobór proveniencji

Zróznicowanie proveniencyjne wewnątrz obu gatunków jest znaczne i wykrywano je już w pierwszych testach proveniencyjnych [Kienitz 1877, cyt. za: Krahl-Urban 1959]. Jak do tej pory, brak ustaleń, czy jest to zmienność klinalna czy ekotypowa [Maurer i in. 2000]. Europejską sławę osiągnęły populacje dębu bezszypułkowego ze Spessartu (Niemcy) oraz dąb szypułkowy ze Sławonii (Chorwacja). Wartość polskich proveniencji nie jest, jak dotychczas, rozpoznana.

Wybór drzewostanów nasiennych

Przy niedostatku informacji z powodu niezbyt szeroko zakrojonych badań proveniencyjnych wybór drzewostanów nasiennych dla określonego regionu powinien ograniczać się do populacji lokalnych odznaczających się dobrą zdrowotnością i dobrą jakością. Nawet na stosunkowo niedużym obszarze środkowego Powołża stwierdzono występowanie różnych edafotypów, form fenologicznych, form pokrojowych oraz zróżnicowanie morfologii żołędzi i liści [Yakovlev 2000]. Podobne różnice między populacjami dębów występują też w Polsce [Barzdajn 1993, 1994, 2002b]. Znaczna większość wybranych w Polsce drzewostanów nasiennych składa się z obu gatunków dębów. Stwarza to pewne problemy z zagospodarowaniem takich drzewostanów pod kątem dostosowania ich do zbioru żołędzi. Przy przewadze ilościowej któregoś gatunku można usunąć ten z nich, który jest w mniejszości i w ten sposób ułatwić zbiór żołędzi jednego gatunku. Przy mniej więcej równym ich udziale takie „czyszczenie” jest ryzykowne z hodowlanego punktu widzenia. Celowe wydaje się być wtedy oznaczenie przynależności gatunkowej każdego drzewa i osobny zbiór żołędzi każdego gatunku. Kwestia mieszańców międzygatunkowych oczywiście istnieje, ale nie wydaje się być istotna dla działań gospodarczych. Nasiona będące mieszańcami międzygatunkowymi częściej występują u *Q. robur*.

Selekcja masowa

Selekcję masową prowadzi się w obrębie danej populacji. Może ona polegać na wyłączeniu z rozmnażania niechcianych osobników (selekcja negatywna) lub na wspieraniu rozmnażania osobników pożądanых (selekcja pozytywna). Przykładem selekcji masowej jest przystosowywanie drzewostanów nasiennych do zbioru nasion. Typową selekcją negatywną jest wykonywanie cięć sanitarno-selekcyjnych. W ramach tych cięć należy usuwać w pierwszej kolejności źle ukształtowane osobniki odznaczające się dużą płodnością, a więc o najwyższej pozycji socjalnej. To samo dotyczy cięć przygotowawczych do odnowienia naturalnego w rębni częściowej. Wyznaczenie drzew do zbioru nasion i poprawienie warunków ich wzrostu jest selekcją pozytywną. Intensywność selekcji masowej nie jest wielka. Stosowane rozluźnianie drzewostanów do zadrzewienia wynoszącego 0,6 oznacza usunięcie najwyżej 40% drzew. Otrzymywany zysk genetyczny nie jest więc duży, z wyjątkiem cech o bardzo wysokiej odziedziczalności, taki jak np. cechy fenologiczne i prostota pnia [Wright 1962].

Selekcją masową są nie tylko zabiegi wykonane specjalnie w tym celu, by zmienić strukturę genetyczną populacji. Zmiany te uzyskuje się przy okazji wykonywania wszelkich zabiegów gospodarczych – od zbioru nasion w celu założenia drzewostanu aż po zbiór

nasion przy jego likwidowaniu. Selekcją jest zarówno zbiór żołądździ o większych wymiarach, z drzew o dużych koronach, żywotnych i płodnych, jak i przechowywanie żołądździ przez zimę, które preferuje typy o małej skłonności do kiełkowania jesiennego (sprzyja więc dębowi szypułkowemu). Produkcja szkółkarska z kolei sprzyja siewkom szybciej rosnącym w pierwszej młodości, co powoduje, iż siewki wolniej rosnące ulegają konkurencji albo są eliminowane przy sortowaniu sadzonek. Szczególnie niebezpieczne są w tym przypadku zasiewy mieszane obu gatunków dębów, gdyż upośledzony jest wtedy dąb bezszypułkowy. Pielęgnowanie upraw, jako działanie selekcyjne, może wspierać typy szybko rosnące, szybko wyrastające ponad chwasty i przygruntową, przymrozkową warstwę powietrza. Pielęgnowanie młodników wykonywane według błędnych zasad często prowadzi do usuwania drzew najżywotniejszych nazywanych rozpieraczami. Zaniedbania w czyszczeniach i trzebieżach powodują, że w drzewostanach dojrzewających i dojrziałych występują drzewa o niepożądanych właściwościach (np. obarczone krzywiznami, skrzętem włókien, guzowate, o miotlastych koronach, rozwidlającym się pnium i grubych konarach). Biorą one wtedy udział w rozmnażaniu. Szczególnie szkodliwe jest wykonywanie trzebieży bez celu pielęgnacyjnego, nastawione na pozyskanie określonego, zwykle cennego sortymentu.

Plantacje nasienne

By osiągnąć w miarę najlepszy zysk genetyczny, konieczny jest właściwy wybór drzew doborowych. Różna odziedziczalność poszczególnych cech oraz różne i sprzeczne wymagania odbiorców drewna wymagają, jak już wspomniano, różnych kierunków selekcji, a zatem plantacji realizujących odmienne cele selekcji. Jednak wszystkie drzewa doborowe dębów muszą mieć prosty pień, przewodnik o przebiegu do możliwie dużej wysokości, winny być zdrowe, bez widocznych wad. Duży przyrost promienia jest pożądanym tylko u tych drzew doborowych, których potomstwo będzie przeznaczone do produkcji surowca tartaczno-go. Duży przyrost grubości nie będzie korzystny w przypadku drzew, których potomstwo ma produkować surowiec okleinowy. Prawidłowy wybór drzew doborowych wymaga więc opracowania oddzielnych kryteriów dla każdego kierunku selekcji. Skupienie się przy wyborze wyłącznie na cechach jakościowych pnia grozi wyborem drzew opóźnionych we wzroście, gdyż wysoka jakość techniczna jest często związana z niską klasą biosocjalną, pielęgnacyjnym oddziaływaniem konkurentów i wcale niekoniecznie wynika z korzystnego genotypu drzewa. Dlatego drzewa doborowe należy wybierać spośród tych drzew, których wzrost nie jest zbyt zakłócony konkurencją.

Wybór drzew doborowych to selekcja bardzo intensywna. Należy więc oczekiwać znacznego zysku genetycznego, ale za cenę zmniejszenia ogólnej zmienności genetycznej. Stopień jej jest różny i zależy od typu plantacji nasiennych. W plantacji rodowej (plantacyjnej uprawie nasiennej) drzewa reprezentują genotypy matek i jednocześnie genotypy nieokreślonej liczby ojców. Ojcowie cechami nie powinni zbyt odiegać od cech matek. Drzewa doborowe do takiej plantacji powinny więc być wybierane w drzewostanach wysokiej jakości, np. w drzewostanach nasiennych. W plantacjach klonowych drzewa reprezentują wyłącznie genotypy matek. Miejsce wyboru matki nie ma więc żadnego znaczenia.

Jeśli celem gospodarstwa leśnego nie musi być radykalne i szybkie zwiększenie wartości cech, pod względem których prowadzi się selekcję, korzystniejsze są plantacje rodowe z następujących powodów: w mniejszym stopniu od plantacji klonowych ograniczają zmienność genetyczną, zagłada grozi tylko allelom rzadkim; są łatwiejsze do założenia;

nie ma ryzyka wypadania szczepów na skutek niezgodności immunologicznej naszczepu z podkładką, mogą więc być na niej reprezentowane genotypy niezdolne do zrastania się z podkładką; stwarzają możliwość selekcji genetycznej także po założeniu plantacji; mogą także pełnić ubocznie funkcję produkcyjną (produkcji drewna); można je prowadzić w sposób bardziej ekstensywny, a więc tańszy.

Krzyżowanie

Dengler [1941] zaobserwował w czasie badań wykonanych w latach 1930–1940, że zapylenie kwiatów żeńskich *Q. robur* pyłkiem *Q. petraea* tylko w 4,1% przypadków (na 1921 zapyleń) zakończyło się sukcesem. Krzyżowanie *Q. petraea* × *Q. robur* udało się tylko w 0,6% wypadków (spośród 2531). Piatnitskij [1950] w pracy podsumowującej wyniki jego badań (wykonanych w latach 1937–1941) nad krzyżowaniem dębów donosi o zerowym wyniku (na 749 prób) krzyżowania *Q. robur* × *Q. petraea*. Wyniki Steinhoffa [1993] były znacznie lepsze: 6,5% zapyleń w przypadku krzyżówek *Q. robur* × *Q. petraea*, a 1,8% w przypadku krzyżówek odwrotnych. Kleinschmit i Kleinschmit [2000] na podstawie późniejszych prób potwierdzili łatwiejsze otrzymywanie krzyżówek, gdy drzewem matecznym był *Q. robur*. Wyniki krzyżowania mogą być bardzo różne zależnie od lat, lecz na ogół są niezadowolające [Rushton 1977, Ducousso i in. 1993].

Występowanie naturalnych mieszańców *Q. robur* i *Q. petraea* jest zróżnicowane. Rushton [1993] przytacza dane z północno-zachodniej Europy dotyczące udziału w drzewostanach mieszańców wynoszącym od 3 do 50% i dowodzi, że introgresja wzrasta klinalnie ze wschodu na zachód oraz od południa ku północy. Wiele z tych danych uzyskano na drodze analizy morfologicznej, jednak bez dobrego rozeznania zmienności wewnątrzgatunkowej rozpatrywanych cech. Analizy dyskryminacji wykonane przez Aasa [1991, 1993] na materiale z niemieckich i polskich populacji dębów wykazały bardzo dużą zmienność wewnątrzgatunkową poszczególnych cech i bardzo dobre rozdzielenie obu gatunków. Osobniki, których nie dało się zaliczyć do któregośkolwiek gatunku, stanowiły 3%. Mieściły się one w obszarze zmienności *Quercus petraea*, co zdaniem Aasa [1993] świadczy, że łatwiejsze są krzyżówki wsteczne z *Q. petraea* niż z *Q. robur*. Oznaczałoby to istnienie w zasadzie jednokierunkowego przepływu genów (introgresji) od *Q. robur* do *Q. petraea* i zwiększanie się zmienności *Q. petraea*. Dupouey i Badeau [1993] w 80 drzewostanach znajdujących się w północno-wschodniej Francji określili udział mieszańców obu gatunków na 3,5% i stwierdzili większą zmienność morfologiczną *Q. petraea*. Badania morfologii liści wykonane przez Staszkievicza [1970] w Puszczy Białowieskiej, a więc blisko wschodniej granicy występowania *Q. petraea*, świadczą o podobnym zróżnicowaniu wewnątrzgatunkowym *Q. petraea* i *Q. robur*.

Kleinschmit i Kleinschmit [2000] uważają za możliwe, że współcześnie zachodzą dwa zjawiska ewolucji dębów: 1) z pierwotnie jednego gatunku rozwijają się obecnie nowe, odseparowane gatunki, 2) istnieje stała równowaga pomiędzy upodabnianiem się gatunków na skutek przepływu genów a ich różnicowaniem się na drodze adaptacji do różnych warunków środowiska (selekcja rozdzielająca). Przyjęcie którejkolwiek z tych hipotez skłania do oddzielnego traktowania każdego z obu gatunków dębu, przynajmniej w hodowli lasu.

Znaleziono tylko jedną wzmiankę o szczególnych, mających znaczenie ekonomiczne, właściwościach mieszańców *Q. robur* × *Q. petraea*. Ich nazwa – *Quercus* × *rosacea* Bechst. – ma wynikać ze szczególnej, czerwonej barwy drewna [Zaręba 1988].

Z dotychczasowych badań wynika, że:

- 1) naturalne krzyżowanie się *Q. robur* i *Q. petraea* jest możliwe, lecz niezbyt częste,
- 2) sztuczne krzyżowanie obu gatunków jest trudne i daje niewiele sukcesów, więcej wtedy, gdy drzewem ojcowskim jest *Q. petraea*, a istnieją też drzewa *Q. robur* sterylne wobec pyłku *Q. petraea*,
- 3) introgresja następuje raczej od *Q. robur* do *Q. petraea*, zwiększając zmienność populacji tego gatunku. Geny te przenoszone są przez mieszańce *Q. robur* × *Q. petraea* krzyżujące się wstecznie łatwiej z *Q. petraea* niż z *Q. robur*,
- 4) mieszańce są nieraz trudne do zidentyfikowania i nie wyróżniają się w szczególności sposobem cechami przystosowawczymi, wzrostowymi czy bezpośrednio użytkowymi. Otrzymywanie mieszańców raczej nie przyniesie więc nowych wartości użytkowych (być może z wyjątkiem barwy drewna (*Quercus* × *rosacea* Bechst.),
- 5) hodowlę uszlachetniającą dębów należy prowadzić co najmniej w dwóch kierunkach uwzględniających zastosowanie drewna. Istnienie maksymalnej szerokości słoja, przy której jeszcze nie następuje pogorszenie się jakości drewna, sprawia, że raczej nie należy dążyć do maksymalizacji wielkości przyrostu na grubość, a więc także przyrostu objętości,
- 6) rezygnacja z maksymalizacji przyrostu sprawi, że jednogatunkowe drzewostany dębowe pozostaną niskoprodukcyjne. Przyszłością dla uprawy dębów są więc drzewostany mieszane, w których za ilościową stronę produkcji będzie odpowiadał inny gatunek,
- 7) w hodowli lasu niezbędne jest odróżnianie obu gatunków, nie tylko ze względu na ich różne wymagania siedliskowe, ale także ze względu na odmienne właściwości hodowlane.
- 8) lepsza jakość techniczna pni *Q. petraea*, przy jednocześnie wymaganej niewielkiej szerokości słoja (a więc i przyrostu), umożliwi szeroką uprawę tego gatunku na siedliskach mezotroficznych, np. borów mieszanych. Tam też należy go rozpowszechniać jako domieszkę w celu stabilizacji drzewostanów, melioracji siedlisk oraz zwiększenia wartości produkcji. *Quercus robur* powinien dominować na siedliskach wilgotnych, na bardzo ciężkich glebach oraz na obszarach o klimacie kontynentalnym,
- 9) kryteria wyboru drzew doborowych powinny uwzględniać zastosowanie drewna. Jest to możliwe dzięki znacznemu stopniowi dziedziczenia się cech drewna. Jakość pni i koron oraz zdrowotność drzew to kryteria nieodzowne. Jakość techniczna drzew opóźnionych pod względem wzrostu może wynikać właśnie z tego opóźnienia i dlatego drzewa doborowe powinny charakteryzować się najlepszą jakością przy niezakłóconym wzroście,
- 10) selekcja na późne pęknięcie pąków może być bardzo skuteczna, lecz celowa będzie jedynie wtedy, gdy dęby będzie się uprawiać na otwartej powierzchni bez przedplonu,
- 11) niezbyt częste krzyżowanie się obu gatunków w naturze nie wymaga „czyszczenia” drzewostanów nasiennych w przypadkach, w których mogłoby to prowadzić do destabilizacji lasu.

Literatura

- Aas G. 1991. Kreuzungsversuche mit Stiel- und Traubeneichen (*Quercus robur* L. und *Q. petraea* (Matt.) Liebl.). Allg. Forst Jagdztg., 162, 141–145.
- Aas G. 1993. Taxonomical impact of morphological variation in *Quercus robur* and *Q. petraea*: a contribution to the hybrid controversy. Ann. Sci. For., 50, Suppl., 1, 107–113.
- Baliuckas V., Lagerström T., Eriksson G. 2001. Within-population variation in juvenile growth rhythm and growth in *Quercus robur* L. and *Fagus sylvatica* L. Forest Genetics, 8(4), 259–269.

- Barzdajn W.** 1993. Preliminary results of an experiment with Polish provenances of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) and sessile oak *Q. petraea* [Matt.] Liebl.). Ann. Sci. For., 50, Suppl., 1, 222–227.
- Barzdajn W.** 1994. Zmienność wielkości owoców dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) w Polsce. PTPN, Prace Kom. Rol. Leś., 77, 6–13.
- Barzdajn W.** 1999. Badania proveniencyjne nad zmiennością buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) i dębów (*Quercus robur* L. i *Q. petraea* [Matt.] Liebl.) prowadzone w Katedrze Hodowli Lasu Akademii Rolniczej w Poznaniu. [W:] Materiały I Konferencji Leśnej „Stan i perspektywy badań z zakresu hodowli lasu”, Sękocin 18–19 maja 1999, IBL, 149–153.
- Barzdajn W.** 2000. Proveniencyjne doświadczenie z dębami (*Quercus robur* L. *Q. petraea* [Matt.] Liebl.) z 1993 roku w nadleśnictwach Milicz i Oborniki Śląskie. Sylwan, 144(12), 57–67.
- Barzdajn W.** 2002a. Gatunkowe i proveniencyjne zróżnicowanie dębów (*Quercus robur* L. i *Q. petraea* [Matt.] Liebl.) w doświadczeniu proveniencyjnym z 1993 roku. Zesz. Naukowe AR w Krakowie, ser. Sesja Naukowa, 86, 189–198.
- Barzdajn W.** 2002b. The variability of dimensions of *Quercus robur* L. and *Q. petraea* [Matt.] Liebl. acorns in Poland. Dendrobiology, 47, Suppl., 21–24.
- Burzyński G., Barzdajn W., Fober H., Sabor J., Górski P., Kłoskowska A., Głaz P.** 1998. Wewnątrzgatunkowa zmienność dębu szypułkowego w fazie zbioru nasion, doświadczenia szkółkarskiego oraz w pierwszych dwóch latach rozwoju upraw. IBL (maszynopis).
- Chmura D.J.** 2002. Fenologia wiosennego rozwoju polskich proveniencji dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) i bezszypułkowego (*Q. petraea* [Matt.] Liebl.). Sylwan, 146(4), 97–103.
- Dengler A.** 1941. Bericht über Kreuzungsversuche zwischen Trauben- u. Stieleiche und zwischen europäischer und japanischer Lärche. Mitt. dtsh. Akad. Forstwiss., I(1), 87–109.
- Ducousso A., Michaud H., Lumaret R.** 1993. Reproduction and gene flow in the genus *Quercus* L. Ann. Sci. For., 50, Suppl., 1, 91–106.
- Dupouey J.L., Badeau V.** 1993. Morphological variability of oaks (*Quercus robur* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl., *Quercus pubescens* Willd) in northeastern France: preliminary results. Ann. Sci. For., 50, Suppl., 1, 35–40.
- Fober H.** 1994a. Przegląd doświadczeń proveniencyjnych dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) i bezszypułkowego (*Q. petraea* Liebl.). Sylwan, 138(1), 89–97.
- Fober H.** 1994b. Międzynarodowe doświadczenie proveniencyjne nad dębem bezszypułkowym *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. Arboretum Kórnickie, 39, 109–124.
- Fober H.** 1998. Provenance experiment with pedunculate (*Quercus robur* L.) and sessile (*Q. petraea* (Matt.) Liebl.) oaks established in 1968. Arboretum Kórnickie, 43, 67–78.
- Garilov Č.** 1982. Nasledavanje na njakoj priznaci pri zimnija db (*Quercus sessiliflora* f. *polycarpa*). Gorskostopanska Nauka (Sofia), 19(1), 3–13.
- Jaworski A.** 1995. Charakterystyka hodowlana drzew leśnych. Guttenberg, Kraków.
- Jensen J.S.** 1993. Variation of growth in Danish provenance trials with oak (*Quercus robur* L. and *Quercus petraea* Mattuschka Liebl.). Ann. Sci. For., 50, Suppl., 1, 203–207.
- Kielczewski B., Szmidt A., Kadlubowski W.** 1967. Entomologia leśna z zarysem akarologii. PWRiL, Warszawa.
- Kleinschmit J., Kleinschmit J.G.R.** 2000. *Quercus robur* – *Quercus petraea*: a critical review of the species concept. Glas šum. pokuse, Zagreb, 37, 441–452.

- Korenek J.** 1970. Hodnotenie rastu semenáčikov duba zimného a letného rovnakej proveniencie v podmienkach dvoch rozdielnych škôlok. [W:] *Materiály konferenčnej „V jubilejná vedecká konferencia VÚLH vo Zvolene”*, 70–78.
- Krahl-Urban J.** 1959. *Die Eichen*. Verlag Paul Parey, Hamburg–Berlin.
- Krzysik F.** 1975. Właściwości techniczne i stosowanie drewna dębowego w Polsce. *Sylvan*, 119(7), 1–10.
- Krzysik F.** 1978. *Nauka o drewnie*. PWN, Warszawa.
- Maurer W.D., Tabel U., König A O., Stephan B.R., Müller-Starck G.** 2000. Provenance trials on *Quercus robur* L. and *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. in Rhineland-Palatinate (Germany): Preliminary results of phenotypic and genetic surveys. *Glas šum. pokuse, Zagreb*, 37, 329–345.
- Merle P.D.** 1999. Egg development and diapause: ecophysiological and genetic basis of phenological polymorphism and adaptation to varied hosts in the green oak tortrix, *Tortrix viridana* L. (*Lepidoptera: Tortricidae*). *Journal of Insect Physiology (United Kingdom)*, 45(6), 599–611.
- Piatnitskij S.S.** 1950. Otdalennaja gibrizacija kak metod vyvedenija novych porod duba. [W:] *Selekcija drevesnych porod*, red. A.W. Albenskij, S.S. Piatnitskij, A.S. Jablovok, F.L. Ščepotjev, N.P. Popov-Dekatov. Goslesbumizdat, Moskva–Leningrad, 26–107.
- Rink G., McBride F.D.** 1993. Variation in 15-year-old *Quercus robur* L. and *Quercus alba* L. heartwood luminance and specific gravity. *Ann. Sci. For.*, 50, Suppl., 1, 430–434.
- Rushton B.S.** 1993. Natural hybridization within the genus *Quercus* L. *Ann. Sci. For.*, 50, Suppl., 1, 73–90.
- Savill P.S., Kanowski P.J.** 1993. Tree improvement programs for European oaks: goals and strategies. *Ann. Sci. For.*, 50, Suppl., 1, 368–383.
- Staszkiwicz J.** 1970. Dąb szypułkowy (*Quercus robur* L. = *Q. pedunculata* Ehrh.) i dąb bezszypułkowy (*Q. sessilis* Ehrh. = *Q. sessiliflora* Salisb.). *Monographiae Botanicae*, 32, 101–114.
- Steinhoff Š.** 1993. Results of species hybridization with *Quercus robur* L. and *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. *Ann. Sci. For.*, 50, Suppl., 1, 137–143.
- Stojković M.** 1991. Varijabilnost i nasljednost listanja hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). *Glas. šum. pokuse, Zagreb*, 27, 227–259.
- Szczurek H., Barzdajn W.** 1997. Przywiązanie *Quercus robur* L. i *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. do siedlisk leśnych określonych typów w Polsce. *Sylvan*, 141(4), 153–159.
- Tyszkiewicz S., Obmiński Z.** 1963. *Hodowla i uprawa lasu*. PWRiL, Warszawa.
- Vidaković M., Kajba D., Bogdan S., Podnar V., Bećarević J.** 2000. Estimation of genetic gain in a progeny trial of pedunculate oak (*Quercus robur* L.). *Glas. šum. pokuse, Zagreb*, 37, 375–381.
- Walther S.** 1966. Fizyczne i mechaniczne własności drewna dębu szypułkowego i bezszypułkowego z lasu mieszanego (*Querceto-Pinetum*). *Sylvan*, 110(10), 47–64.
- Wright J.** 1962. *Genetics of forest tree improvement*. FAO Forestry and Forest Products Studies No 16, Rome.
- Yablokov A.S.** 1962. *Selekcija drevesnych porod*. Izd. Selskochoz. Lit., Moskva.
- Yakovlev I.** 2000. Genetic diversity of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in the middle near Volga region of Russia. *Glas. šum. pokuse, Zagreb*, 37, 453–468.
- Zaręba R.** 1988. Dąb szypułkowy (*Quercus robur* L.) i bezszypułkowy (*Q. sessilis* Ehrh.) – ich naturalne występowanie w zespołach leśnych i typach siedliskowych lasu. *Prace IBL*, 684, 129–181.

Część V

Zasoby genowe

Historia rozsiedlenia ważniejszych gatunków drzew leśnych w Europie Środkowej

Adam Boratyński*

Ochłodzenie klimatu pod koniec trzeciorzędu oraz wahania klimatyczne w czwartorzędzie spowodowały zubożenie flory Europy Środkowej. Klimat w trzeciorzędzie, przed około 15 mln lat, zaczął się ochładzać, by na początku czwartorzędu (przed około 2,5 mln lat) doprowadzić do pierwszego zlodowacenia [Mojski 1993]. Spowodowało ono całkowite wymarcie gatunków drzew, które tworzyły lasy lub występowały w lasach na terenie obecnej Europy Środkowej. Mogły one przetrwać niekorzystne okresy ochłodzeń klimatu, które powtarzały się kilkakrotnie w czasie trwania czwartorzędu na południowych krańcach Europy, w północnej Afryce, w południowo-zachodniej Azji oraz na Nizinie Wschodnio-Europejskiej. Obszary takie nazywamy ostojami (refugiami) flor plejstoceniowych [Kornaś i Medwecka-Kornaś 2002]. Leżały one poza drastycznym wpływem klimatu polarnego, towarzyszącego zlodowaceniom.

W trakcie interglacjałów (okresach ociepleń międzylodowcowych) następowała wędrówka i kolonizacja obszarów uwolnionych spod wpływów lodowców, jednak nie wszystkie gatunki drzew zdołały ponownie dotrzeć do środkowej Europy. Znaczną przeszkodą były tu obszary górskie, głównie Alpy, ale także Karpaty i Sudety, a na zachodzie Europy – Pireneje. Dodatkową przeszkodą w wędrówkach roślin na północ były lodowce górskie w wysokich masywach górskich. Wiele gatunków drzew, zwłaszcza ciepłolubnych, nie zdołało rozprzestrzenić się z powrotem na północ i dotrzeć do środkowej Europy, a niektóre całkowicie na terenie Europy wyginęły. Takie rodzaje drzew, jak np. *Celtis*, *Carya*, *Castanea*, *Juglans*, *Pterocarya*, *Tsuga*, *Liriodendron*, *Magnolia*, *Aesculus*, *Liquidambar*, *Ostrya*, *Zelkova*, a także *Sequoia* i *Taxodium* występowały w środkowej Europie w trzeciorzędzie, przed ochłodzeniem klimatu. Część z nich, jak np. *Aesculus*, *Pterocarya*, *Ostrya*, *Liquidambar* czy *Zelkova*, pozostało na obszarach ostoi flor trzeciorzędowych na południu kontynentu oraz na terenach ostojowych w Azji i Afryce. Obecnie w Europie występują tylko nieliczne gatunki z tych rodzajów i to wyłącznie na terenach ostoi flor trzeciorzędowych, na południu kontynentu, a inne zachowały się w południowo-zachodniej Azji, jak np. *Aesculus hippocastanum* i *Ostrya carpinifolia* na Bałkanach, *Pterocarya fraxinifolia* na Kaukazie i w Anatolii, *Liquidambar orientalis* w Anatalii i na wyspie Rodos.

W konkluzji należy zapamiętać:

1. Zlodowacenia plejstoceniowe (plejstocen – okres czwartorzędu obejmujący początkowy jego okres, od schyłku trzeciorzędu do początku holocenu przed ok. 10 250 lat) na terenie środkowej Europy to 4–6 okresów lodowcowych (glacjałów). W czasie trwania glacjałów i interglacjałów także następowały wahania temperatury powodujące lokalne niewielkie przesunięcia czoła lodowca, zwane stadiałami i interstadiałami. Zmiany klimatyczne powodowały

* Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk w Kórniku

przesunięcia stref roślinnych – tundry, borów (tajgi), lasów mieszanych, lasów liściastych, roślinności śródziemnomorskiej. Dużą przeszkodą w wędrówkach (migracjach) roślin był równoleżnikowy układ pasm górskich Europy, który spowodował w efekcie ubóstwo florystyczne współczesnych (holoceńskich) lasów w porównaniu z lasami Ameryki Północnej, gdzie południkowy układ pasm górskich pozwalał na łatwiejsze migracje roślin.

2. W każdym interglacjale jako pierwsze drzewa pojawiały się brzozy i sosny, później dęby, wiązy, klony, jesion i świerk, a pod koniec dopiero buk i jodła. Taka kolejność pojawiania się poszczególnych rodzajów drzew utrzymała się z niewielkimi zmianami w kolejnych interglacjalach. Podobnie rozwijała się roślinność leśna po ustąpieniu ostatniego lodowca, w holocenie (w ciągu ostatnich 10 000 lat). Wiadomości na ten temat podaje paleobotanika, głównie na podstawie badań palynologicznych.

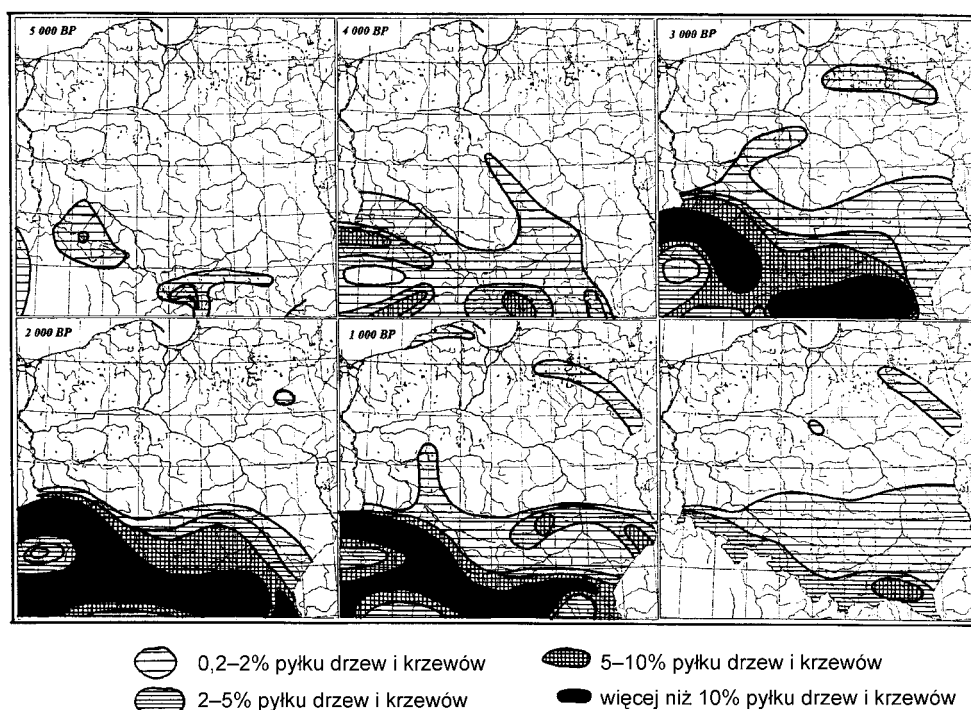
3. Holocen, jako ostatni, najmłodszy odcinek czwartorzędu, jest najlepiej poznany pod względem historii rozwoju szaty roślinnej. Dzieli się go na następujące okresy:

- preborealny (10250–9100 B.P.); lasy brzożowe, brzożowo-sosnowe lub sosnowe;
- borealny (9100–7700 B.P.); sosna, leszczyna, olsza, wiąz, lipa, dąb, bluszcz;
- atlantycki (7700–5100 B.P.); szerokie rozprzestrzenienie drzew liściastych: dęby, lipa, wiąz, jesion, klon, stopniowo grab;
- subborealny (5100–2300 B.P.); stopniowy spadek udziału drzew liściastych w lasach (dąb, wiąz, lipa), wzrost roli świerka i grabu, rozprzestrzenienie się buka i jodły; znaczny wpływ gospodarki człowieka (schyłek neolitu, brąz);
- subatlantycki (2300 do dzisiaj); ochłodzenie i zwilgotnienie klimatu, znaczny wpływ gospodarki człowieka (żelazo), rozluźnienie połączenia pomiędzy karpaccim i północno-wschodnim zasięgiem świerka, ekspansja buka.

4. W górach stopniowo kształtowały się współczesne piętra roślinne. Występujące w trakcie schyłku ostatniego zlodowacenia na Podhalu lasy sosnowe z brzozą (i ze świerkiem) były stopniowo wypierane na tereny położone coraz wyżej, w miarę ocieplania się klimatu w okresie borealnym i przybywania innych gatunków drzew, głównie świerka. Pod koniec okresu borealnego wykształcone już były zwarte bory świerkowe w najniższych położeniach z udziałem licznych gatunków liściastych. Inwazja tych drugich w czasie optimum klimatycznego w okresie atlantyckim doprowadziła do ograniczenia roli świerka w niższych położeniach górskich i do wykształcenia się piętra pogórza. Pod koniec okresu atlantyckiego w górach południowej Polski pojawiły się buk i jodła, które rozprzestrzeniły się w okresie subborealnym, tworząc w niższych położeniach lasy mieszane regla dolnego. Świerk przetrwał przede wszystkim w najwyższym położonym piętrze leśnym – reglu górnym. Jednocześnie najniżej położone obszary, o najcieplejszym klimacie, zbyt suche i ciepłe dla buka i jodły, nadal zajmowały lasy dębowe z udziałem innych gatunków liściastych (grab, lipa, wiązy, klony, jesion).

5. Pochodzenie lokalnych populacji drzew z różnych ostoi czwartorzędowych jest jedną z przyczyn ich zmienności, zarówno genetycznej, jak i morfologicznej. Izolacja ostoi czwartorzędowych w czasie zlodowaceń i trwających wiele pokoleń drzew doprowadzała do ich zróżnicowania genetycznego. W trakcie migracji holoceńskiej w środkowej Europie, m.in. na terenie Polski, doszło do spotkania i przekrzyżowania się populacji gatunków pochodzących z różnych ostoi. Doprowadziło to do dodatkowego, znacznego zróżnicowania genetycznego populacji lokalnych.

6. Współczesne zasięgi geograficzne drzew wykształciły się w różnych okresach holocenu. Historia powstawania zasięgów poszczególnych gatunków (niekiedy tylko rodzajów) została odtworzona na podstawie badań palynologicznych. Kartograficzna analiza udziału pyłku określonego gatunku w spektrach pyłkowych z różnych obszarów kraju w kolejnych okresach holocenu [Huntley i Birks 1983, Ralska-Jasiewiczowa 1983] dobrze ilustruje jego rozprzestrzenianie się. Przykładowe mapy izopolowe wskazują na pochodzenie *Abies alba* w Polsce z kilku ostoi plejstocenijskich (zob. rycina).



Holocenijska historia rozwoju zasięgu jodły pospolitej (*Abies alba*) w Polsce, Czechach i Słowacji na podstawie map izopolowych [Ralska-Jasiewiczowa 1983, Rybníčková i Rybníčková 1988, zmienione]

7. W ostatnim odcinku holocenu, w okresie subatlantyckim, na terenie Europy decydujący wpływ na kształtowanie szaty leśnej wywierać zaczęła gospodarka człowieka. Pod jej wpływem kształtowały się także zasięgi geograficzne niektórych gatunków drzew leśnych, a niewątpliwie udział poszczególnych gatunków na obszarach stopniowo kolonizowanych i wylesianych. Między innymi uważa się, że umiarkowana kolonizacja przyczyniła się do ekspansji buka na Pomorzu. Jednak stopniowe przejmowanie pod uprawy rolnicze coraz większych obszarów co zasobniejszych gleb wywarło zdecydowany wpływ na udział poszczególnych gatunków drzew w drzewostanach, najlepiej widoczny we współczesnej przewadze sosny w składzie gatunkowym lasów na niżu Polski.

Więcej informacji o historii rozszedlenia ważniejszych gatunków drzew leśnych w Europie Środkowej, a także w Polsce znaleźć można w opracowaniach zamieszczonych w literaturze.

Literatura

- Buk zwyczajny *Fagus sylvatica* L., red. S. Białobok. 1990. Nasze Drzewa Leśne, 10, PWN, Warszawa–Poznań.
- Biologia sosny zwyczajnej, red. S. Białobok, A. Boratyński, W. Bugała. 1993. Instytut Dendrologii PAN, Kórnik.
- Boratyński A.** 1998. Postglacjalna historia świerka pospolitego [*Picea abies* (L.) H. Karst.] w Sudetach. Leśny Bank Genów w Kostrzycy, 11, 7–25.
- Biologia świerka pospolitego, red. A. Boratyński, W. Bugała. 1998. Instytut Dendrologii PAN, Kórnik.
- Boratyński A., Filipiak M.** 1997. Jodła pospolita (*Abies alba* Mill.) w Sudetach. Rozmieszczenie, warunki występowania, stan zachowania drzewostanów. Arboretum Kórnickie, 42, 149–183.
- Huntley B., Birks H.J.B.** 1983. An atlas of past and present pollen maps for Europe: 0–13,000 years age. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kondracki J.** 1998. Geografia regionalna Polski. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Kornaś J., Medwecka-Kornaś A.** 2002. Geografia roślin. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Matuszkiewicz J.M.** 1993. Krajobrazy roślinne i regiony geobotaniczne Polski. IGiPZ PAN, Pr. Geogr., 158, 1–107.
- Mojski J. E.** 1993. Europa w Plejstocenie. Wydawnictwo PAE, Warszawa.
- Obidowicz A.** 1996. A late glacial-holocene history of the formation of vegetation belts in the Tatra Mts. Acta Paleobotanica, 36(2), 159–206.
- Ralska-Jasiewiczowa M.** 1983. Isopollen maps for Poland 0–11000 years B.P. New Phytol., 94, 133–175.
- Rybníčková E., Rybníček K.** 1988. Isopollen maps of *Picea abies*, *Fagus sylvatica* and *Abies alba* in Czechoslovakia – their applications and limitations. [W:] Lake, mire and river environments during last 15 000 years, red. G. Lang, C. Schlustler. Balkema, Rotterdam, 51–56.
- Środoń A.** 1993. Grab w historii lasów Polski. [W:] Grab Zwyczajny *Caprinus betulus* L., red. W. Bugała, A. Boratyński. Nasze Drzewa Leśne, 9, PWN, Warszawa–Poznań, 7–17.
- Tobolski K.** 1999. Klony w historii lasów. [W:] Klony *Acer pseudoplatanus* L., red. W. Bugała, A. Boratyński. Nasze Drzewa Leśne, 18, PWN, Warszawa–Poznań, 7–13.

Kolekcje dendrologiczne w Arboretum Kórnickim

Władysław Bugała*

Z historii Arboretum

Ogrody botaniczne mają długą, wielowiekową historię. Arboreta są szczególnego rodzaju ogrodami botanicznymi, których kolekcje obejmują tylko, lub głównie, rośliny drzewiaste.

Pierwsze arboreta powstały w końcu XVIII i na początku XIX w. Przyczyniły się do tego w dużej mierze odkrycia wielu nowych, nieznanych nauce rodzajów i gatunków drzew i krzewów, głównie we wschodniej Azji (Chiny, Japonia, Korea), ale także w Ameryce Północnej, w Azji Środkowej, na Kaukazie i na wielu innych obszarach strefy umiarkowanej półkuli północnej. Specjalnie organizowane ekspedycje przywoziły i przesyłały do Europy coraz to nowe, egzotyczne drzewa i krzewy, dla których wkrótce brakowało miejsca w istniejących ogrodach botanicznych. Powstawały więc bogate kolekcje drzew i krzewów, nazwane później arboretami, takie jak arboretum Vilmorina pod Paryżem, Królewskie Ogrody Kew pod Londynem, arboreta przy ogrodach botanicznych w Edyngurze w Szkocji oraz w Wageningen i w Boskoop w Holandii i wiele innych. Powstawały także bogate arboreta prywatne, najczęściej w parkach otaczających zamki i pałace, np. w Mużakowie (Muskau) nad Nysą (nieistniejące), w Pruhonicach koło Pragi, w Młynianach na Słowacji i inne. Arboretum w Kórniku zostało założone na początku XIX w. przez Tytusa Działyńskiego w przebudowanym parku otaczającym zamek.

Szczególnie bogate kolekcje liczące około 1500 gatunków i odmian zgromadził w Kórniku w drugiej połowie XIX w. syn Tytusa – Jan Działyński. Był on także twórcą arboretum w Gołuchowie pod Kaliszem, gdzie zgromadził bogate kolekcje głównie drzew iglastych, rozmieszczone w pięknym, ponad 100-hektarowym parku krajobrazowym.

Z bogatych kolekcji Jana Działyńskiego w Kórniku niewiele przetrwało do naszych czasów. Surowe zimy, wichury i inne kataklizmy zniszczyły większość drzew i krzewów. Zachowały się jednak okazałe, 120–150-letnie drzewa daglezi zielonej, jodły greckiej, sosny czarnej i sosny wejmutki, miłorzębu japońskiego, cyprysika błotnego, przeorzechów (*Carya*), orzechów czarnych, platanów, igliczni i innych.

Po śmierci Jana Działyńskiego (w 1880 r.) nastąpiła długa przerwa w gromadzeniu i uzupełnianiu kolekcji w Kórniku. W 1925 r. utworzona została Fundacja Zakłady Kórnickie. W jej skład weszły bogate zbiory dzieł sztuki i biblioteka w Zamku Kórnickim oraz tzw. wówczas Ogrody Kórnickie. Z przyzamkowym parkiem, zachowanymi resztkami kolekcji dendrologicznych Tytusa i Jana Działyńskich oraz szkółkami stanowiły podstawę i miejsce utworzenia tu niemal od nowa bogatych kolekcji dendrologicznych. Ich twórcą był wybitny dendrolog Antoni Wróblewski, który od 1926 r. pełnił funkcję dyrektora

* *Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk w Kórniku*

Ogrodów Kórnickich. Nazwa Arboretum Kórnickie pojawiła się dopiero po II wojnie światowej i stosowana jest do dzisiaj.

Kolekcje drzew i krzewów rozwijały się prężnie do 1939 r. Antoni Wróblewski nawiązał szerokie kontakty i prowadził wymianę nasion z największymi ogrodami botanicznymi i arboretami w wielu krajach. Do Kórnika trafiły tą drogą nowe gatunki drzew i krzewów z Chin, Japonii, Korei, z naturalnych stanowisk w Ameryce Północnej i z innych obszarów.

Należy podkreślić, że bogate kolekcje drzew i krzewów w Arboretum Kórnickim stały się początkiem i podstawą utworzenia w Kórniku w 1933 r. zakładu naukowego, który rozwinął się dynamicznie w okresie powojennym aż do pozycji Instytutu Polskiej Akademii Nauk (Instytut Dendrologii PAN).

Arboretum Kórnickie dzisiaj

Kolekcje drzew i krzewów w Kórniku gromadzone były początkowo na terenie parku otaczającego Zamek. W miarę ich powiększania, już w okresie międzywojennym, nowe kolekcje zakładane były na terenach dawnych szkółek. Powierzchnia Arboretum wzrosła w latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych ubiegłego wieku do 45 ha. Nowe kolekcje zajęły dalsze tereny po dawnych sadach pomologicznych i szkółkach. W końcu lat sześćdziesiątych XX w. nowe kolekcje krzewów z rodziny wrzosowatych (głównie z rodzaju *Rhododendron*) oraz drzew iglastych założono w środowisku leśnym, w lesie doświadczalnym Zwierzyniec, położonym na przeciwległym brzegu Jeziora Kórnickiego. Tu są znacznie lepsze warunki glebowe i mikroklimatyczne.

Obecnie kolekcje dendrologiczne w Kórniku zajmują powierzchnię 60 ha. Liczba zgromadzonych taksonów (gatunków, odmian, form i mieszańców) wynosi około 2000. Szczególnie bogate są kolekcje drzew i krzewów iglastych (*Abies*, *Juniperus*, *Chamaecyparis*, *Thuja*, *Taxus*) oraz niektórych krzewów ozdobnych z rodzaju *Rhododendron*, *Spiraea*, *Syringa*, *Malus*, *Deutzia*, *Cotoneaster* i innych. Bardzo cenna i unikatowa jest bogata kolekcja lip (*Tilia*) oraz mająca dawniej duże znaczenie kolekcja topoli (*Populus*).

Cel i zadania Arboretum

Arboreta były zawsze i są zbiorami drzew i krzewów o charakterze kolekcji dendrologicznych. Można tu poznać drzewa i krzewy nie tylko krajowe, ale przede wszystkim z innych obszarów geograficznych. Szczególnie atrakcyjnymi egzotami były zawsze gatunki rzadkie, mało znane, nie rozpowszechnione w uprawie, pochodzące głównie z Azji środkowej i wschodniej, z Himalajów, Kaukazu oraz Ameryki Północnej. Dydaktyczne znaczenie kolekcji dendrologicznych, szczególnie dla uczącej się młodzieży, było i jest bardzo ważne. Dzisiaj zdajemy sobie coraz lepiej sprawę, że kolekcje dendrologiczne zawsze stanowiły i nadal stanowią żywy bank genów. W arboretach, podobnie jak w ogrodach botanicznych, gromadzone są również rośliny występujące w naturze, zagrożone wyginięciem lub nawet nieznanne już na stanowiskach naturalnych i zachowane tylko w kolekcjach. Ich dalsze zachowanie i przeżycie ma ogromne znaczenie dla hodowli nowych odmian, a także dla ewentualnej reintrodukcji do pierwotnych stanowisk.

Kolekcje dendrologiczne w arboretach stały się często miejscem powstania nowych mieszańców międzygatunkowych. Tu bowiem, za sprawą człowieka kolekcjonującego rośliny, spotkały się pokrewne gatunki z oddalonych od siebie regionów geograficznych.

Krzyżujące się w warunkach uprawy między sobą dały początek nowym formom i odmianom o cennych, niespotykanych w naturze cechach (np. wielkość i barwa kwiatów, liści i owoców, szybkość wzrostu, wytrzymałość na niskie temperatury itd.).

Kolekcje dendrologiczne, zwłaszcza gromadzące rośliny z naturalnych stanowisk i z różnych proveniencji, są niezwykle cennym, żywym bankiem genów dla wszelkich prac selekcyjno-hodowlanych. Żywy bank genów przedstawiają również gromadzone w arboretach kolekcje odmian uprawnych (kultivarów). Szczególnie ważne jest zachowanie odmian starych, wycofanych już z uprawy, wyhodowanych często w XIX i na początku XX wieku. Takie kolekcje zachowawcze w Arboretum Kórnickim są liczne i bogate. Dla przykładu wymienić można bzy lilaki (*Syringa*), forsycje (*Forsythia*), rózaneczniki i azalie (*Rhododendron*), magnolie (*Magnolia*), jabłonie ozdobne (*Malus*), wielu przedstawicieli roślin iglastych itp.

Kolekcje drzew i krzewów w Arboretum Kórnickim są dokładnie udokumentowane, znane jest pochodzenie każdego okazu. Ma to podstawowe znaczenie przy wykorzystywaniu roślin rosnących w kolekcjach Arboretum do różnego rodzaju badań z zakresu systematyki i innych dziedzin.

Arboretum Kórnickie od początku swego istnienia przyczyniło się do wprowadzenia i upowszechnienia w uprawie nowych odmian i gatunków drzew i krzewów, które tu w kolekcjach zostały wstępnie poznane i poddane próbom uprawy. To ważne zadanie realizowane jest od wielu lat przy ścisłej współpracy ze szkółkami kórnickimi o bardzo długiej tradycji.

Bioróżnorodność drzew i krzewów, krzyżowanie i introgresja

Jerzy Staszkiwicz*

Zmienność roślin drzewiastych

Zainteresowanie zmiennością roślin datuje się od czasów Linneusza, który zwrócił uwagę na różnice pomiędzy roślinami i dał początek systematyce roślin. Obecnie dysponujemy dużą liczbą danych, które zostały zebrane przede wszystkim w latach ostatnich. Jednakże odkrywanie zmienności roślin drzewiastych na większą skalę zaczęło się stosunkowo niedawno. W Polsce pionierem w tej dziedzinie był Marian Raciborski, który już w roku 1911 zwrócił uwagę na niezwykłą zmienność sosny. Po uzyskaniu niepodległości po I wojnie światowej ukazała się praca biometryczna znanego leśnika Stanisława Sokolowskiego, dotycząca ras sosny zwyczajnej, a ponadto prace Hanny Czeczottowej nad bukiem, Janiny Szaferowej nad brzozaami, Mariana Zajączkowskiego nad reliktową sosną górską. Szczególnie intensywne badania nad zmiennością i bioróżnorodnością drzew rozpoczęły się na całym świecie po II wojnie światowej i były prowadzone zarówno przez botaników, jak i leśników.

Bioróżnorodność roślin, rozumiana jako zmienność, wykształcała się przez dziesiątki tysięcy lat, ale niejednokrotnie duże zmiany wśród roślin drzewiastych mogą pojawić się w krótkich odstępach czasu.

Na powstanie zmienności morfologicznej ma wpływ wiele czynników. Do najważniejszych należy zaliczyć:

- 1) czynniki historyczne,
- 2) czynniki biotyczne, tj. tkwiące w samych roślinach i objawiające się w zdolności do ekspansji, do krzyżowania się, odporności na czynniki antropogeniczne itp.,
- 3) czynniki odżywcze (chemiczne i fizyczne właściwości gleby),
- 4) czynniki klimatyczne (temperatura, światło, woda itp.).

Rośliny drzewiaste powstały na świecie jako pierwsze. Jeszcze w Jurze oraz Kredzie były roślinami dominującymi w krajobrazie i dopiero w wyniku zaostrzenia się klimatu, zwłaszcza w Pliocenie, ustąpiły pierwszeństwa roślinom zielnym, lepiej przystosowanym do zmieniających się warunków klimatycznych. W Europie do wyćpienia roślin drzewiastych przyczyniła się epoka lodowa, ponieważ równoleżnikowo przebiegające pasma górskie utrudniały ich ucieczkę na południe. Większość drzew i krzewów pojawiła się na terenie naszego kraju stosunkowo późno, bo dopiero około 11 000 lat. temu. Przywędrowały one z różnych ostoi, a zatem w wielu przypadkach różnią się pod względem genetycznym.

Rola krzyżowania przez długi czas była jedną z najbardziej spornych kwestii. Duża część botaników, szczególnie systematyków, uważała, że mieszańce występują w przyrodzie nielicznie. Bardzo często nie zdawano sobie sprawy, że wiele jednostek taksonomicznych

* Zakład Systematyki Roślin Naczyniowych, Instytut Botaniki Polskiej Akademii Nauk

wyróżnionych w ramach gatunku ma pochodzenie mieszańcowe. Dopiero w pierwszej połowie XX wieku pojawili się badacze (Jerrey, Lotsy), którzy uznali, że hybrydyzacja w świecie roślin jest zjawiskiem dość powszechnym. Według Stebbinsa, znanego cytogenetyka północnoamerykańskiego, prawda leży pośrodku.

Mieszańce międzygatunkowe są znacznie częstsze u roślin niż u zwierząt, ponieważ zwierzęta mają lepiej wykształconą izolację płciową, rośliny zaś (szczególnie drzewiaste) charakteryzują się stosunkowo większą długowiecznością. Mimo że w niektórych częściach zasięgu mieszańce mogą być bardzo częste, to w obrębie całej populacji stanowią procent niewielki. Inaczej jest, gdy mamy do czynienia z utrwalonym gatunkiem pochodzenia mieszańcowego.

Mieszańce mogą również występować w wyniku krzyżowania się różnych izolowanych subpopulacji tego samego gatunku, które mają różne częstości genów. W związku z tym mogą wytwarzać się nowe kombinacje genów, o nowym typie wartości przystosowawczej. Krzyżowanie może także dotyczyć osobników należących do różnych podgatunków, które zajmując różne nisze ekologiczne, kontaktują się ze sobą. Nowo powstałe mieszańce o ile nie znajdą nowych siedlisk, najczęściej są z populacji eliminowane. Jeżeli jednak krzyżowanie nastąpi w środowisku niestałym, stosunkowo szybko się zmieniającym, to wśród powstałych segregantów mogą znaleźć się osobniki lepiej przystosowane do nowego środowiska, które uzyskają przewagę nad osobnikami rodzicielskimi.

W przyrodzie mieszańce i ich potomstwo składa się raczej z krzyżówek wstecznych niż z segregantów pokolenia F₂ i dalszych pokoleń. Krzyżowanie wsteczne powoduje, że niektóre geny i kombinacje genów przekraczają barierę oddzielającą dwa gatunki i zostają, zmieniając pulę genową jednego z gatunków. Krzyżowanie to przez Andersona nazwane zostało krzyżowaniem introgressywnym lub introgresją. Krzyżowanie introgressywne może występować tylko wtedy, gdy zasięgi dwóch blisko spokrewnionych gatunków pokrywają się, oraz gdy siedlisko dostarcza niszy ekologicznej odpowiedniej do ustalenia typów introgressywnych. Ponieważ w przypadku introgresji następuje przepływ genów z jednego gatunku do drugiego, to każdy introgresant ma dominację cech jednego gatunku i wykazuje pod względem różnych cech zmienność w kierunku drugiego gatunku.

Obecnie dysponujemy dużą wiedzą dotyczącą zmienności wielu krajowych gatunków drzew i krzewów. Tylko zacytowanie bibliografii objęłoby kilkadziesiąt stron, omówione zostaną zatem tylko niektóre przykłady, najczęściej będące wynikiem dociekań autora niniejszego rozdziału.

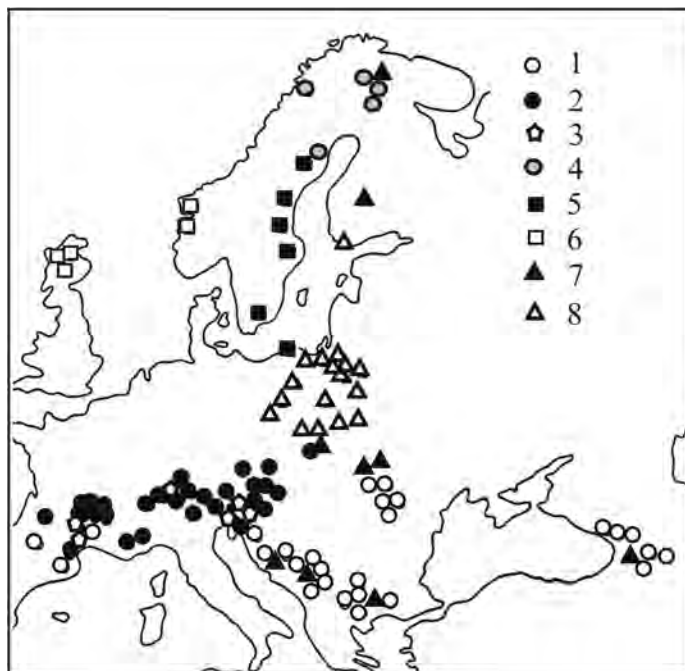
Zmienność wybranych gatunków drzew i krzewów wywołana krzyżowaniem lub różnym pochodzeniem

Sosna – *Pinus*

W Polsce występują cztery rodzime gatunki rodzaju *Pinus*. Na terenie prawie całego kraju rośnie sosna zwyczajna – *Pinus sylvestris*, w wysokich położeniach górskich występuje sosna limba – *P. cembra* i kosodrzewina – *Pinus mugo*, która niekiedy również pojawia się niżej, oraz sosna drzewokosa – *P. × rhaetica* występująca w sposób naturalny w południowej części naszego kraju.

Liczni badacze z Europy i Polski wykazali ogromną zmienność sosny pospolitej. Badania Zajączkowskiego [1949] wykazały, że sosna z Tatr i Pienin różni się pod względem wielu cech od sosny niżowej. Autor niniejszej pracy [Staszkiwicz 1961, 1968]

prowadząc w Europie i na Kaukazie badania biometryczne na szyszkach, które jako organ generatywny mają ważne znaczenie taksonomiczne, stwierdził istnienie licznych morfotypów, które charakteryzują się własnymi arealami (ryc. 1).

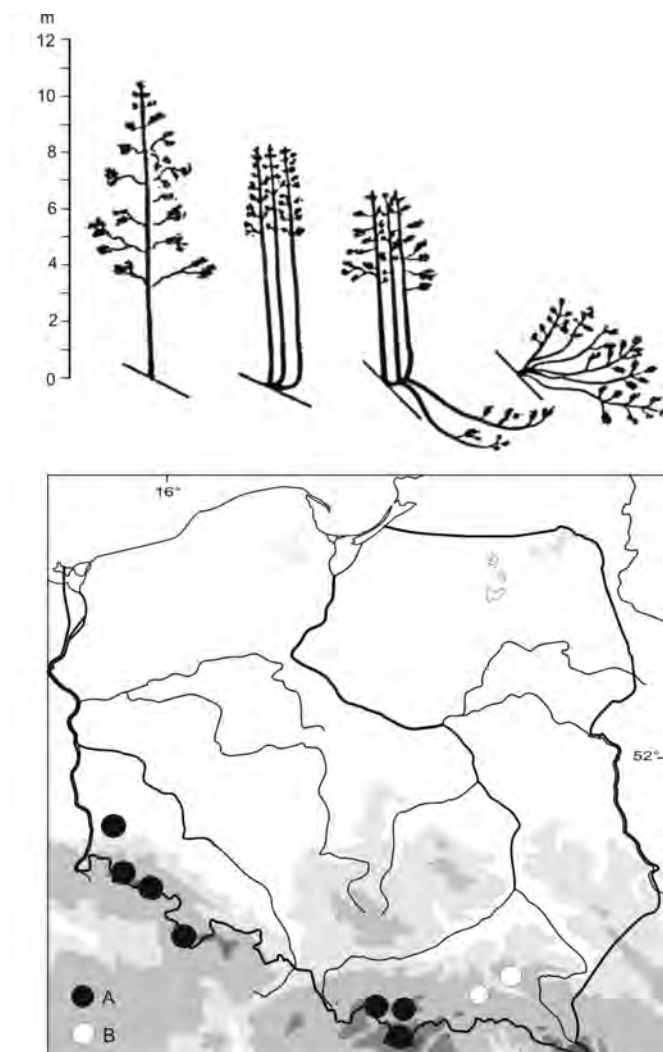


Ryc. 1. Zróżnicowanie sosny zwyczajnej w Europie na podstawie cech morfologicznych szyszek [Staszkiwicz 1970, zmienione]; typy morfologiczne: 1 – ‘balcano-caucasica’, 2 – ‘meridionalis’, 3 – ‘causicola’, 4 – ‘lapponica’, 5 – ‘suecica’, 6 – ‘scotica’, 7 – ‘subcarpatica’, 8 – ‘polonica’

W Tatrach i Pieninach, obok morfotypu *polonica* występującego także na Niżu Polskim, występuje morfotyp *meridionalis*, charakterystyczny dla południowej części Europy. Na torfowiskach Kotliny Orawsko-Nowotarskiej występuje morfotyp *subcarpatica*, znany jako rasa podhalańska, spotykany ponadto na Półwyspie Bałkańskim i Kaukazie. Powstał on w wyniku skrzyżowania się kosodrzewiny i sosny zwyczajnej. Morfologicznie wygląda jak sosna zwyczajna, jednakże wiele cech, szczególnie igieł i drewna, pochodzi od kosodrzewiny. Nasiona tego morfotypu zbierane z drzew doborowych wyznaczonych na terenie Kotliny Orawsko-Nowotarskiej będą więc wprowadzały do genotypu niżowej sosny zwyczajnej geny pochodzące od kosodrzewiny. Nad morzem w okolicach Białej Góry stwierdzono morfotyp *suecica*, charakterystyczny dla obszarów środkowej i południowej Szwecji. Jest to przykład zmienności geograficznej uwarunkowanej procesami historycznymi.

Na terenie Polski mieszańce sosny zwyczajnej – *Pinus sylvestris* z kosodrzewiną – *P. mugo* zostały stwierdzone po raz pierwszy w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej [Staszkiwicz i Tyszkiewicz 1968]. Ogromne pod względem liczebności roje mieszańcowe składają się z osobników występujących zarówno w postaci kosej (typowej dla kosówki), drzewiastej

(monopodialnej), jaka charakteryzuje sosnę zwyczajną, a także w postaci wysokich krzewów o kilku wyraźnych pniach (osobniki sympodialne). Mieszzańce te o nazwie: sosna drzewokosa – *Pinus × rhaetica* obecnie znane są z torfowisk wysokich, a także z innych siedlisk, położonych na terenie Polski południowej (ryc. 2). Najliczniej występują w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej. Liczne są także w Słowacji i Czechach [Staszkiewicz 1993, 1994, Staszkiewicz i Tyszkiewicz 1972]. Ponadto zostały odnalezione na wielu stanowiskach



Ryc. 2. Rozmieszczenie stanowisk sosny drzewokosej – *Pinus × rhaetica* w Polsce (u dołu) i zróżnicowanie pokroju osobników z Doliny Białego w Tatrach (u góry); A – stanowiska istniejące, B – stanowiska historyczne

w Tatrach, skąd początkowo były podawane z Doliny Białego i Doliny Strążyskiej pod nazwą *Pinus uncinata* [Staszkiewicz 1996]. Początkowo uważano, że osobniki tam rosnące wyrosły z nasion pochodzących z Alp. Synonimem *P. × rhaetica* jest *P. uliginosa* – sosna błotna, opisana z Wielkiego Torfowiska Batorowskiego (Sudety), która jest również typowym mieszańcem, jednak o pokroju charakterystycznym dla sosny zwyczajnej. Sosna drzewokosa (sosna błotna) rośnie również w Węglińcu położonym w Borach Dolnośląskich. Ponadto bardzo licznie występuje obecnie nad morzem Bałtyckim, gdzie przed II wojną światową wprowadzono na wydmy kosodrzewinę, która szybko przekrzyżowała się z miejscową sosną zwyczajną. Mieszańce sosny zwyczajnej z kosodrzewiną stanowią wdzięczny obiekt badań genetycznych. W ostatnich latach szczególnie dużo badań nad tym taksonem prowadzi się na Uniwersytecie Poznańskim i w Instytucie Dendrologii PAN w Kórniku.

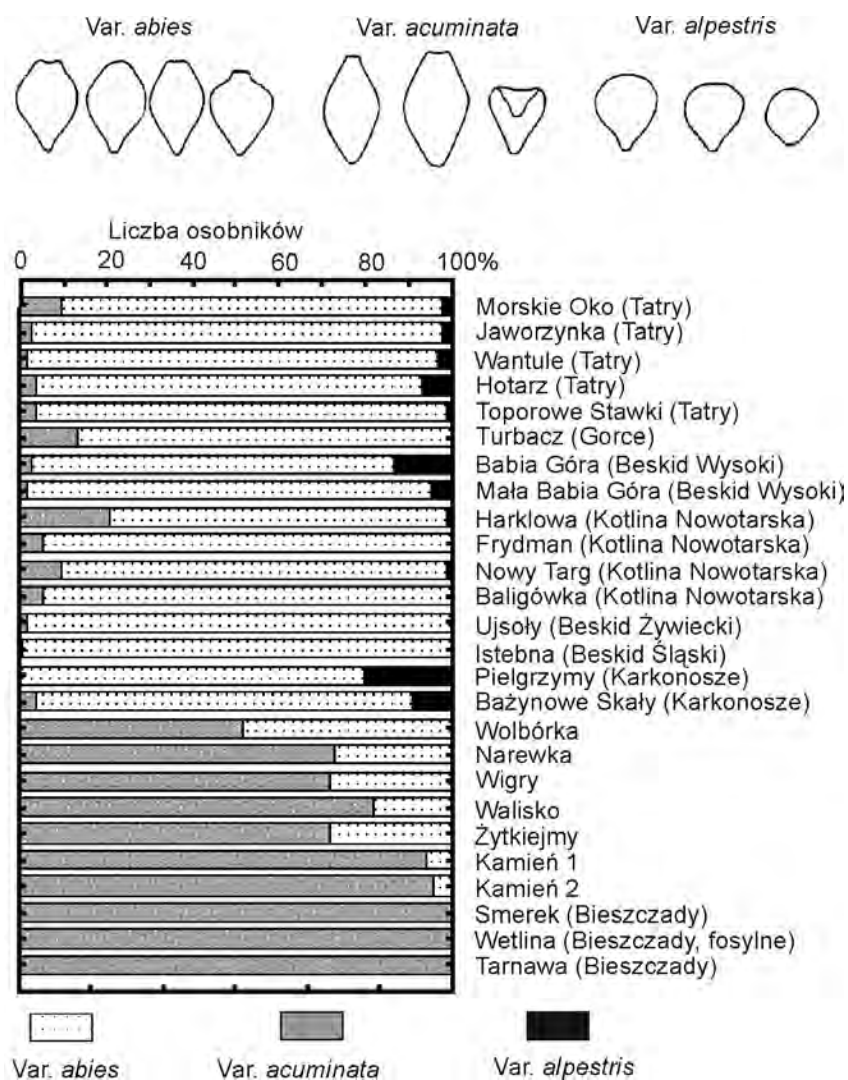
Świerk – *Picea*

Rodzaj świerk występuje na półkuli północnej i dzieli się na wiele gatunków. Najszerzej rozmieszczony jest świerk syberyjski – *Picea obovata*, którego zasięg obejmuje tereny od wybrzeży Morza Ochockiego po północną Szwecję i Norwegię. W dziele „Flora Europaea”, a także we „Florze Polski” przyjęto pogląd, że *P. obovata* jest tylko podgatunkiem świerka zwyczajnego (pospolitego) – *Picea abies*. Wiele danych wskazuje jednak, że są to dwa różne gatunki, przy czym świerk syberyjski jest filogenetycznie starszy. Oba podgatunki różnią się budową szyszek i łusek nasiennych. Na styku zasięgów dość liczne są formy mieszańcowe znane pod nazwą *P. fennica*.

W obrębie świerka pospolitego wyróżnia się var. *abies*, var. *acuminata* i var. *alpestris* [Staszkiewicz 1966, 1976]. Udział tych odmian jest w populacjach polskich różny (ryc. 3), co uwarunkowane jest historycznie. Odmiana alpejska (var. *alpestris*) pojawia się jedynie w położeniach leżących powyżej 1000 m n.p.m. Być może jest to wynikiem domieszki genów pochodzących od *P. obovata*. Odmienne są pod tym względem rodzime świerki z Bieszczad (świerk wschodniokarpacki) i Karpat zachodnich (świerk zachodniokarpacki), które pochodzą z różnych ostoj i rozdzielone są dysjunkcją śródkarpacką [Staszkiewicz 1976]. Świerk w północno-wschodniej Polsce najprawdopodobniej pochodzi z tej samej ostoj co świerk bieszczadzki, jest więc z nim pod względem genetycznym identyczny lub bardzo do niego podobny.

Modrzew – *Larix*

Rodzaj ten pełni bardzo ważną rolę w północnej Eurazji. Bardzo rozległe areale zajmują *Larix dahurica* na Dalekim Wschodzie i *L. sibirica* w tajdze syberyjskiej. Na wschodnim skrzydle zasięgu niewielkie wysepki tworzą *L. olgensis* i *L. leptolepis*, na zachodnim – *L. decidua*, składający się z dwóch podgatunków: subsp. *decidua* i subsp. *polonica*. Na styku zasięgów poszczególnych gatunków bardzo często dochodzi do ich krzyżowania się.

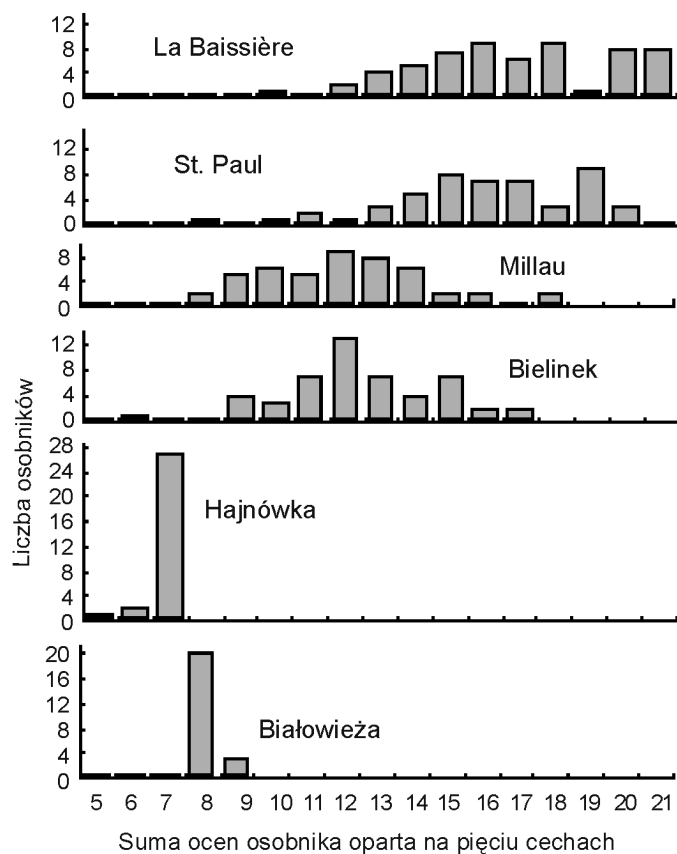


Ryc. 3. Łuski nasienne różnych odmian i form (u góry) oraz procentowy udział odmian szyszek świerka w różnych populacjach polskich (u dołu)

Dąb – *Quercus*

W Polsce występują trzy gatunki dębów: dąb szypułkowy – *Quercus robur*, dąb bezszypułkowy – *Q. petraea* i na jednym stanowisku w Bielinku nad Odrą dąb omszony – *Q. pubescens*, pochodzący z Południowej Europy. Gatunki te krzyżują się między sobą stosunkowo łatwo. Mieszance dębu szypułkowego z dębem bezszypułkowym w niektórych okolicach Polski są bardzo częste. Nic więc dziwnego, że w Bielinku doszło do przekrzyżowania dębu omszonego z dębem bezszypułkowym i powstały liczne formy introgressywne.

Charakter zmienności cech liści w populacji z Bielinka jest taki sam jak w znanej populacji mieszańcowej z miejscowości Millau położonej w południowej Francji (ryc. 4). Obecnie dąb omszony – *Q. pubescens* w postaci „czystej” występuje w Bielinku bardzo nielicznie i z czasem zostanie z tej populacji wyeliminowany [Staszkiewicz 1977].



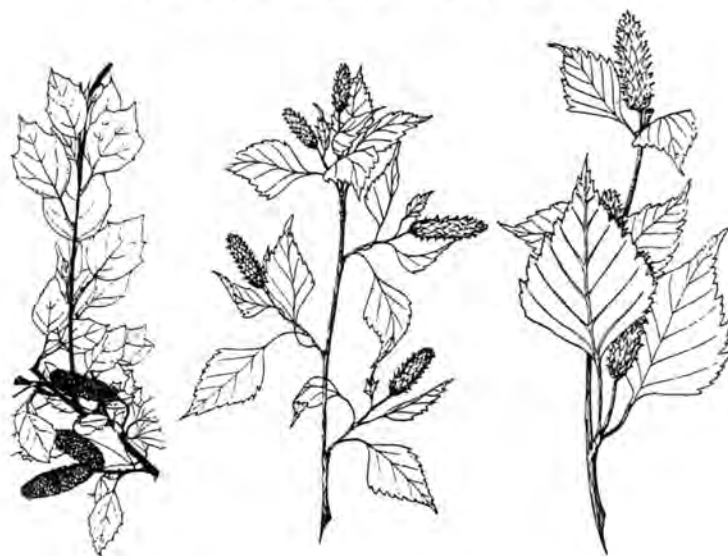
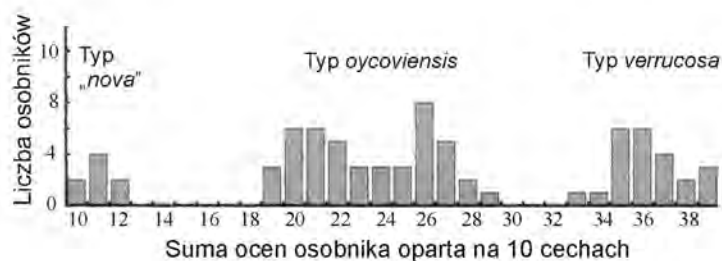
Ryc. 4. Zróżnicowanie prób lokalnych dębów na podstawie sumy ocen pięciu cech liści. Próby z La Boissière i St. Paul (Francja) reprezentują dąb omszony – *Quercus pubescens*, z Hajnówki – dąb bezszypułkowy – *Q. petraea*, z Białowieży – dąb szypułkowy – *Q. robur*. W próbie z Millau występują osobniki dębu omszonego oraz mieszańce tego gatunku z dębem bezszypułkowym. W Bielinku występują osobniki dębu omszonego, bezszypułkowego i szypułkowego oraz liczne mieszańce tych gatunków

Olsza – *Alnus*

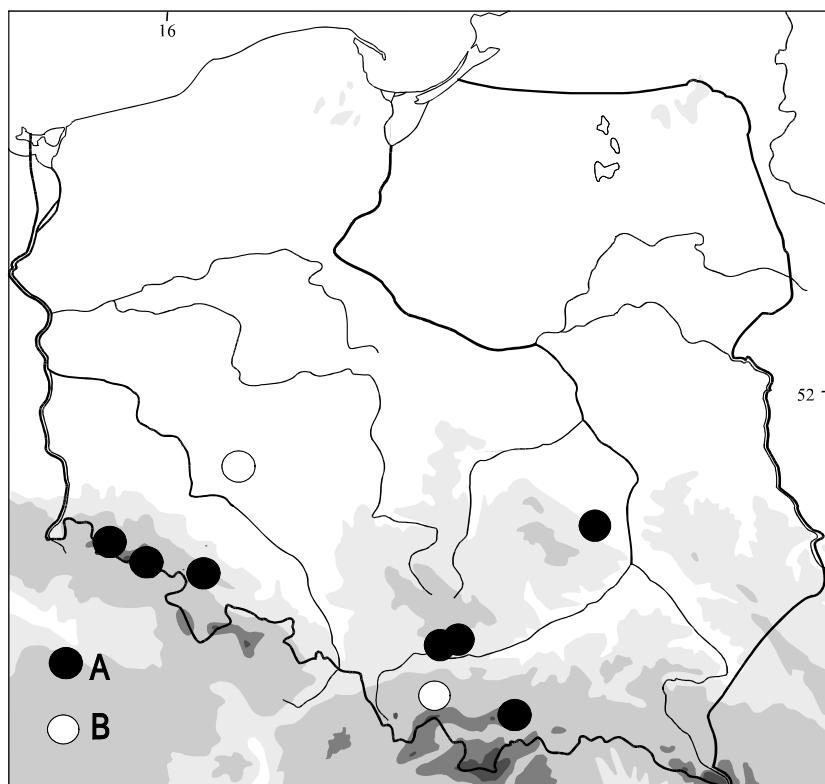
Badania prowadzone na olszy szarej – *Alnus glutinosa* przez Mejnartowicza [1972], wykazały, że gatunek ten wykazuje zmienność klinalną. Im dalej na północy leżała analizowana populacja, tym krótsze miała ogonki liściowe. Cecha ta występowała także u jednorocznego potomstwa, co dowodzi, że ma ona charakter dziedziczny.

Brzoza – *Betula*

Rodzaj reprezentowany jest w Polsce przez osiem gatunków. Są to: brzoza zwisła (brodawkowata) – *Betula pendula*, brzoza omszona – *B. pubescens*, brzoza karpacka – *Betula carpatica* (w typowej postaci występuje w Tatrach i Karkonoszach), brzoza ojcowska – *B. × oycoviensis* (rośnie w Dolinie Karniowickiej; okolice Krakowa), w Beskidzie Wyspowym, Górach Świętokrzyskich i na Dolnym Śląsku), brzoza czarna – *B. obscura* (w całej Polsce), brzoza Szafera – *B. szaferi* (znaleziona w Karniowicach i na Górze Szkiełek w Beskidzie Wyspowym – locus classicus), brzoza niska – *B. humilis* (liczne torfowiska w północno-wschodniej Polsce, najdalej na południu sięga do Puszczy Niepołomickiej) i brzoza karłowata – *B. nana* (występuje w Polsce tylko na dwóch stanowiskach). Trzy ostatnie gatunki są krzewami. Najbardziej interesująca jest brzoza ojcowska, o 3–5 liściach na krótkopędzie (ryc. 5 i 6). Nazwę swą zawdzięcza Dolinie Ojcowskiej, gdzie została znale-



Ryc. 5. Zróżnicowanie potomstwa wyhodowanego z nasion zebranych z brzozy ojcowskiej *Betula oycoviensis* (u góry, według Jentys-Szaferowej i in. 1974); gałązki: brzozy Szafera (z lewej), brzozy ojcowskiej (w środku) i brzozy zwisłej (z prawej)



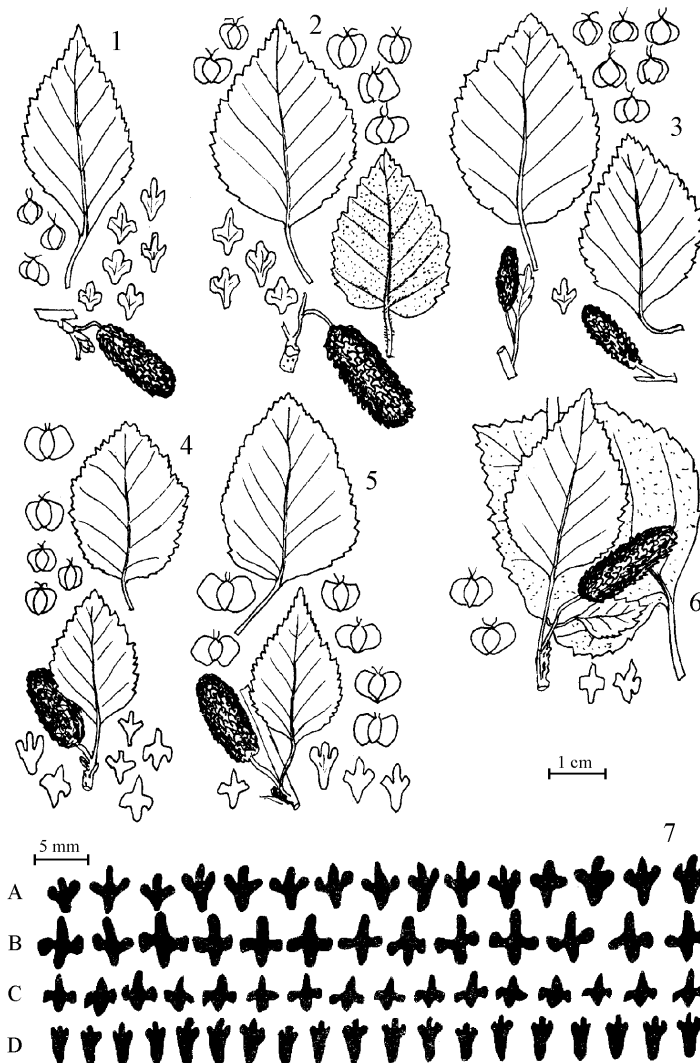
Ryc. 6. Rozmieszczenie brzozy ojcowskiej w Polsce; A – stanowiska istniejące, B – stanowiska historyczne

ziona po raz pierwszy. Badania nad tym gatunkiem były prowadzone przez Jentys-Szaferową wraz z zespołem [Jentys-Szaferowa i in. 1974] oraz przez wielu innych autorów. Krzyżowanie *B. oycoviensis* × *B. oycoviensis* zawsze dawało w potomstwie trzy frakcje: jedną złożoną z typowych osobników *B. oycoviensis*, drugą – z osobników *B. pendula* (= *verrucosa*) i trzecią, zwaną prowizorycznie „*nova*”, złożoną z osobników, które zakwitły i owocowały w pierwszym roku życia. Osobniki te po skrzyżowaniu z *B. pendula* zawsze dawały *B. × oycoviensis*. Osobniki typu „*nova*” znalezione w przyrodzie zostały opisane jako *B. Szaferi* [Staszkiwicz 1986].

Częste są również mieszańce powstałe z krzyżowania się *B. carpatica* i *B. pubescens*. Pojawiają się one wszędzie tam, gdzie stykają się zasięgi obu gatunków [Danielewicz 1993]. Formy introgressywne jako wynik mieszania się tych gatunków znane są również ze Szczelińca Wielkiego w Górach Stołowych, gdzie obecnie typowa forma *B. carpatica* nie rośnie [Białobrzaska i Truchanowicz 1990/91].

Najbardziej zmiennym gatunkiem brzozy jest brzoza niska, która w postaci „czystej” występuje już bardzo nielicznie, natomiast liczne są osobniki introgressywne, co najsilniej ujawnia się w cechach łusek i orzeszków (ryc. 7). Formy te mają dopływ genów zarówno od brzozy omszonej, jak i brzozy zwisłej. W pobliżu torfowisk, na których występuje brzoza

niska, pojawiają się też brzozy drzewiaste, które najczęściej są podobne do brzozy omszonej lub zwisłej, ale mają dopływ genów od brzozy niskiej. Na największą uwagę w obrębie stanowisk *B. humilis* położonych w okolicach Elbląga zasługuje występowanie form introgressywnych z *B. nana*, która w czasach historycznych nie była z tych okolic znana. Jest to więc przykład paleointrogressji [Staszkiwicz i in. 1993].



Ryc. 7. Liście, łuski i owoce naturalnych mieszańców brzozy niskiej z brzozą omszoną (1–3), brzozy niskiej z brzozą zwisłą (4–6) (według Grossa 1910) oraz łuski zebrane z osobników brzozy niskiej (7): typowe dla brzozy niskiej (A), świadczące że osobnik ma domieszkę genów pochodzących od brzozy drzewiastej (B i C), typowe dla brzozy karłowatej (D), wskazujące na paleointrogressję od tego gatunku (według Staszkiwicza i in. 1993)

Wiśnia – *Cerasus* (*Prunus*)

Jednym z gatunków, któremu w Europie Zachodniej i Środkowej grozi zagłada z powodu krzyżowania się z gatunkiem udomowionym, jest wisienka stepowa – *Cerasus* (*Prunus*) *fruticosa*. Gatunek ten występuje od Uralu po Ren, w Polsce – na terenie Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej, w Górach Świętokrzyskich, na Wyżynie Lubelskiej, w okolicach Przemyśla oraz między Bydgoszczą i Toruniem. Wchodzi w skład zbiorowisk zarosłowych, rzadko stanowi podszyt w lasach [Wójcicki 1993]. Bardzo łatwo krzyżuje się z hodowaną wiśnią pospolitą – *Cerasus vulgaris*. W miarę przesuwania się od wschodniej do zachodniej części zasięgu pojawia się coraz więcej form mieszańcowych [Wójcicki i Głazek 1984, Wójcicki 1991]. Już obecnie na terenie Polski są populacje złożone wyłącznie z takich form. Populacje te w niedługim czasie zmieniają się w kierunku wiśni pospolitej.

Jarząb – *Sorbus*

Wśród rodzaju jarząb jest wiele taksonów pochodzenia mieszańcowego. Typowym takim gatunkiem, o niezwykle skomplikowanym rodowodzie, jest jarząb szwedzki – *Sorbus intermedia*, który występuje na pobrzeżu bałtyckim. Jego powstanie zostało wyjaśnione przez Lilieforsa i omówione przez Jankuna [1993]. Autotetraploidalne formy kompleksu jarząbu mącznego – *Sorbus aria*, tj. *S. rupicola* i *S. obtusifolia* oraz diploidalna forma jarząbu pospolitego – *S. aucuparia* dały w wyniku skrzyżowania triploidalną *S. arranensis* ($2n = 51$). Dzięki zapłodnieniu niezredukowanej komórki jajowej *S. arranensis* przez haploidalną komórkę plemnikową jarząbu brekini – *S. torminalis* ($2n = 34$) powstał jarząb szwedzki – *S. intermedia* ($2n = 68$).

W Pieninach, podobnie jak w innych częściach Karpat, rośnie jarząb austriacki – *S. austriaca*, który także występuje we Wschodnich Alpach, a powstał w Plejstocenie przez skrzyżowanie jarząbu pospolitego – *S. aucuparia* i jarząbu greckiego – *S. graeca* (rośnie w Pieninach). *S. austriaca* rozpada się na dwa podgatunki: subsp. *austriaca* i subsp. *hazslinszkyana*, które również rosną w Pieninach. Zarówno w Pieninach, jak i Tatrach liczne są formy pośrednie, o charakterze mieszańcowym, powstające w wyniku krzyżowania się jarząbu greckiego, austriackiego i mącznego [Staszkiwicz 1997a].

Jawor – *Acer*

Spośród trzech dziko rosnących w Polsce gatunków z rodzaju *Acer*, stosunkowo dokładnie została poznana zmienność skrzydłaków jaworu – *Acer pseudoplatanus*. Autor publikacji na ten temat [Boratyński 1980] na podstawie różnic morfologicznych wysunął przypuszczenie, że gatunek ten na terenie naszego kraju rozprzestrzenił się z dwóch kierunków: w góry dotarł z południa z dwóch różnych ośrodków, a na niż z zachodu. Oba pochodzenia spotkały się w Polsce centralnej.

Dereń – *Cornus*

W całej Polsce występuje dereń świdwa – *Cornus sanguinea* subsp. *sanguinea*. W południowo-wschodniej części kraju liczne są stanowiska derenia południowego – *C. australis* subsp. *australis*, którego centrum występowania leży na Krymie, Kaukazie i w północnej Anatolii. Oba podgatunki mieszają się ze sobą i dają formy wyróżniane jako dereń węgierski – *C. sanguinea* subsp. *hungarica*. Dereń ten występuje daleko poza zasięgiem

derenia południowego, co może być dowodem, że ten drugi w czasie optimum klimatycznego miał w Polsce zasięg znacznie szerszy [Staszkiewicz i Tyszkiewicz 1997].

Trzmielina – *Euonymus*

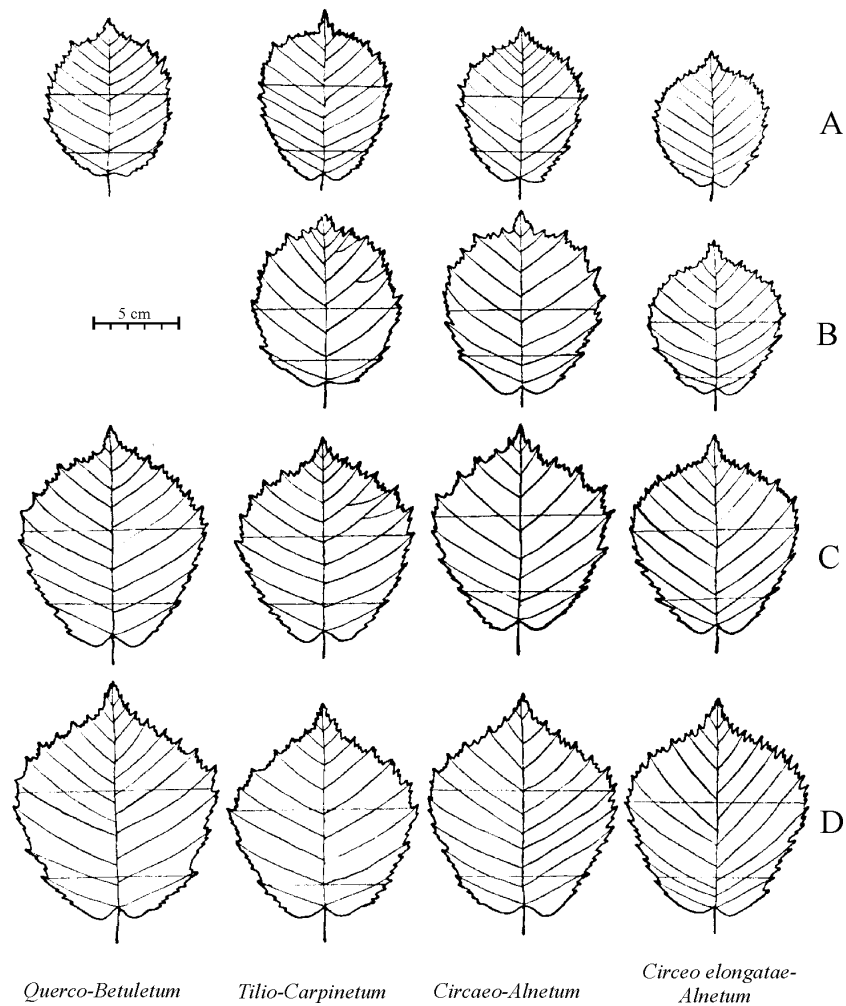
W Polsce rosną dwa gatunki: trzmielina zwyczajna – *E. europaeus* (na terenie całego kraju) i trzmielina brodawkowata – *E. verrucosus* (wschodnia część Polski). Mimo że gatunki te należą do różnych sekcji, to na terenie Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej duża liczba osobników *E. verrucosus* nie ma brodawek, co świadczy, że mają one dopływ genów od *E. europaeus*, do której zbliżają się także kształtem liści. Mieszzańce te występują wyłącznie jako formy płonne [Staszkiewicz 1997b].

Wiciokrzew – *Lonicera*

W Polsce rosną trzy gatunki: wiciokrzew suchodrzew – *L. xylosteum* (na terenie całego kraju po wysokość około 1000–1100 m n.p.m.), wiciokrzew czarny – *L. nigra* (w górach, w reglu górnym lub niżej), wiciokrzew pomorski – *L. periclymenum* (w północno-zachodniej Polsce, na Dolnym Śląsku, w okolicach Warszawy). Dwa pierwsze gatunki krzyżują się często w miejscach wspólnego występowania, przeważnie w tych miejscach, w których kończy się pionowy zasięg wiciokrzewu suchodrzewu lub wiciokrzewu czarnego. Formy mieszańcowe mają zawsze wygląd zewnętrzny wiciokrzewu czarnego, a po drugim z rodziców zachowują długie ogonki liściowe lub silne owłosienie liści [Staszkiewicz 1991, 1997c].

Wpływ warunków środowiskowych na cechy morfologiczne

Wyrazem lepszych lub gorszych warunków życia jest żywotność gatunku w różnych zespołach roślinnych. Badania nad żywotnością, przywiązaniem gatunku do określonego zespołu itp., chociaż bardzo liczne, najczęściej jednak dotyczą roślin zielnych. Drzewa i krzewy jako organizmy długowieczne są przedmiotem mniej wdzięcznym. Badania zależności między warunkami środowiska a cechami morfologicznymi grabu zwyczajnego – *Carpinus betulus* przeprowadzone na materiale z Puszczy Boreckiej [Białobrzeska 1966b] wykazały, że najdorodniejsze liście występują na drzewach rosnących w zespole *Tilio-Carpinetum*, a najmniejsze w zespole *Circaeo-Alnetum*. Podobne badania wykonane w Puszczy Białowieskiej [Białobrzeska 1966a] wykazywały dużą zależność wielkości liści lub owoców od zbiorowiska, w którym występowały. U kruszyny zwyczajnej – *Frangula alnus* największe liście miały osobniki rosnące w zespole *Quercu-Betuletum*, natomiast najdorodniejsze owoce pochodziły z *Salicetum pentandro-cinereae*, a więc siedlisk najbardziej nasłonecznionych [Białobrzeska 1970]. Z kolei leszczyna pospolita – *Corylus avellana* największe liście i owoce miała wtedy, jeśli rosła w zespole *Tilio-Carpinetum*, co dowodzi, że zbiorowisko to stwarza najlepsze warunki do rozwoju tego gatunku [Białobrzeska 1970] (ryc. 8). U jarząbu pospolitego – *Sorbus aucuparia* najsilniejsze różnice zależne od środowiska ujawniły się w szerokości ząbkowania blaszki liściowej. Najmniejszą szerokość ząbkowania stwierdzano u osobników rosnących w zespole *Circaeo-Alnetum*, największą, jeśli rosły w zespole *Tilio-Carpinetum* [Tyszkiewicz 1970].



Ryc. 8. Zależność pomiędzy wielkością i kształtem liści leszczyny a zbiorowiskiem roślinnym (według Białobrzęskiej 1970); A – ostatni liść krótkopędu wegetatywnego, B – ostatni liść pędu owocującego, C – ostatni liść długopędu wegetatywnego, D – najdłuższy liść długopędu owocującego

Literatura

Białobrzęska M. 1966a. Zmienność liści i owoców grabu w analogicznych zespołach Puszczy Białowieskiej, Boreckiej i Niepołomickiej oraz w lasach karpackich. Część I. Białowieski Park Narodowy. Acta Soc. Bot. Pol., 35(3), 401–424.

- Białobrzaska M.** 1966b. Zmienność liści i owoców grabu w analogicznych zespołach Puszczy Białowieskiej, Boreckiej i Niepołomickiej oraz w lasach karpackich. Część II. Puszcza Borecka, Niepołomicka oraz lasy karpackie. Acta Soc. Bot. Pol., 35(4), 529–555.
- Białobrzaska M.** 1970a. Leszczyna (*Corylus avellana* L.). [W:] Zmienność liści i owoców drzew i krzewów w zespołach leśnych Białowieskiego Parku Narodowego, red. J. Jentys-Szaferowa. Monogr. Bot., 32, 66–85.
- Białobrzaska M.** 1970b. Kruszyna pospolita (*Frangula alnus* Mill.). [W:] Zmienność liści i owoców drzew i krzewów w zespołach leśnych Białowieskiego Parku Narodowego, red. J. Jentys-Szaferowa. Monogr. Bot., 32, 179–195.
- Białobrzaska M., Truchanowicz J.** 1990/1991. Badania systematyczno-biometryczne nad rodzajem *Betula* L. ze Szczelińca w Górach Stołowych. Roczn. Dendrol., 39, 51–78.
- Boratynski A.** 1980. Zmienność jaworu (*Acer pseudoplatanus* L.) w Polsce. Arboretum Kórnickie, 25, 53–84.
- Danielewicz W.** 1993. Morfologiczna zmienność liści, owoców i łusek owocowych brzozy karpackiej (*Betula carpatica* Waldst. Et Kit.) w Polsce. Roczn. Dendrol., 41, 33–53.
- Gross H.** 1910. Über den Formenkreis der *Betula humilis* Schrk. Und ihrer Bastarde. Schrift. Phys. Oek. Ges. Königsberg, 51, 151–170.
- Jankun A.** 1993. Znaczenie apomiksji w ewolucji rodzaju *Sorbus* (*Rosaceae*). Fragm. Flor. Geobot., 38 (2), 627–686.
- Jentys-Szaferowa J., Białobrzaska M., Truchanowicz J., Więckowska I.** 1974. Drugie 10 lat badań nad brzozą ojcowską. Fragm. Flor. Geobot., 20(2), 203–242.
- Mejnartowicz L.** 1972. Badania zmienności populacji *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. w Polsce. Arboretum Kórnickie, 17, 43–120.
- Staszkiewicz J.** 1961. Zmienność współczesnych i kopalnych szyszek sosny zwyczajnej (*Pinus silvestris*). Fragm. Flor. Geobot., 7(1), 97–160.
- Staszkiewicz J.** 1966. Wstępne badania nad zmiennością szyszek świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst. subsp. *abies* z Polski. Fragm. Flor. Geobot., 12 (4), 349–371.
- Staszkiewicz J.** 1968. Badania nad sosną zwyczajną z Europy południowo-wschodniej i Kaukazu oraz jej stosunkiem do sosny z innych obszarów Europy, oparte na zmienności morfologicznej szyszek. Fragm. Flor. Geobot., 14(3), 259–315.
- Staszkiewicz J.** 1976. Zmienność szyszek świerka pospolitego *Picea abies* (L.) Karst. w Karpatach. Fragm. Flor. Geobot., 22(1–2), 35–42.
- Staszkiewicz J.** 1977. Pozycja systematyczna dębu omszonego (*Quercus pubescens* Willd.) z rezerwatu leśno-stepowego w Bielinku nad Odrą w oparciu o analizę biometryczną liści. Fragm. Flor. Geobot., 23(3–4), 259–275.
- Staszkiewicz J.** 1986. *Betula szaferi* – a new species of the genus *Betula* L. from Poland. Acta Soc. Bot. Pol., 55(3), 361–366.
- Staszkiewicz J.** 1991. Natural hybrids of *Lonicera nigra* × *L. xylosteum* (= *L. helvetica*) (*Caprifoliaceae*). Fragm. Flor. Geobot., 36 (2), 339–345.
- Staszkiewicz J.** 1993. *Betula szaferi* Jent.-Szaf. ex Stasz. – brzoza Szafera. [W:] Polska czerwona księga roślin. Paprotniki i rośliny kwiatowe, red. K. Zarzycki, R. Kaźmierczakowa. Instytut Botaniki im. W. Szafera, PAN, Kraków, 41–43.
- Staszkiewicz J.** 1994. Zróżnicowanie populacji *Pinus* × *rhaetica* (*Pinaceae*) w rezerwacie „Medzi bormi” (Słowacja). Fragm. Flor. Geobot. Ser. Polonica, 1, 223–233.
- Staszkiewicz J.** 1996. Naturalne mieszańce *Pinus mugo* × *P. sylvestris* (*Pinaceae*) w Tatrach. Fragm. Flor. Geobot., 3, 23–30.

- Staszkiwicz J.** 1997a. Zmienność liści jarząbu mącznego – *Sorbus aria*, jarząbu greckiego – *S. graeca*, jarząbu austriackiego – *S. austriaca* (Rosaceae) i form pośrednich. [W:] Zmienność wybranych gatunków krzewów i drzew, red. J. Staszkiwicz. *Fragm. Flor. Geobot. Ser. Polonica, Supl.*, 2, 109–118.
- Staszkiwicz J.** 1997b. Zmienność liści trzmieliny zwyczajnej – *Euonymus europaeus* i trzmieliny brodawkowatej – *E. verrucosus* (Celastraceae). [W:] Zmienność wybranych gatunków krzewów i drzew, red. J. Staszkiwicz. *Fragm. Flor. Geobot. Ser. Polonica, Supl.*, 2, 133–150.
- Staszkiwicz J.** 1997c. Zmienność liści polskich gatunków z rodzaju *Lonicera* (Caprifoliaceae). [W:] Zmienność wybranych gatunków krzewów i drzew, red. J. Staszkiwicz. *Flor. Geobot. Ser. Polonica, Supl.*, 2, 277–295.
- Staszkiwicz J., Białobrzaska M., Truchanowicz J., Wójcicki J.J.** 1993. Variability of *Betula humilis* (Betulaceae) in Poland. 4. Hybrid and introgressive forms. *Fragm. Flor. Geobot.*, 38(2), 475–488.
- Staszkiwicz J., Tyszkiewicz M.** 1968. Naturalne mieszańce *Pinus mugo* Turra × *Pinus silvestris* L. w Kotlinie Nowotarskiej. *Fragm. Flor. Geobot.*, 15 (2), 187–212.
- Staszkiwicz J., Tyszkiewicz M.** 1972. Zmienność naturalnych mieszańców *Pinus silvestris* L. × *P. mugo* Turra (= *P. × rotundata* Link) w południowo-zachodniej Polsce oraz na wybranych stanowiskach Czech i Moraw. *Fragm. Flor. Geobot.*, 18(2), 173–191.
- Staszkiwicz J., Tyszkiewicz M.** 1997. Zmienność liści derenia świdwy – *Cornus sanguinea* (Cornaceae). [W:] Zmienność wybranych gatunków krzewów i drzew, red. J. Staszkiwicz. *Fragm. Flor. Geobot. Ser. Polonica, Supl.*, 2, 207–224.
- Tyszkiewicz M.** 1970. Jarzębina pospolita (*Sorbus aucuparia* L.). [W:] Zmienność liści i owoców drzew i krzewów w zespołach leśnych Białowieskiego Parku Narodowego, red. J. Jentys-Szaferowa. *Monogr. Bot.*, 32, 147–158.
- Wójcicki J.J.** 1991. Variability of *Prunus fruticosa* Pall. and the problem of an anthropohybridization. [W:] Contributions to the knowledge of flora and vegetation of Poland, red. K. Zarzycki, E. Landolt, J.J. Wójcicki. [W:] Proceedings of the 19th International Phytogeographic Excursion (IPE), 1989, through Poland, Vol. 1. Veröff. *Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich*, 106, 266–272.
- Wójcicki J.J.** 1993. *Prunus fruticosa* Pall. (*Cerasus fruticosa* Pall.) – wiśnia karłowata (wisienka stepowa). [W:] Polska czerwona księga roślin. Paprotniki i rośliny kwiatowe, red. K. Zarzycki, R. Kaźmierczakowa. Instytut Botaniki im. W. Szafera, PAN, Kraków, 101–102.
- Wójcicki J.J., Głazek T.** 1984. Zmienność morfologiczna *Prunus fruticosa* Pall. we wschodniej części Wyżny Małopolskiej na tle warunków siedliskowych. *Fragm. Flor. Geobot.*, 28(3), 319–336.

Część VI

Plantacje drzew leśnych

Możliwości wprowadzania gatunków drzewiastych na nieefektywnych gruntach rolnych

Tadeusz Zając*

Zalesianie gruntów rolnych w Polsce nieprzydatnych do produkcji roślinnej ze względu na małą produktywność i nieopłacalność produkcji rolniczej wydaje się współcześnie najodpowiedniejszym sposobem zagospodarowania tych powierzchni [Malicki 2002]. Oprócz nich należy zalesić tereny przemysłowe, często chemicznie i biologicznie zdegradowane, sadząc na nich plantacje drzew i krzewów przeznaczonych na cele przemysłowe i energetyczne [Szujewski 1995].

Ziemie nieprzydatne rolnictwu w innych krajach europejskich nie zostały przekazane pod zalesienia, lecz wykorzystuje się je do produkcji nieżywnościowej, np. przeznaczając pod uprawę roślin energetycznych i oleistych. Produkcja biomasy roślin uprawnych na gruntach porolnych jest w dużym stopniu alternatywą dla zagospodarowania leśnego. Wykorzystanie wyprodukowanej fitomasy często już po roku wymaga podjęcia budowy lokalnych kotłowni przystosowanych do nowego rodzaju paliwa, a są to inwestycje kosztowne i wiążą się z koniecznością budowy nowych instalacji energetycznych bazujących na paliwach odnawialnych.

Niezwłocznie po zakończeniu II wojny światowej podjęto i prowadzono w naszym kraju zalesienia, które – jak podaje Grzywacz [2002] – w latach 1949–1967 objęły 850 tys. ha, a więc średniorocznie zalesiano po około 45 tys. ha. Wymiernym skutkiem prowadzonej akcji zalesień było istotne zwiększenie lesistości kraju, która w 1946 r. wynosiła 20,8%, by w 2000 r. osiągnąć 28,4%. W 1960 r., rekordowym pod względem zalesień, posadzono las na powierzchni około 62 tys. ha, co jest zdaniem cytowanego autora wartę szczególnego podkreślenia, ponieważ ani wcześniej, ani później zalesienia nie objęły tak dużych powierzchni. Akcja zalesienia prowadzona w późniejszym czasie znacznie osłabła (5–8 tys. ha rocznie). W latach 1993–2000 wprowadzono las na powierzchni 83,5 tys. ha, a łącznie w okresie 55 lat w kraju zalesiono siłami i środkami Państwowego Gospodarstwa Leśnego – Lasy Państwowe 1320 tys. ha gruntów porolnych i różnorodnych nieużytków, często przemysłowych i zdegradowanych [Grzywacz 2002].

Zalesienia prowadzono głównie w części nizinnej Polski – na północy i w części centralnej. Grzywacz [2002] podkreśla fakt, że całkowity przyrost powierzchni leśnej wyniósł 2,4 mln ha, łącznie z nasadzeniami prowadzonymi przez prywatnych właścicieli gruntów, wspólnoty wiejskie i różne zakłady pracy, co można uznać za powszechną zgodę społeczeństwa na akcję zalesień gruntów nieprzydatnych do innych celów. W Polsce prowadzenie tej akcji ma duże umocowania ekologiczne i gospodarcze, a rozwiązania są zbieżne z rozwiązaniami stosowanymi w Europie i na innych kontynentach. W celu dalszego kontynuowania prac zalesieniowych pod kierunkiem Łonkiewicza [1996] został przygotowany *Krajowy program zwiększenia lesistości (KPZL)*, przyjęty przez rząd RP. Przeprowadzenie

* Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Akademia Rolnicza im. H. Kollątaja w Krakowie

prac zaplanowanych w tym *Programie* ma spowodować do 2020 r. zalesienie 600 tys. ha, co umożliwi uzyskanie lesistości kraju na poziomie 30%. Zalesienia prognozowane do 2050 r. w wymiarze 1,5 mln ha, spowodują uzyskanie lesistości w Polsce na poziomie 33%. Ważne jest, aby w akcji tej uwzględniane były nie tylko kryteria ilościowe, ale także jakościowe. Przestrzeganie obu tych kryteriów umożliwi produkcję wartościowej biomasy drzewnej, nadającej się dla celów przemysłowych i energetycznych i mogącej być przedmiotem eksportu.

Oczekuje się, że zwiększenie lesistości spowoduje zdecydowaną poprawę stanu środowiska przyrodniczego w naszym kraju przez:

- 1) skuteczne przeciwdziałanie erozji wodnej i wietrznej (eolicznej) gleb i ograniczenie stepowania krajobrazu;

- 2) łagodzenie stanu przepływu wód w rzekach i innych ciekach,

- 3) stabilizację stanu wód powierzchniowych, gruntowych i głębinowych, co będzie korzystnie oddziaływać na stosunki hydrologiczne i mikroklimatyczne w sąsiadujących terenach rolniczych,

- 4) oczyszczanie powietrza z pyłów, a wód ze związków azotu i fosforu,

- 5) ograniczanie globalnego efektu cieplarnianego poprzez kumulację CO₂ w biomasie drzew,

- 6) utworzenie, a często przybliżenie miejsc pracy i miejsc wypoczynku dla mieszkańców [Grzywacz 2002].

Krajowy program zwiększania lesistości przewiduje największe zalesienia na terenie województw: wielkopolskiego, mazowieckiego, łódzkiego, świętokrzyskiego i lubelskiego, a także na terenach byłego województwa nowosądeckiego. Wspólną cechą tych terenów jest dominacja indywidualnej własności ziemi i niewielkie obszary gospodarstwa chłopskie, co wskazuje, że zalesienia w przewadze prowadzić będą osoby prywatne. Ponadto tereny te odznaczają się dużym rozdrobnieniem gruntów, co przy braku podjęcia komasacji przez organy państwa bądź samorządu terytorialnego może utrudniać akcję ich zalesień. Komasacja i scalanie gruntów to proces bardzo trudny i kłopotliwy, a jego realizacja może potrwać nawet 250–300 lat [Malicki 2002].

Jedną z podstawowych przyczyn trudności w zalesianiu nieefektywnych terenów rolnych w sektorze rolnictwa indywidualnego jest zerwanie więzi pomiędzy gospodarką rolną i leśną. Ponadto większość gospodarstw rolniczych nie dysponuje powierzchnią leśną, co sprawia, że ich właścicielom brak teoretycznych i praktycznych wiadomości z zakresu leśnictwa, nieodzownych do właściwego zaplanowania, a następnie podjęcia i przeprowadzenia zalesienia, które z przyrodniczego punktu widzenia byłoby optymalne. Tomczak [2002] postuluje zacieśnienie współpracy pomiędzy gospodarką rolną i leśną, podobnie jak nauk rolniczych i leśnych, tak aby współczesny program rolniczo-leśny (leśno-rolniczy) – KPZL mógł być nowym i ważnym elementem strategii rozwojowej obszarów wiejskich w Polsce. By móc realizować tę strategię, musi nastąpić szersza współpraca rolników z leśnikami polegająca na doskonaleniu zalesień w taki sposób, aby uzyskać fitocenozy leśne odpowiednio dobrane do warunków siedliskowych, najczęściej mało sprzyjających wegetacji roślin.

Dla celów fiskalnych przestrzeń rolniczą podzielono na sześć klas bonitacyjnych, od I do VI. Klasy I do III obejmują gleby najlepsze, o największej żyzności, czyli takie, na których uzyskiwane są największe plony. O dobrej żyzności tych gleb decydują pospołu ich duża zasobność w składniki mineralne, zarówno w makro-, jak i w mikroelementy, oraz

właściwości biologiczne rzutujące na właściwości fizykochemiczne. Typy siedliskowe lasu zostały wyróżnione na podstawie troficzności gleb i stopnia ich uwilgotnienia [Szymański 2000]. Najślabsze, bo najmniej zasobne i suche gleby piaszczyste były zajęte przez bory sosnowe.

Analiza rozmiaru wycięcia drzew w lasach prywatnych – chłopskich, w połowie lat dziewięćdziesiątych XX w. na terenach dzisiejszego województwa lubelskiego, w okresie dekonstrukcji na produkty rolnicze, unaoczniała, że lasy w dobie obecnej są lasami wyłącznie z nazwy [Malicki 2002]. Przywrócenie ich do stanu pierwotnego przez prawidłowo prowadzoną gospodarkę leśną wymaga długich lat żmudnej pracy. Jest to zadanie trudne, a poprzedzać je winna stosowna edukacja i właściwe regulacje prawne.

W warunkach strefy umiarkowanej klimatu półkuli północnej las jest naturalnym zespołem klimaksowym. Zajązkowski [2001] podkreśla, że wpływ człowieka na kształtowanie się zespołów leśnych na obszarze dzisiejszej Polski daje się zauważyć już od czasów neolitycznych, czyli od 7–8 tysięcy lat. Okres kultury łużyckiej, około 4 tys. lat temu, pod względem skali zmian antropogenicznych w lasach można, zdaniem tego autora, porównać do wczesnego średniowiecza, kiedy to stosowano technikę żarową jako sposób zamiany terenów leśnych na tereny rolnicze służące produkcji żywności. Gospodarka ta stanowiła alternatywę dla zbieractwa i łowiectwa, a jej celem był wzrost produkcji żywności, nieodzowny do wykarmienia wzrastającej populacji ludności. Przeciętnie człowiek w tym czasie potrzebował 250 km² do zaspokojenia swych potrzeb pokarmowych. Na obszarach dzisiejszej Polski odlesianie polegało na wycięciu pierwotnych lasów i puszczy, a uzyskany areal był zamieniany na pola uprawne, uprawiane najpierw w systemie dwupółowki, a następnie trójpółowki. Ten sposób uprawy ziemi polegał na ciągłym zwiększaniu powierzchni rolniczej kosztem lasów, ponieważ zbiory z jednostki powierzchni pozostawały na stałym, a zarazem niskim poziomie. Brak żywności i głód skłaniały ludzi do migracji, w przypadku Polski – na wschód. Nowe osady zakładano na karczowiskach leśnych. Najpierw wycinano lasy porastające lepsze ziemie, np. uważano, że po wycięciu lasu grabowego można siać pszenicę. Gatunki drzew były indykatorami wartości rolniczej gleby. Należy podkreślić fakt dużej dysproporcji wartości powierzchni uprawnej i leśnej, ponieważ do XV w. 1 hektar ziemi ornej wart był 10 hektarom lasu. Niemal do końca XV wieku gospodarcza funkcja lasu sprowadzała się do zaspokajania potrzeb ludności miejscowej, a las, podobnie jak pastwiska, stanowił własność gminną [Malicki 2002]. Ciągły przyrost ludności w ówczesnym społeczeństwie agrarnym wywoływał „głód” ziemi, czego skutkiem był nawet wyrąb lasów sosnowych porastających suche i piaszczyste gleby. Stan ten trwał przez cały wiek XIX i trzy dekady wieku XX. Jednakże już w XIX w. w Wielkopolsce na terenach rolnych wielkiej własności ziemskiej (dobra Dezyderego Chłapowskiego w Turwi pod Poznaniem) wprowadzono pasy zadrzewień śródpolnych, które miały ograniczyć erozję wietrzną gleb i stopowienie obszarów rolnych oraz poprawić warunki mikroklimatyczne pól i terenów przyległych. W Polsce jednak rozwiązanie to nie zyskało powszechnej aprobaty [Zajązkowski 2001]. Dzisiaj sądzi się, że program zalesiania kraju wspomagany zadrzewieniami może stworzyć optymalny system ochrony środowiska w skali lokalnej lub regionalnej [Ryszkowski i Bałazy 2002]. Opinii tej nie podziela Malicki [2002], uważając tę propozycję za zbyt drogą i dlatego gospodarczo niesłuszną.

Postęp techniczno-biologiczny w produkcji roślinnej i zwierzęcej prowadzonej przez pierwsze półwiecze XX w. spowodował, że gleby najślabsze – piaszczyste, uznano za zbędne i przeznaczano je do zalesień. Wprowadzenie gospodarki rynkowej w Polsce po

roku 1989 doprowadziło do nadprodukcji żywności i zarazem sprawiło, że gospodarka rolna na glebach najslabszych stała się trwale nieopłacalna. Lekkie gleby przy wschodniej granicy Polski, na tzw. ścianie wschodniej, pozostawiono jako odłogi. Na przełomie lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych ubiegłego wieku uznano zalesianie najslabszych gleb, zaliczonych do klasy bonitacyjnej VIz, za rozwiązanie najlepsze. Jednak gleby te z natury kwaśne, o małej zawartości substancji organicznej i próchnicy, a także o słabej zdolności do magazynowania wody i składników biogenych, nie sprzyjają wzrostowi roślin zarówno zielnych, jak i drzewiastych. Odłogi na glebach najslabszych po kilkunastu latach porastają samoistnie sosny lub roślinność leśno-zaroślowa. Wydaje się, że przeprowadzenie właściwie zaplanowanej akcji zalesień polegające na doborze odpowiednich proveniencji, głównie drzew iglastych, stałoby się w tych warunkach siedliskowych rozwiązaniem właściwym.

Siuta [2002] podkreśla, że świadomość konieczności odnowy ekologicznej terenów nadmiernie wylesionych poprzez ich rekultywację leśną jest coraz to większa. Do 1980 r. lesistość optymalną (L_o), w procentach pokrycia terenów nizinnych i wyżynnych kraju, wyliczano według następującego wzoru:

$$L_o = (L + VI + V)W_o$$

gdzie :

L – procentowy udział lasów w powierzchni ogólnej gmin, powiatów,

V , VI – procentowy udział odpowiednich klas bonitacyjnych gruntów ornyc w ogólnej powierzchni gmin, powiatów;

W_o – współczynnik opadowy wynoszący 0,8 przy opadach rocznych poniżej 550 mm, 0,7 – przy opadach w przedziale 550–650 mm i 0,6 – przy opadach ponad 650 mm.

Zgodnie z przeglądową mapą Polski w znacznej liczbie powiatów, szczególnie w centralnej części Polski, niedobór powierzchni zalesionej wynosił 15–30% [Siuta 2002]. Przyjęta przez rząd RP Ustawa z dnia 8 czerwca 2001 r. o przeznaczeniu gruntów rolnych do zalesiania (Dz. U. Nr 73, poz. 764) stanowi przesłankę prawnych i finansowych warunków do zalesiania nieefektywnych gruntów rolnych, głównie klas VI i V. Ustawa umożliwia zalesianie gruntów ornyc V i VI klasy bonitacyjnej, gruntów okresowo zalewanych oraz użytków zielonych, na których zaprzestano zarówno koszenia, jak i wypasu zwierząt. Zalesienia, jak wspomniano wcześniej, będą prowadzone w długim horyzoncie czasowym ze względu na ich pracochłonność (1–6 roboczodniówek na ha). Zgodnie z postanowieniami cytowanej Ustawy corocznie starostowie, w uzgodnieniu z wójtami, burmistrzami, Wojewódzkim Funduszem Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (WFOŚiGW) oraz z Agencją Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa (ARiMR), mają obowiązek określenia ogólnej powierzchni gruntów porolnych przeznaczonych do zalesienia [Dembek i in. 2002]. Na wniosek właściciela gruntu przeznaczonego do zalesienia starosta będzie wydawał decyzję, która umożliwi podjęcie prac zalesieniowych według planu sporządzonego przez nadleśnictwo. Nadleśnictwo ma obowiązek dostarczenia sadzonek określonych gatunków drzew, a koszty ich zakupu pokryje WFOŚiGW. Właściciel gruntu lub zalesionej łąki (przy powierzchni zalesień do 10 ha) zgodnie z postanowieniami Ustawy, jeżeli zdecyduje się na zaprzestanie produkcji rolniczej, ma otrzymywać corocznie ekwiwalent w wysokości 1800 zł za hektar, wypłacany przez 20 lat, a środki na te cele mają pochodzić z budżetu państwa. Taka dystrybucja środków na akcję zalesień wskazuje na jej ogólnospołeczny charakter. Do akcji zalesień według ustaleń KPZL można przeznaczyć wymienione

dalej kategorii agronomiczne gleb, których łączna powierzchnia wynosi około 2,2 mln ha. Niefektywne dla produkcji rolnej tereny rolne, nazywane niekiedy marginalnymi, można podzielić na:

1) mało urodzajne pola i łąki (pastwiska suchogruntowe) położone na suchych i jałowych piaskach, zaliczane do V oraz VI klasy bonitacyjnej. Gleby te obejmują 1700 tys. ha, które pierwotnie były porośnięte głównie przez bory sosnowe. Jako gleby nieurodzajne (370 tys. ha) wykazano również gleby pól o dużym nachyleniu i dlatego narażone na silną erozję wodną, a położone na terenach podgórskich województw małopolskiego i podkarpackiego. Według Malickiego [2002] bezwzględnie należy zalesiać wszelkie tereny o nachyleniu przekraczającym 20°. Jednak na Wyżynie Lubelskiej czy w Kotlinie Sądeckiej ze względu na żyzne gleby i duże rozdrobnienie pól można zamiast lasów zakładać sady owocowe urządzone przeciwerozyjnie;

2) tereny o glebach zanieczyszczonych chemicznie przez przemysł, głównie metalami ciężkimi. Gleby te zaliczane są do różnych klas bonitacyjnych i zajmują areał około 140 tys. ha, a występują głównie w województwie śląskim. Z powodu kumulacji w płodach i surowcach roślinnych nadmiernych ilości metali ciężkich produkcja żywności na terenach zanieczyszczonych, zagrażająca zdrowiu ludzi i zwierząt, musi zostać przerwana;

3) tereny z powierzchnią zniszczoną przez górnictwo węgłne i odkrywkowe i pozbawioną warstwy ornej, zwane utworami bezglebowymi. Tereny te obejmują około 50 tys. ha i są położone głównie w województwach śląskim i dolnośląskim;

4) pola odległe od gospodarstw rolnych, na których uprawy niszczone są w znacznym stopniu przez zwierzynę i o niekorzystnym dostępie komunikacyjnym lub utrudnionej uprawie mechanicznej ze względu na ich zakamienienie. Tego rodzaju pola występują głównie na obszarach górskich.

W Polsce znajduje się łącznie około 2,2 mln ha terenów uznawanych za zbędne dla współcześnie prowadzonej produkcji rolnej i ogrodniczej. Optymalne ukształtowanie warunków agroekologicznych i ekonomiczno-organizacyjnych rolnej przestrzeni produkcyjnej wymagałoby zalesienia dużo większego areału użytków rolnych, których łączna powierzchnia szacowana jest na 4–4,5 mln ha [Siuta i Tałaj 2001]. Jednak względy społeczne i finansowe nie pozwalają w dobie obecnej na wykonanie tak ambitnego zamierzenia. Żukowski [2002] przytacza postanowienia obowiązującej Ustawy z 2001 r. o przeznaczaniu gruntów rolnych do zalesienia, z których to postanowień wynika, że ochrona lepszych klas gruntów ornych – najwyższych klas bonitacyjnych: I, II, IIIa i IIIb, ogranicza przeznaczanie ich pod zalesianie. W myśl bowiem tej Ustawy grunty klas I–III mogą być zalesiane tylko wyjątkowo, gdy występują w kształcie małych i wydłużonych enklaw i półenklaw o szerokości do 30 m, a położonych w uciążliwej szachownicy z lasami, bądź gdy ich nachylenie przekracza 25°. Gleby nieco gorsze produkcyjnie – klas IVa i IVb można przeznaczać do zalesienia sporadycznie, gdy usytuowane na nich pola stanowią enklawy i półenklawy o powierzchni pojedynczego pola < 0,5 ha lub szerokości < 50 m, a dojazd do nich jest szczególnie utrudniony (drogi wąwozowe), lub gdy są położone na stokach o nachyleniu > 20°. Grunty klasy V – o dyskusyjnej produkcyjności dla współczesnego rolnictwa można zalesiać pod warunkiem, że stanowią śródleśne enklawy i półenklawy o powierzchni pojedynczego pola < 2 ha lub o szerokości < 150 m, bądź są usytuowane między brzegami lasu. Można zalesiać grunty tej klasy bonitacyjnej, jeżeli odległość od gospodarstwa położonych na nich pól przekracza 5 km, lub wtedy gdy ich nachylenie przekracza 12°. Grunty klasy VI nie mogą być także zalesiane, jeśli ich usytuowanie rokuje dalsze użytkowanie rolnicze.

Agencja Własności Rolnej Skarbu Państwa (AWRSP), od 16 lipca 2003 r. funkcjonująca pod nazwą Agencja Nieruchomości Rolnych (ANR), przekazała dotychczas ponad 93 tys. ha do zalesień w ramach 1166 wniosków [Tański 2002]. Jednak brak środków na te cele w budżecie państwa ogranicza tempo przejmowania przez Lasy Państwowe gruntów z zasobu Agencji na cele zalesienia. Zadowolająco akcja zalesienia koncentrowała się jedynie na obszarach zalegania zbiorników wód podziemnych i leczniczych, pod warunkiem ich wcześniejszego ujęcia w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego. Konieczność uwzględniania szeregu cech i właściwości gruntów dotychczas użytkowanych rolniczo przed ich przeznaczeniem do zalesienia wynika z dwóch przesłanek. Po pierwsze, państwo realizuje strategię samowystarczalności żywnościowej i ustawowo chroni rolniczą przestrzeń produkcyjną [Tomczak 2002]. Po drugie, pula środków finansowych, jakie na ten cel może wyasygnować budżet państwa, bądź środków, jakie mogą być pozyskane z funduszy pomocowych Unii Europejskiej udzielanych w ramach programów SAPARD i ISPA jest ograniczona. W latach 1993–1997 głównym źródłem finansowania akcji zalesień była pożyczka Banku Światowego i Europejskiego Banku Inwestycyjnego w kwocie 80 mln PLN [Fonder 2002]. Zalesienia wykonywane przez właścicieli prywatnych mogą być finansowane ze środków: budżetu państwa, Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, funduszu leśnego, funduszy pomocowych Unii Europejskiej, środków własnych inwestora.

Zwiększenie lesistości jest najbardziej niezbędne w województwach wielkopolskim, kujawsko-pomorskim, łódzkim, mazowieckim, podlaskim, lubelskim i świętokrzyskim, w których lesistość kształtuje się poniżej średniej krajowej. Na terenie tych województw znajdują się duże, pozbawione lasów, aglomeracje miejskie (Warszawa, Łódź, Poznań) i jest zauważalny postępujący proces stepowienia środowiska przyrodniczego [Zajac i Kwiecień 2002]. Podjęcie akcji zalesień w Polsce spowoduje możliwość sprzedaży kwot emisji CO₂ przez nasz kraj innym państwom. Kryteria uwzględniające cechy siedliskowe i społeczne, sprzyjające zalesieniom lub je ograniczające, przedstawiono w tabeli 1. Zestaw obejmujący 25 cech umożliwi kategoryzację i ranking powierzchni pod zalesienia na poziomie gminy lub powiatu.

Środowiska naukowe z zakresu leśnictwa, rolnictwa i ochrony środowiska sygnalizują nadmiar cech, jakie należy uwzględnić przy decyzjach o wyborze konkretnego miejsca (pola) do zalesienia [Zajac i Kwiecień 2002]. Cechy te mimo różnej ważności, o czym informuje ich wycena punktowa, sugerują podejście środowiskowe, natomiast względy socjalne i gospodarcze są w tym programie mniej eksponowane. Trzeba w tym miejscu zaznaczyć, że w produkcji rolniczej aktualnie dominuje prymat uwarunkowań ekonomiczno-organizacyjnych nad siedliskowo-biologicznymi. Przeznaczenie nieefektywnych terenów rolniczych do zalesień wynika z braku opłacalności produkcji rolniczej. Wydaje się, że wielu rolników, właścicieli terenów przeznaczonych do zalesienia, preferuje podejście merkantylne, polegające na poszukiwaniu takich rozwiązań w odniesieniu do powierzchni produkcyjnej, które przyciągną szczerze dotacje w długim czasie, a akcja zalesień bardzo dobrze wpisuje się w te oczekiwania.

Tabela 1. Kryteria siedliskowo-socjalne gmin uwzględniane dla potrzeb zalesiania terenów porolnych (według Łonkiewicza [1996])

Cechy	Kryteria	Punktacja	Ważność
1. Udział gleb klas VI, VIz i nieużytków w powierzchni ogólnej	ponad 3 tys. ha	3	wysoce istotna
	2–3 tys. ha	2	
	1–2 tys. ha	1	
2. Przydatność gleb dla rolnictwa według punktacji IUNG	bardzo mała (do 60 pkt.)	2	istotna
	mała (od 60 do 70 pkt.)	1	
3. Rzeźba terenu	niekorzystna dla rolnictwa	1	istotna
4. Ważniejsze wododziały	I rzędu – pas do 40 km	2	istotna
	II i III rzędu – pas do 20 km	1	
5. Ochrona wód podziemnych	pod szczególną ochroną	2	istotna
	I klasy jakości (b. cenne)	1	
6. Zagrożenie gleb erozją wodną i eoliczną	bardzo duże	2	istotna
	duże	1	
7. Występowanie stepowienia	bardzo duże	2	istotna
	duże	1	
8. Mała lesistość	do 30% w górach	2	istotna
	do 15% na nizinach	1	
9. Zagrożenie rzek	3 kl. czystości i pobrzeże Bałtyku	2	istotna
	2 kl. czystości	1	
10. Deficyt wody	dla aglomeracji	2	istotna
	dla rolnictwa	1	
11. Obszary chronione	parki narodowe	3	wysoce istotna
	parki krajobrazowe	2	
	obszary chronionego krajobrazu	1	
12. Obszary o dużych walorach przyrodniczych	według planu przestrzennego zagospodarowania kraju	1	mało istotna
13. Zlewnie chronione	szczególnie chronione	2	istotna
	pozostałe chronione	1	
14. System przestrzenny leśnictwa według IBL	leśne obszary uzupełniające	2	mało istotna
	główne makroregiony i obszary funkcjonalne leśnictwa	1	
15. Obszary rekreacyjne	wokół aglomeracji	2	istotna
	rejon turystyczne	1	
16. Podaż gleb według ankiet	ponad 900 ha	3	istotna
	300–900 ha	2	
	100–300 ha	1	
17. Prywatyzacja byłych PGR	tereny wielkopowierzchniowe	1	mało istotna
18. Pogorszenie warunków życia ludności	skażenie gleb, obszary zagrożenia ekologicznego	2	mało istotna
		1	
19. Migracja ludności	depresja społeczno-gospodarcza	2	mało istotna
	duży ubytek ludności na wsi	1	
20. Skala bezrobocia	powyżej 21,5%	2	mało istotna
	18–21,4%	1	
21. Aglomeracje	ukształtowane	2	mało istotna
22. Intensywne rolnictwo	bardzo duża produktywność gleb	2	istotna
	bardzo duża produktywność z powierzchni globalnej	1	
23. Obszary eksploatacji surowców mineralnych	szczególnej koncentracji	2	mało istotna
	dużej koncentracji – powyżej 50%	1	
24. Obszary nizinne o dużej lesistości	36–50% powierzchni	2	mało istotna
	ponad 30% powierzchni	1	
25. Występowanie mokradeł, torfowisk itp.		2	mało istotna
	20–30% powierzchni	1	

Zakłada się, że nakłady finansowe na zalesienia poniesione w okresie 1995–2000 i planowane na lata 2001–2010 i 2011–2020 (tab. 2) umożliwią corocznie wprowadzać las na powierzchni 16,6, 24 i 26 tys. ha. Porównanie tych wielkości z wielkością powierzchni zalesionej w latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych ubiegłego wieku wskazuje, że tempo tego procesu uległo wyraźnemu obniżeniu pomimo angażowania na ten cel znacznych środków finansowych. Jednak jest to dominujący w naszym kraju sposób zagospodarowania gruntów porolnych, dobrze się wpisujący w dążenia do poprawy stanu środowiska naturalnego. Rozwijanie zalesień jest ograniczane brakiem całościowej analizy efektywności akcji zalesień, podjętych w poprzednim okresie, a więc analizy, jaka obejmowałaby dobór gatunków, z uwzględnieniem ich wymagań siedliskowych, oraz gromadzenie zasobu drewna czy stopień odporności sztucznie uformowanych fitocenoz leśnych na różnorodne czynniki biotyczne i abiotyczne. Brak syntetycznej oceny zalesień w odniesieniu do efektów gospodarczych i ekologicznych utrudnia dyskusję z innym kierunkiem zagospodarowania terenów porolnych, jakim jest produkcja biomasy energetycznej roślin jednorocznych lub wieloletnich bądź produkcja nasion roślin oleistych przeznaczonych do produkcji „biopaliwa”. Woś [1995] (cyt. za: Tomczak [2002]) podkreśla, że różnorodne funkcje lasów podlegają stałej ewolucji, czyli uzyskują swoje ceny i mogą być elementem rachunku ekonomicznego na poziomie regionu lub państwa. Uwaga ta w pierwszym rzędzie odnosi się do podstawowego produktu lasu, jakim jest drewno. Lasy są źródłem wielu produktów, związanych głównie z drewnem i różnorodnymi wyrobami z tego surowca, oraz dostarczają wielu produktów nieдрzewnych i świadczeń o charakterze usług związanych z rekreacją i turystyką. Ponadto związki człowieka z lasem obejmują wartości estetyczne, kulturowe oraz naukowe [Płotkowski 2003]. Wielu prywatnych właścicieli gruntów chciałoby je zalesić z dwóch powodów. Po pierwsze, utrzymanie indywidualnej własności ziemi jako terenu zalesionego jest ekonomicznie bardziej korzystne niż użytkowanie rolnicze, ponieważ aktualnie cena 1 ha lasu pięciokrotnie przewyższa wartość powierzchni użytkowanej rolniczo. Po drugie, wzrastająca świadomość ekologiczna społeczeństwa *in corpore* jest często jedyną przesłanką takich przedsięwzięć dla niektórych jego członków – właścicieli gruntów rolnych lub nieużytków, nawet bez korzystania z dotacji dla takich przedsięwzięć, gorzej, jeśli dzieje się to z naruszeniem uregulowań prawnych. Ogół społeczeństwa zdaje sobie jednak sprawę z faktu, że las pełni nie tylko funkcje gospodarcze, ale także funkcje rekreacyjne. Dlatego promowanie wielorakich funkcji (ekologicznych, ekonomicznych i społecznych) lasu jest równoważne i dobrze wpisuje się w wielofunkcyjny rozwój obszarów wiejskich oraz ochronę przyrody.

Podstawą sensownych działań w odniesieniu do zalesień na szczeblu gminy jest wyznaczenie granicy rolno-leśnej jako części przyjętego i realizowanego planu rozwoju przestrzennego. Wyznaczenie granicy rolno-leśnej może mieć podstawowe znaczenie dla oceny potrzeb i możliwości zalesiania gruntów na obszarach poszczególnych gmin i skoordynowania wszelkich działań związanych z akcją zalesiania [Żukowski 2002]. Problematyka związana z zalesianiem terenów rolnych jest szczegółowo omówiona w monografii Puchniarskiego [2000]. Ważne jest, aby współcześnie dokonywane zalesienia z uwzględnieniem różnorodności gatunkowej były przykładem fitocenoz drzewiastych, wysoce produktywnych i odpornych na niekorzystne czynniki środowiska. Zdaniem Zajączkowskiego [2003] ogromna wiedza, doświadczenie i wizjonerstwo twórców trzech pierwszych wydań *Zasad hodowli lasu* sprawiły, że zalecane w nich metody dotyczące trwałego zagospodarowania hodowlanego lasu w Polsce wyprzedziły o wiele lat rozwiązania precyzowane we współczesnych konwencjach i porozumieniach międzynarodowych.

Tabela 2. Harmonogram i koszty prac wykonywanych w ramach „Krajowego programu zwiększania lesistości” (według Fondera [2002])

Okres i zadania	Jednostka miary	Grunty		
		państwowe	prywatne	łącznie
1995–2000				
Sukcesja naturalna	tys. ha	20		20
Zalesienia	tys. ha	50	50	100
Zalesienia	mln zł	75,0	37,5	112,5
Prace przygotowawcze	mln zł	15,0	15,0	30,0
Ogółem	mln zł	90,0	52,5	142,5
2001–2010				
Sukcesja naturalna	tys. ha	40		40
Zalesienia	tys. ha	100	140	240
Zalesienia	mln zł	150,0	105,0	255,0
Prace przygotowawcze	mln zł	12,0	18,0	30,0
Ogółem	mln zł	162,0	123,0	285,0
2011–2020				
Sukcesja naturalna	tys. ha	40		40
Zalesienia	tys. ha	100	160	260
Zalesienia	mln zł	150,0	120,0	270,0
Prace przygotowawcze	mln zł	11,0	19,0	30,0
Ogółem	mln zł	161,0	139,0	300,0
Łącznie				
Sukcesja naturalna	tys. ha	100		100
Zalesienia	tys. ha	250	350	600
Zalesienia	mln zł	413,0	314,5	727,5

Szczególnie ważnym problemem wiążącym się z zalesianiem terenów porolnych jest produkcja dobrych jakościowo sadzonek. Według Sabora [2003] ocena jakości materiału sadzeniowego winna być kompleksowa, a więc oparta na wielu cechach, takich jak przeżywalność gatunku w różnych warunkach środowiskowych, szybkość wzrostu, termin rozpoczęcia pędzenia na wiosnę czy odporność na czynniki biotyczne i abiotyczne, o czym przede wszystkim decyduje struktura genetyczna. Tymczasem w Polsce ocenia się sadzonki głównie na podstawie ich wzrostu. Prowadzona w ten sposób selekcja w fazie juvenilnej nie gwarantuje powodzenia hodowlanego w latach następnych. W nowo podejmowanych zalesieniach gruntów porolnych ważna jest odpowiednia liczba wysadzanych sadzonek, tak aby w drzewostanie rębny w siedlisku boru mieszanego świeżego pozostało w 120-letniej rębni około 300 drzew na 1 ha [Szymański 2000]. Tereny porolne w dużej części są płaskie i cieplejsze w porównaniu z typowymi siedliskami leśnymi ze względu na wyrąb lasu w korzystnych dla upraw rolnych położeniach terenu. Do tego dochodzi możliwość użycia techniki rolniczej, pozostającej w dyspozycji rolników – właścicieli gruntu, do założenia i prowadzenia zalesień. W pierwszym rzędzie należy postulować przyjęcie szerszego niż stosowany powszechnie rozstawu rzędów sadzonych drzew, co umożliwi wykorzystanie ciągnika z kosiarką rotacyjną do koszenia trawy w międzyrzędziach 1- lub 2-krotnie w sezonie wegetacyjnym, co z kolei będzie ograniczać rozwój zachwaszczenia, zmniejszy konkurencję o światło, przestrzeń i wodę ze składnikami pokarmowymi ze strony roślinności zielnej dla młodych i niewysokich jeszcze drzew. Koszenie trawy przyspieszy obieg składników biogenych, zwiększając ich podaż dla drzew oraz zmniejszy niebezpieczeństwo pożaru,

zwłaszcza wiosną, związane z wypalaniem traw na terenach położonych w pobliżu wsi, ponieważ aktualnie nikt i nic nie jest w stanie ograniczyć tego procederu, niekorzystnego pod względem przyrodniczym i gospodarczym. Szersze międzyrzędzia umożliwią także zasilanie młodych drzew po ich przyjęciu się nawozami mineralnymi, głównie azotowymi lub wieloskładnikowymi, w celu zintensyfikowania ich wzrostu i rozwoju, tak by szybko przestały być wrażliwe na efekty spalowania przez zwierzynę. Szersze rzędy nasadzeń sosny z domieszką drzew liściastych założone na glebach lekkich, a usytuowane na osi północ-południe, umożliwią ponadto wprowadzenie zasiewów łubinu trwałego (*Lupinus polyphyllus* Ldl.), który jako roślina motylkowata asymiluje azot. Można oczekiwać, że ten pierwiastek zdynamizuje wzrost w pierwszych latach życia młodych drzew posadzonych na glebach ubogich w składniki pokarmowe, niekiedy wyjąłwionych do tego stopnia, że można mówić o ich degradacji biologicznej. Wprowadzenie w międzyrzędzia łubinu trwałego można zakwalifikować jako roślinną rekultywację gleb piaszczystych, które wypadły z użytkowania rolniczego. W czasie wzrostu drzewostanów konieczne jest prowadzenie cięć pielęgnacyjnych (trzebieże), a szerokie międzyrzędzia z pewnością umożliwią wywóz biomasy drzewiastej, która może zostać wykorzystana jako materiał energetyczny. Konkurencję ze strony traw, zwłaszcza wieloletnich i rozłogowych, można ograniczyć, stosując preparat Roundup®, w formie roztworu wodnego, w pierwszej dekadzie maja. Kolejne czyszczenia jako etapy pracy hodowlanej, mogą być prowadzone według *Zasad hodowli lasu...* [Rozwalka 2003].

Literatura

- Dembek W., Grzyb M., Kloss M., Mikułowski M.** 2002. Łąki i lasy w dolinach – nowe zagrożenia i szanse. *Post. Nauk Rol.*, 3/297, 87–118.
- Fonder W.** 2002. Organizacyjne i ekonomiczne aspekty zwiększenia lesistości w Polsce. *Post. Nauk Rol.*, 3/297, 41–50.
- Grzywacz A.** 2002. Problemy zalesień w wielofunkcyjnym rozwoju obszarów wiejskich. *Post. Nauk Rol.*, 3/297, 5–17.
- Lonkiewicz B.** 1996. Założenia Krajowego programu zwiększania lesistości. *Prace IBL*, seria B, 27, 27–46.
- Malicki L.** 2002. Rolnictwo a lesistość Polski. *Post. Nauk Rol.*, 3/297, 15–25.
- Plotkowski L.** 2003. Socjalne aspekty modelu wielofunkcyjnej gospodarki leśnej. *Sylwan Rocz.* CXLVII, 4, 10–19.
- Puchniarski T.H.** 2000. Krajowy program zwiększania lesistości. *Poradnik od A do Z. Zalesienia porolne.* PWRiL, Warszawa.
- Rozwalka Z.** 2003. Zasady hodowli lasu obowiązujące w Państwowym Gospodarstwie Leśnym. *Ośrodek Rozwojowo-wdrożeniowy Lasów Państwowych*, 159.
- Ryszkowski L., Bałazy S.** 2002. Rola zadrzewień w programie zalesiania Polski. *Post. Nauk Rol.*, 3/297, 131–145.
- Sabor J.** 2003. Wpływ stosowanych zabiegów pielęgnacyjnych i rębni na zmianę struktury genetycznej drzewostanów. *Sylwan*, R. CXLVII, 2, 39–48.
- Siuta J.** 2002. Ekologiczna zasadność zalesiania nieefektywnych gruntów ornych. *Post. Nauk Rol.*, 3/297, 75–86.
- Siuta J., Tałaj Ł.** 2001. Ekologiczne uwarunkowania optymalizacji struktury użytkowania ziemi. *Przegląd Komunalny*, 1(112), 54–57.

- Szujewski A.** 1995. Lasy i leśnictwo u progu XXI wieku. *Nauka*, 4, 11–40.
- Szymański S.** 2000. *Ekologiczne podstawy hodowli lasu*. PWRiL Warszawa, wyd. II.
- Tański A.** 2002. Możliwości podaży gruntów Zasobu Własności Rolnej Skarbu Państwa pod zalesienie. *Post. Nauk Rol.*, 3/297, 63–74.
- Tomczak F.** 2002. Wieś i rolnictwo a zalesienia gruntów porolnych i nieużytków. *Post. Nauk Rol.*, 3/297, 27–40.
- Zajac S., Kwiecień R.** 2002. Główne kierunki modyfikacji Krajowego programu zwiększania lesistości. *Post. Nauk Rol.*, 3/297, 51–61.
- Zajaczkowski J.** 2001. Naturalny las w umiarkowanym klimacie półkuli północnej. *Sylvan, Rocz.* CXLV, 5, 5–13.
- Zajaczkowski J.** 2003. Rola zasad hodowli lasu w kształtowaniu trwałej wielofunkcyjności polskich lasów i leśnictwa. *Sylvan, Rocz.* CXLVII, 4, 3–9.
- Żukowski B.** 2002. Wyznaczanie granicy rolno-leśnej. *Post. Nauk Rol.*, 3/297, 121–129.

Dobór odmian topól i wierzb do uprawy na plantacjach drzew szybko rosnących

Kazimierz Zajączkowski*

Plantacje drzew szybko rosnących

Drewno jest surowcem deficytowym, mimo że w Europie nie odczuwamy tego zbyt dotkliwie, a polscy leśnicy martwią się nawet niekiedy trudnościami w jego zbywaniu. Jednak warto sobie uprzytomnić, że w strefie tropikalnej i subtropikalnej ubywa rocznie ponad 13 mln ha lasów, przy czym w wycince dżungli uczestniczą koncerny z krajów najbogatszych, często zasobnych we własne drewno, np. z Finlandii czy USA. Obecnie około 600 mln ludzi w krajach rozwijających się nie ma wystarczającej ilości drewna na opał, by ugotować jeden posiłek dziennie. Na zorganizowanym w 2000 r. przez Europejski Instytut Leśny (EFI) seminarium dotyczącym społeczno-ekonomicznych skutków leśnictwa zbliżonego do natury i plantacyjnego przedstawiono pogląd, że w rezultacie spodziewanego wzrostu populacji ludzkiej zapotrzebowanie na drewno będzie o co najmniej 2 miliardy m³ rocznie większe niż ilość, jakiej mogą dostarczyć obecnie istniejące lasy [Tomé 2000]. Prognozuje się, że w latach 1996–2010 zapotrzebowanie na samo tylko drewno przemysłowe wzrośnie na świecie z 1490 do 1872 mln m³, czyli o 26%, w tym na produkcję papieru i kartonu aż o 39% [Whiteman i Brown 1999]. Podobne trendy obserwuje się również w Polsce. Stupińska i inni [1999] twierdzą np., że już obecnie podaż krajowego drewna dla przemysłu celulozowo-papierniczego jest niewystarczająca i przewidują, że w 2010 r. niedobór ten, w zależności od stopnia realizacji projektów inwestycyjnych, może osiągnąć od 1670 do 2060 tys. m³.

Podstawowym źródłem surowca drzewnego są lasy. Jednakże lasy pełnią równocześnie wiele innych funkcji niezwykle ważnych dla człowieka, często ważniejszych od funkcji produkcyjnych (m.in. funkcje hydrologiczne, glebochronne, rekreacyjne lub ochrony żywych elementów przyrody). Dlatego stale powstają nowe akty prawne w coraz większym stopniu ograniczające możliwości pozyskiwania drewna w istniejących lasach. Na przykład w Europie przewiduje się zwiększenie obszarów lasów objętych ścisłą ochroną z 4 mln ha w 1990 r. do 12,3 mln ha w 2050 [Nabuurs i in. 2000]. Pożądana z punktu widzenia ochrony zasobów leśnych dążność do zachowania ekosystemów o złożonej strukturze i bardzo dużej biomasy stoi w konflikcie z dążnością do maksymalizacji produkcji, gdyż największe plony, jak podaje Odum [1982], można uzyskać dzięki utrzymywaniu ekosystemów we wczesnych stadiach sukcesyjnych z tendencją do stosowania monokultur. Jedną z najważniejszych dróg do złagodzenia braku równowagi pomiędzy zapotrzebowaniem na surowiec drzewny i jego podażą, a jednocześnie zapewnienia ochrony istniejącym lasom przed nadmierną eksploatacją, jest zwiększenie produkcji drewna poza lasem, przede wszystkim na

* Zakład Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych, Instytut Badawczy Leśnictwa w Warszawie

plantacjach drzew szybko rosnących. Dlatego uczestnicy XI Światowego Kongresu Leśnictwa, który odbył się w Turcji w październiku 1997 r., wezwali: „*Kraje i organizacje międzynarodowe do uwzględnienia, że w wielu regionach świata plantacje drzew szybko rosnących mogą wspierać zrównoważony rozwój lasów poprzez realizację potrzeb egzystencjonalnych, mogą również uzupełniać oraz/lub redukować presję wywieraną na lasy naturalne, dzięki zwiększonej ilości dóbr i usług leśnych*”.

Dodatkowym środowiskowym walorem plantacji drzew szybko rosnących jest to, że dzięki użytkowaniu ich w krótszym niż w normalnych drzewostanach wieku rębności pobierają one z atmosfery w procesie asymilacji znacznie więcej CO₂ niż wydzielają do niej w procesach oddychania lub rozkładu obumarłych osobników, liści, gałęzi i innych fragmentów roślin. Plantacje zatem znacznie efektywniej niż dojrzałe drzewostany leśne retencjonują węgiel z atmosfery, przyczyniając się do osłabienia tzw. efektu szklarniowego. Rozwój plantacji drzew szybko rosnących stanowi więc ważny element strategii ochrony nie tylko ekosystemów leśnych, lecz i całego środowiska.

Plantacje drzew szybko rosnących są to intensywne uprawy klonów lub wąskich populacji drzew wyselekcjonowanych pod względem przyrostowym w obrębie niektórych gatunków charakteryzujących się wczesną kulminacją przyrostu masy, zakładane w celu wyprodukowania w cyklu krótszym niż stosowane w normalnych drzewostanach leśnych możliwie dużych ilości surowca drzewnego.

Istota różnicy między plantacjami i uprawami leży w genetycznych właściwościach stanowiących przedmiot uprawy gatunków drzewiastych. Do zakładania upraw leśnych używa się materiału sadzeniowego reprezentującego szerokie populacje, gdyż różnorodność genetyczna gatunków leśnych stanowi jeden z podstawowych warunków zachowania trwałości lasów. Na plantacjach stosuje się natomiast jednolite genetycznie odmiany o najlepszych cechach przyrostowych, licząc się jednak z tym, że za korzystne efekty produkcyjne trzeba będzie płacić zwiększonymi nakładami na pielęgnację i ochronę plantacji, ponieważ z powodu zawężonej puli genów odmiany te trudniej adaptują się do konkretnych warunków środowiska niż populacje szerokie. Aby uchronić monokultury przed zagrażającym im klęskowym wzrostem chorób i szkodników, zaleca się zakładanie plantacji wieloklonowych. Dobór siedliska, sposób przygotowania gleby, więźba oraz rodzaje i intensywność zabiegów pielęgnacyjnych i ochronnych na plantacjach drzew szybko rosnących powinny być dostosowane do wymagań uprawianych odmian i sprzyjać maksymalizacji osiągniętych przez nie efektów przyrostowych.

O doborze gatunków i odmian drzew do uprawy na plantacjach, długości cyklu produkcyjnego oraz o sposobie zakładania i prowadzenia plantacji decyduje cel produkcji, czyli rodzaj produkowanych sortymentów. Ma to szczególnie duże znaczenie przy wyborze więźby plantacji, ponieważ z jednostki powierzchni przy więźbie gęstszej uzyskuje się dużą produkcję masy drzewnej w formie sortymentów drobnowymiarowych, zaś przy luźnej – masę mniejszą, ale drzewa mają większe wymiary. Rodzaj sortymentów produkowanych na plantacji, zwłaszcza ich pożądane wymiary, w podobnie silnym stopniu jak na więźbę wpływają na długość cyklu produkcyjnego.

W zależności od długości cyklu produkcyjnego rozróżnia się następujące rodzaje plantacji według zmodyfikowanej klasyfikacji Muhsa [1986]:

- I. Plantacje drzew szybko rosnących o długim (pełnym) cyklu:
 - długość cyklu: 25–60 lat,
 - zagęszczenie w wieku rębności: 100–400 drzew na ha,

- podstawowy cel produkcji: sortymenty grube, przede wszystkim drewno tarczowe i łuszczarskie,
 - docelowa pierśnica: 30–50 cm;
- II. Plantacje drzew szybko rosnących o średnim cyklu:
- długość cyklu: 10–20 (25) lat,
 - zagęszczenie w wieku rębności: 600–2000 drzew na ha,
 - podstawowy cel produkcji: masa drzewna dla potrzeb przemysłu papierniczego i płytowego,
 - docelowa pierśnica: 15–25 (30) cm;
- III. Plantacje odroślowe o krótkim cyklu:
- długość cyklu: 2–5 (10) lat,
 - zagęszczenie: 2500–20 000 roślin przeznaczonych do produkcji odrośli na 1 ha,
 - z każdej rośliny pozyskuje się po kilka odrośli,
 - podstawowy cel produkcji: surowiec energetyczny lub dla potrzeb przemysłu płytowego,
 - przeciętny roczny przyrost suchej masy: 8–12 ton na ha.

W Polsce na plantacjach o pełnym cyklu uprawia się przede wszystkim topole. Zakładane są także, z dobrymi efektami, plantacje o pełnym cyklu z leśnymi gatunkami drzew szybko rosnących: modrzewiem, brzozą i jedlicą. W odpowiednich warunkach siedliskowych gatunki te w wieku 20–25 lat osiągają przeciętny roczny przyrost miąższości w granicach $8\text{--}16\text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. W najbliższych latach w naszym kraju, na wzór innych krajów europejskich, powinny pojawić się plantacje czereśni ptasiej (trześni). Planuje się również przeprowadzenie prób z plantacyjną uprawą wyselekcjonowanych klonów robinii akacjowej. Jak dotychczas, na gospodarczych plantacjach leśnych gatunków szybko rosnących stosuje się wyłącznie potomstwo generatywne z wyłączonych drzewostanów nasiennych lub drzew doborowych.

Plantacje o średnim cyklu nie są w Polsce rozpowszechnione, gdyż zapotrzebowanie na surowiec drzewny dla przemysłu celulozowo-papierniczego jest na ogół pokrywane drewnem pozyskiwanym w ramach cięć pielęgnacyjnych w lasach. Coraz powszechniejsze zainteresowanie budzą natomiast plantacje odroślowe o krótkim cyklu. W naszej szerokości geograficznej do uprawy na takich plantacjach nadają się przede wszystkim specjalnie wyselekcjonowane klony wierzb i topól.

Dobór klonów wierzb i topól do uprawy na plantacjach o pełnym i skróconym cyklu stanowi od dawna przedmiot badań prowadzonych przez pracowników Zakładu Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych Instytutu Badawczego Leśnictwa w Warszawie. Niektóre najciekawsze wyniki tych badań przedstawiono w dalszej części opracowania.

Dobór odmian topól do uprawy na plantacjach o pełnym cyklu produkcyjnym

Pierwsze plantacje topolowe powstały w Polsce już w latach trzydziestych XX w., jednak plantacyjną uprawę topoli na szerszą skalę zaczęto prowadzić dopiero po wojnie, począwszy od 1948 r. [Zabielski 1973]. Według Zabielskiego [1973] w 1971 r. było już w Polsce 13 577 ha plantacji topolowych. Z powodu braku dostatecznej wiedzy o uprawie topoli oraz biernego oporu leśników przeciw wprowadzaniu jej na siedliska leśne próby zakładania plantacji gospodarczych zakończyły się jednak całkowitym niepowodzeniem.

Na skutek stosowania niewłaściwych odmian, wprowadzania topoli na zbyt ubogie siedliska, zakładania plantacji w zbyt gęstych wieźbach, przy równoczesnym zaniedbywaniu cięć pielęgnacyjnych, błędów w uprawie gleby oraz w pielęgnowaniu i ochronie drzew na większości plantacji nie osiągnięto oczekiwanych efektów przyrostowych. Z powyższych względów, a także z powodu trudności w zbyciu drewna topolowego, w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku nastąpiło wśród administracji leśnej zniechęcenie do plantacyjnej uprawy topoli i zaniechano zakładania nowych plantacji. W 1998 r. obejmowały one ok. 7300 ha [Piwnicki i Osza 1999].

W przeciwieństwie do Polski, w wielu krajach europejskich mimo różnych perturbacji, od początku zresztą towarzyszących uprawie topoli, plantacje topolowe nadal stanowią istotne źródło surowca drzewnego, zwłaszcza dla przemysłu celulozowo-papierniczego (papier gazetowy). Przykładowo, areal plantacji topolowych w 1995 r. wynosił (International Poplar Commission 1996):

we Francji – 245 000 ha,	we Włoszech – 71 000 ha,
na Węgrzech – 162 000 ha,	w Belgii – 45 000 ha,
w Niemczech – 103 000 ha,	w Holandii – 31 000 ha.

W większości krajów popierana jest uprawa topoli na gruntach wycofywanych z uprawy rolnej. Na przykład na Węgrzech, gdzie przewiduje się zalesienie 150 000 ha gruntów użytkowanych dotychczas rolniczo, 32 000 ha planuje się przeznaczyć pod plantacje topolowe. Z globalnych prognoz wynika, że w najbliższych dekadach duże znaczenie topoli jako źródła surowca drzewnego będzie się nadal utrzymywać, a nawet wzrastać [Zsuffa i in. 1996]. Istnieje wiele przesłanek pozwalających sądzić, że prognozy te sprawdzą się również w odniesieniu do Polski.

W latach siedemdziesiątych XX w. przyjęte zostało założenie, że na plantacjach topolowych powinno się uzyskiwać przyrost grubizny wynoszący co najmniej $14 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ rocznie. Stawecka [1988] zauważa, że spełnienie tego postulatu jest realne, jeśli plantacje będzie się zakładać:

- na glebach odpowiednich dla topoli,
- w wieźbie 5×5 m lub rzadszej, umożliwiającej uzyskanie grubych sortymentów i nie wymagającej cięć rozluźniających przed piętnastym rokiem życia drzew,
- z użyciem wysoko produkcyjnych odmian z uprawą gleby w pierwszych latach.

Jednym z podstawowych warunków powodzenia plantacyjnej uprawy topoli jest dysponowanie odmianami o sprawdzonych w przyrodniczych warunkach naszego kraju walorach przyrostowych. Systematyczne badania, których celem było określenie przydatności poszczególnych odmian do uprawy rozpoczęto w Instytucie Badawczym Leśnictwa w 1956 r. Zainicjował je inż. J. Milewski, a kontynuowali doc. dr hab. S. Hejmanowski, doc. dr inż. W. Chmielewski oraz dr inż. W. Stawecka. W wyniku ich działalności powstało 68 topolowych plantacji odmianowych, z których wiele istnieje do chwili obecnej. Na podstawie materiałów pomiarowo-obszernych z tych plantacji opracowano dotychczas dwanaście sprawozdań naukowych, których wyniki były wykorzystywane przy opracowywaniu doborów odmian topoli zalecanych do uprawy w Polsce. W jednym z tych sprawozdań przedstawiono najważniejsze rezultaty ostatnich badań odmianowych, przeprowadzonych

w latach 1991–1996 na 25 doświadczalnych plantacjach topolowych IBL w II klasie wieku [Zajączkowski i in. 1996]. Celem tych badań było uzyskanie danych do kolejnej aktualizacji krajowego doboru odmian topoli, zebranych na plantacjach kończących pełny cykl produkcyjny.

Plantacje doświadczalne założono w latach 1959–1972 na glebach dobrej jakości, zakwalifikowanych do gleb nadających się do uprawy topoli. Ich lokalizację przedstawiono w tabeli 1 oraz na rycinie 1. Rozmieszczone są we wszystkich, z wyjątkiem Sudeckiej (VII), krainach przyrodniczo-leśnych.

Powierzchnie doświadczalne założono w układzie bloków losowych. Na każdą z nich wprowadzono od 12 do 75 odmian topoli. Liczba bloków (powtórzeń) wynosiła od 3 do 20, najczęściej 4. W każdym bloku wysadzono od 4 do 25 drzew jednej odmiany, najczęściej 8. W sumie na 25 plantacjach objętych badaniami wprowadzono 149 odmian.

Większość plantacji (17) założono w więźbie 6×5 m, 4 – w więźbie 5×5 m, 2 – w więźbie 6×6 m oraz po jednej – w więźbie 5×7 i 5×8 m.

Drzewka sadzono z reguły wiosną w doły przygotowane ręcznie lub mechanicznie, o 20 cm głębiej niż rosły w szkółce. Glebę przygotowywano w roku poprzedzającym sadzenie głęboką orką, z pozostawieniem na zimę w ostrej skibie. W międzyrzędach utrzymywano glebę w czarnym ugorze przez pięć lat, a chwasty wokół drzew niszczone ręcznie. W szóstym roku, po wiosennym spulchnieniu gleby w międzyrzędach, wysiewano łubin trwały.

Na większości plantacji (20) do czasu pomiarów nie przeprowadzano cięć pielęgnacyjnych. Na pozostałych usunięto ok. 50% drzew po 15–26 latach ich wzrostu na plantacji. Drzewa martwe i zamierające usuwano w ramach cięć sanitarnych.

W latach 1991–1996 na plantacjach pomierzono pierśnice wszystkich drzew z dokładnością do 1 mm, a na niektórych również wysokość drzew stojących z dokładnością do 0,5 m.

W okresie poprzedzającym rok pomiaru pierśnic lub równocześnie z pomiarem przeprowadzono także obserwacje dotyczące takich cech, jak: prostota pnia, szerokość korony, charakter ugałęzienia, występowanie „wilków” itp. Dotyczyły one również stanu zdrowotnego poszczególnych odmian.

W celu ustalenia miąższości u najlepiej przyrastających odmian, określonych na podstawie pomiaru pierśnic, wyznaczono drzewa modelowe, po jednym dla każdego powtórzenia, w przypadku natomiast odmian słabiej przyrastających – po jednym dla odmiany. Wyznaczone drzewa ścięto i pomierzono sekcyjnie, stosując sekcje o długości 2 m. Na kilku plantacjach, na których termin pomiaru zbiegł się z terminem wykonywania trzebieży, pomierzono sekcyjnie znacznie więcej niż podano wyżej drzew z każdej odmiany. W ciągu całego okresu badań na 25 plantacjach pomierzono 1766 drzew modelowych.

Ocenę gospodarczej przydatności badanych odmian topoli przeprowadzono na podstawie trzech zasadniczych kryteriów:

- 1) wielkości rocznego przyrostu grubizny w korze na 1 ha,
- 2) zdrowotności drzew,
- 3) technicznej jakości pni.

Tabela 1. Doświadczalne odmianowe plantacje topolowe

Numer plantacji	Lokalizacja plantacji doświadczalnych				Rok założenia	Rok pomiaru	Wiek plantacji w czasie pomiaru
	nadleśnictwo, leśnictwo, oddział	RDLP	kraina przyrodniczo-leśna				
1	Nadl. Gryfino, Leśn. Sosnowo, oddz. 361f i 383a	Szczecin	I.2.b		js 1968	js 1994	26
2	Nadl. Starogard, Leśn. Bukowiec, oddz. 15d	Gdańsk	I.5.d		w 1967	js 1994	28
3	Nadl. Starogard, Leśn. Bielawki, oddz. 73 k	Gdańsk	I.5.d		w 1968	w 1996	28
4	Nadl. Kwidzyn, Leśn. Benowo, oddz. 290 b	Gdańsk	I.6		w 1967	js 1994	28
5	Nadl. Ornetą, Leśn. Giedyle, oddz. 114g, 115c, 116d	Olsztyn	I.7.b		w 1972	w 1996	24
6	Nadl. Rajgród, Leśn. Żebry, oddz. 259e	Białystok	II.3		w 1968	js 1995	28
7	Nadl. Lipka, Leśn. Babusz, oddz. 2a	Piła	III.2.b		w 1968	js 1994	27
8	Nadl. Kutno, Leśn. Raciborów, oddz. 59b	Łódź	IV.3.a		w 1969	w 1991	22
9	Nadl. Radzyń Podl., Leśn. Turów, oddz. 190c	Lublin	IV.6.a		js 1970	js 1995	25
10	Nadl. Chełm, Leśn. Ostrowy, oddz. 143c	Lublin	IV.7.a		w 1968	js 1990	23
11	Nadl. Strzelce, Leśn. Jastrowiec, oddz. 104b	Lublin	IV.7.a		w 1960	js 1990	31
12	Nadl. Strzelce, Leśn. Jastrowiec, oddz. 106d	Lublin	IV.7.a		w 1966	js 1990	25
13	Nadl. Strzelce, Leśn. Hrubieszów, oddz. 218f	Lublin	IV.7.b		w 1967	js 1994	28
14	Nadl. Tomaszów, Leśn. Grodstawice, oddz. 151c	Lublin	IV.7.b		w 1968	js 1994	27
15	Nadl. Brzeg, Leśn. Prędocin, oddz. 258a	Katowice	V.2.f		w 1959	js 1992	34
16	Nadl. Brzeg, Leśn. Prędocin, oddz. 258g	Katowice	V.2.f		w 1960	w 1996	36
17	Nadl. Jedrzejów, Leśn. Motkowiec, oddz. 280h	Radom	VI.9.a		w 1968	js 1995	28
18	Nadl. Miechów, Leśn. Przysieka, oddz. 119c	Kraków	VI.9.b		w 1969	js 1995	27
19	Nadl. Miechów, Leśn. Goszcza, oddz. 66b	Kraków	VI.9.b		w 1968	js 1995	28
20	Nadl. Pinczów, Leśn. Włochy, oddz. 29c	Radom	VI.9.c		w 1968	js 1992	25
21	Nadl. Chmielnik, Leśn. Stopnica, oddz. 132a	Radom	VI.9.c		w 1968	js 1992	25
22	Nadl. Radymno, Leśn. Stubno, oddz. 289f	Krosno	VI.11.c		w 1967	w 1994	27
23	Nadl. Kańczuga, Leśn. Wola Rozwienicka, oddz. 12g	Krosno	VI.11.d		w 1967	w 1994	27
24	Nadl. Kraszczyn, Leśn. Średnia, oddz. 124a	Krosno	VIII.2.b		w 1965	w 1994	29
25	Nadl. Dukła, Leśn. Foliusz, oddz. 87d	Krosno	VIII.7.b		w 1967	js 1993	27

w – wiosna, js – jesień



Ryc. 1. Rozmieszczenie odmianowych plantacji topolowych w Polsce; I–VII – krainy przyrodniczo-leśne, ● plantacje

Wyniki obserwacji zdrowotności przedstawiono w następującej 4-stopniowej skali:

0 – wszystkie drzewa obumarły lub obumierają,

1 – objawy chorobowe występują w natężeniu podważającym celowość dalszego utrzymywania drzew na plantacji,

2 – objawy chorobowe są wyraźne, lecz występują w natężeniu nie zagrażającym dalszemu wzrostowi drzew,

3 – drzewa zdrowe.

Do oceny technicznej jakości pni drzew zastosowano skalę 3-stopniową (3 – najlepsze).

Na 3 plantacjach spośród 25 badanych żadna odmiana nie uzyskała rocznego przyrostu $>14 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Należy przypuszczać, że zostało to spowodowane niesprzyjającymi uprawie topoli warunkami glebowymi. Wyjątkowo słaby przyrost miały topole na plantacji w Nadleśnictwie Chełm, założonej na płytkich rędzinach węglanowych wytworzonych z margli kredowych, na większości powierzchni czarnoziemnych, na pozostałej zaś części w początkowym stadium rozwojowym. Roczny przyrost najlepiej przyrastającej na tej plantacji odmiany 'Robusta' wyniósł zaledwie $4,8 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Na pozostałych 22 plantacjach co

najmniej jedna odmiana uzyskiwała roczny przyrost grubizny $>14 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Plantacje te założone były na bardzo różnych glebach. Były to: mady rzeczne od bardzo lekkich do ciężkich położone na terenach zalewowych lub nadzalewowych, gleby brunatne wytworzone z pyłów, lessów oraz lessu i fliszu karpackiego, gleby brunatne wytworzone z glin lub piasku gliniastego oraz gleby brunatne i płowe wytworzone z piasków słabogliniastych i gliniastych na glinie lub ile.

Roczny przyrost grubizny $> 14 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ przynajmniej na jednej plantacji osiągnęło 57 odmian, ale aż 26 spośród nich miało bardzo niski stopień zdrowotności (średni stopień zdrowotności w przypadku wszystkich plantacji, na których występowała dana odmiana był mniejszy lub równy 1,5).

Wśród odmian o najgorszej zdrowotności znalazły się 3 odmiany z dotychczasowego krajowego doboru: 'Grandis', 'Robusta Gostynin' i 'I-214'.

Odmiany 'Grandis' i 'Robusta Gostynin', podobnie jak większość innych topól euroamerykańskich, zostały w wieku 12–15 lat silnie porażone przez grzyba *Dothichiza populea*, sprawcę pomoru topolowego – choroby, która powoduje zahamowanie przyrostu i zamieranie drzew. Na większości plantacji na działkach z tymi odmianami nastąpiło bardzo silne wydzielanie się drzew. Kultury te zaliczane są do najbardziej wrażliwych na pomór topolowy również na Słowacji [Kohan 1993]. 'Robusta' i 'Grandis' znajdują się jednak nadal w doborach niektórych krajów Unii Europejskiej [Pinon i Valadon 1996], ale tam uprawia się je w więźbach znacznie luźniejszych niż w Polsce: 7×7 lub 8×8 m.

Drzewa odmiany 'I-214' w ciągu pierwszych piętnastu lat wzrostu na plantacjach doświadczalnych osiągnęły bardzo duże rozmiary i były wyjątkowo zdrowe. Później na wielu plantacjach zaczęły obumierać, przy czym proces ten rozpoczynał się zazwyczaj od pojawienia się nekrozy kory i postępującej w ślad za nią zgnilizny drewna w odziomkowej części pni, najczęściej od strony południowej. Prawdopodobnie obniżenie się stanu zdrowotnego topoli 'I-214' wiąże się z obserwowanym w całej Europie zjawiskiem zamierania topól. Za jego pierwotną przyczynę Anselmi i inni [1996] uważają stres spowodowany deficytem wodnym, związany z długimi, powtarzającymi się okresami suszy. Duża częstość występowania zjawiska obumierania topoli 'I-214' na plantacjach doświadczalnych (na 7 spośród 19 plantacji) skłania do cofnięcia tej odmianie dotychczasowej rekomendacji do uprawy plantacyjnej. Podobnie zachowuje się inna topola z dotychczasowego doboru: 'I-154', chociaż drzewa tej odmiany wydają się na razie zdrowsze.

Zjawisko obumierania topól najbardziej jednak dotknęło jedną z najcenniejszych odmian z dotychczasowego doboru – *Populus trichocarpa* 'Brühl' (odmiana 'Brühl' jest odmianą wieloklonową – w Polsce uprawiany był wyłącznie klon 'Brühl 1'). Proces obumierania rozpoczyna się u niej w wierzchołkowej części korony i rozwija się tak szybko, że w ciągu następnych kilku lat drzewo usycha, a drewno nadaje się tylko na opał.

Na plantacjach doświadczalnych również u innej odmiany z doboru – 'Gelrica' pojawiła się w ostatnich latach nowa choroba. Jest to nie opisana dotychczas z terenu Polski bakteryjna zgnilizna odziomków. W byłej Czechosłowacji, jak podają Mottl i Varga [1984], wystąpienie tej choroby stało się już wcześniej przyczyną wyeliminowania z doboru odmiany 'Gelrica'. Zdaniem cytowanych autorów omawiana choroba występuje jedynie w przypadku drzewostanowego sposobu uprawy topoli.

Według Staweckiej [1988] celem produkcji na plantacjach topolowych w Polsce powinno być drewno tartaczne lub sklejkowe, co wymaga wyhodowania drzew o przeciętnej pierśnicy 45–50 cm. Przeciętną pierśnicę powyżej 45 cm osiągnęło co najmniej na 1 plantacji

17 spośród 31 najzdrowszych odmian, natomiast powyżej 50 cm – 9. Największą przeciętną pierśnicę osiągnęły odmiany: 'Blanc du Poitou' (78,9 cm) na 36-letniej plantacji, a następnie 'Hybrida 275' (63,8 cm) na 34-letniej plantacji w Nadleśnictwie Brzeg. 'Blanc du Poitou' i 'Hybrida 275' wraz z 'Gelrica' i 'Brabantica' okazały się również najwyższe – na niektórych plantacjach miały wysokość powyżej 32 m. Największą średnią wysokość osiągnęła odmiana 'Blanc du Poitou' w Nadleśnictwie Brzeg – 35,4 m.

Drzewa 30 odmian osiągnęły na co najmniej jednej plantacji w II klasie wieku przeciętną miąższość grubizny $> 1 \text{ m}^3$, a 14 spośród nich miało na niektórych plantacjach przeciętną miąższość $> 2 \text{ m}^3$. Największą średnią miąższość pojedynczego drzewa stwierdzono u topól rosnących na plantacjach założonych na madach nadodrzańskich w Nadleśnictwie Brzeg. Aż u 8 odmian z tych plantacji miąższość przekraczała 3 m^3 , a największą odnotowano u 'Blanc du Poitou' (36 lat) – $6,44 \text{ m}^3$.

Ostatni dobór wprowadzony oficjalnie do stosowania w praktyce powstał w 1986 r. [Wytyczne... 1986]. Do stosowania na plantacjach wytyczne rekomendowały 4 odmiany topól euroamerykańskich: 'Gelrica', 'I-154', 'I-214' i 'Robusta Gostynin' oraz 4 odmiany topól balsamicznych: 'Androscoggin', 'Brühl', 'Fritzi Pauley' i 'Hybrida 275'. Do stosowania w zadrzewieniach zalecały 4 odmiany topól euroamerykańskich: 'Gelrica', 'Grandis', 'Löns' i 'Robusta Gostynin' oraz 5 odmian topól balsamicznych: w tym 4 takie same jak w przypadku plantacji, oraz odmianę 'Berolinensis'. Po opracowaniu powyższego doboru zaprzestano w Polsce testowania nowych odmian. Doprowadziło to do powstania dużej luki w wiedzy o przydatności w przyrodniczo-gospodarczych warunkach naszego kraju wielu nowych odmian stosowanych obecnie w gospodarce plantacyjnej krajów europejskich. O skali naszego zapóźnienia w selekcji topoli świadczyć może to, że spośród 130 klonów uwzględnionych w doborach państw Unii Europejskiej [Pinon i Valadon 1996] tylko około 30 znajduje się na plantacjach objętych relacjonowanymi tu badaniami.

Z przeprowadzonych badań wynika, że w chwili obecnej spośród 8 odmian z dotychczasowego doboru topól do plantacyjnej uprawy co najmniej 5: 'Brühl', 'Gelrica', 'I-154', 'I-214' i 'Robusta Gostynin' z powodu pogorszenia stanu zdrowotnego nie może być nadal zalecane do stosowania na plantacjach gospodarczych. Uzyskane rezultaty dają jednak równocześnie podstawę do zaproponowania nowego doboru.

Przy opracowywaniu nowego doboru brano pod uwagę klony, które na plantacjach doświadczalnych osiągnęły najlepsze wskaźniki przyrostowe oraz najlepszą zdrowotność i jakość. Pominięto jednak odmiany występujące na zbyt małej, by określić ich wartość, liczbie plantacji. Powyższe kryteria spełniły następujące klony:

A. Topole euroamerykańskie:

- 1) *P. × euramericana* 'Blanc du Poitou' ♂,
- 2) *P. × euramericana* 'Flachslanden' ♀;

B. Topole balsamiczne:

- 3) *P. maximowiczii* × *trichocarpa* 'Androscoggin' ♂,
- 4) *P. trichocarpa* 'Fritzi Pauley' ♀,
- 5) *P. maximowiczii* × *berolinensis* 'Geneva' ♀,
- 6) *P. maximowiczii* × *trichocarpa* 'Hybrida 275' ♂,
- 7) *P. maximowiczii* × *berolinensis* 'Oxford' ♀;

C. Topole szare:

- 8) *P. tremula* × *P. alba* 'IBL-55' ♀.

Wyniki pomiarów i obserwacji przeprowadzonych na plantacjach doświadczalnych, odnoszące się do odmian topoli proponowanych do nowego doboru, przedstawiono w tabeli 2, zaś dane dotyczące produktywności teoretycznej oraz stwierdzonych na plantacjach doświadczalnych zdrowotności i jakości pni zaproponowanych do nowego doboru odmian – w tabeli 3. Nazwę produktywności teoretycznej nadał Chmielewski [1984] wskaźnikowi określającemu przeciętny roczny przyrost miąższości grubizny w korze na 1 ha, przy założeniu 100-procentowej udatności.

W proponowanym doborze znajdują się dwa mieszańce euroamerykańskie: 'Blanc du Poitou' i 'Flachslanden'.

Odmiana 'Blanc du Poitou' (syn. 'Serotina du Poitou') badana była jedynie na czterech powierzchniach. Na większości z nich wyróżniała się wysokimi wskaźnikami produktywności, bardzo dobrą zdrowotnością i stosunkowo dobrą, mimo krzywizn, jakością pni. Uznawana jest za bardzo odporną na pomór topolowy [Pinon i Valadon 1996]. Biorąc również pod uwagę, że odmiana ta znajduje się w doborach krajów bliskich nam położeniem geograficznym: Czechach, Słowacji, Niemczech i na Węgrzech, można uznać że wprowadzenie jej do uprawy w Polsce nie wiąże się ze zbyt dużym ryzykiem. Drzewa odmiany 'Blanc du Poitou' charakteryzują się grubym pniem z jedno- lub wielostronną krzywizną, który jednak dzięki jego rozmiarom nadaje się na drewno łuszczarskie. Przy uprawie tej topoli na właściwych siedliskach istnieje możliwość uzyskania przeciętnego rocznego przyrostu $> 25 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$.

Możliwości przyrostowe 'Flachslanden' są dużo mniejsze niż odmiany poprzedniej, ale i tak przy więźbie $5 \times 5 \text{ m}$ przekraczają $14 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Drzewa odmiany 'Flachslanden' charakteryzują się prostym lub z lekką krzywizną wielostronną, okrągłym pniem. Kora jest stosunkowo gruba i spękana, ciemna. Korony są wąskie, gałęzie cienkie, zebrane w wyraźne okółki, po 5, 6 w okółku, osadzone na pniu pod kątem $45\text{--}60^\circ$. Jest to odmiana odporna na raka bakteryjnego, a Pinon i Valadon [1996] uznali ją za umiarkowanie podatną na pomór topolowy. Na plantacjach doświadczalnych niemal zawsze należała do najzdrowszych spośród mieszańców euroamerykańskich.

Spośród pięciu proponowanych do nowego doboru mieszańców topól balsamicznych trzy znajdowały się w doborze dotychczasowym. Są to: najlepsza z topól uprawianych w Polsce 'Hybrida 275' oraz 'Adroscoggin' i 'Fritzi Pauley'.

'Hybrida 275' ma okrągłe pnie z lekką wielostronną krzywizną. Kora gładka, jasna. Korony szerokie z rzadkim ugałęzieniem. Gałęzie grube, osadzone na pniach najczęściej pod kątem 60° . Drzewa zdrowe (średni stopień zdrowotności – 2,88). Wielkość rocznego przyrostu miąższości grubizny drewna u 'Hybrida 275' może przekraczać $25 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$.

'Adroscoggin' wyróżnia się prostym i pełnym pniem (średni stopień zdrowotności – 2,45, a jakości pni – 3,00). Kora jasna i gładka z charakterystycznymi „brevkami”. Korony szerokie, składające się z mało zróżnicowanych pod względem grubości, ale grubych gałęzi. Końce gałęzi często odchylają się ku dołowi. U nasady martwych gałęzi niekiedy występują „wilki”. Przeciętny roczny przyrost grubizny na 1 ha najczęściej wynosi powyżej 15 m^3 .

'Fritzi Pauley' to odmiana dotychczas stosunkowo zdrowa, chociaż w ostatnich latach zaczęła wykazywać objawy zamierania wierzchołków, podobne do obserwowanych u odmiany 'Brühl'. Są to drzewa o prostych, okrągłych i pełnych pniach. Często występują „dwójki” na skutek odłamywania się stosunkowo kruchych wierzchołków. Kora jasna, pokryta „brevkami”. Korony średnie lub szerokie. Na podkrzesanej, odziomkowej części pni obficie występują „wilki”. Jest to topola wysoko produkcyjna. Jej teoretyczna produktywność w więźbie $5 \times 6 \text{ m}$ przekracza $20 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ rocznie.

Tabela 2. Odmiany topoli proponowane do doboru. Przegląd wyników pomiarów i obserwacji na odmianowych plantacjach doświadczalnych IBL

Odmiana topoli	Liczba plantacji, na których występuje odmiana	Wiek (lata)	Przeciętna piersńnica [cm]	Średnia wysokość [m]	Przeciętna miąższość grubizny pojedynczego drzewa [m ³]	Przebieg przyrostu przy założeniu pełnej udatności [m ³ · ha ⁻¹]	Średni stopień zdrowotności	Średni stopień technicznej jakości pni
'Androscoggin'	10	22-31	33,9-47,7	25,8-30,1	0,92-2,50	12,2-22,3	2,45	3,00
'Blanc do Poitou'	4	22-36	33,8-78,9	27,0-35,4	0,93-6,44	11,5-49,6	2,50	2,00
'Flachslanden'	11	26-29	31,8-45,7	22,2-30,5	0,81-1,90	10,9-23,1	2,07	2,27
'Fritzi Pauley'	16	22-28	33,2-51,5	26,8-32,8	1,09-2,61	16,4-31,1	2,00	2,38
'Geneva'	14	24-34	27,7-48,3	21,4-28,6	0,53-2,12	8,4-26,2	2,21	2,10
'Hybrida 275'	22	22-34	33,1-63,8	24,0-32,6	0,96-4,79	15,3-47,0	2,88	2,90
'IBL-55'	3	25-28	30,9-35,8	27,2-27,4	0,87-1,24	13,8-17,7	3,00	3,00
'Oxford'	16	24-34	28,8-51,6	20,6-30,9	0,74-2,65	9,0-25,9	2,42	2,42

Tabela 3. Teoretyczna produktywność proponowanych do doboru odmian topoli po 25 latach wzrostu na plantacji

Odmiana	Przeciętny roczny przyrost grubizny pojedynczego drzewa [m ³]	Przeciętna miąższość grubizny pojedynczego drzewa w wieku 25 lat [m ³]	Przeciętny roczny przyrost grubizny [m ³ · ha ⁻¹] przy więźbie		Średni stopień zdrowotności	Średni stopień jakości	
			5 × 5 m	6 × 5 m			6 × 6 m
A. Topole euroamerykańskie							
'Blanc de Poitou'	0,0838	2,09	-	27,9	23,3	2,50	2,00
'Flachslanden'	0,0424	1,06	-	14,2	11,8	2,07	2,27
B. Topole balsamiczne							
'Androscoggin'	0,0546	1,37	-	18,2	15,2	2,45	3,00
'Fritzi Pauley'	0,0656	1,64	-	21,8	18,2	2,00	2,38
'Geneva'	0,0483	1,21	-	16,1	13,4	2,21	2,10
'Hybrida 275'	0,0801	2,00	-	26,7	22,3	2,88	2,90
'Oxford'	0,0421	1,05	-	14,0	11,7	2,42	2,42
C. Topole szare							
'IBL-55'	0,0385	0,96	15,4	-	-	3,00	3,00

Nowymi proponowanymi do uprawy klonami mieszańców topól balsamicznych są od dawna znane w Polsce 'Geneva' i 'Oxford'. Znajdowały się one w latach 1964–1976 w II grupie krajowego doboru. Są także w doborach niektórych krajów Unii Europejskiej [Pinon i Valadon 1996].

'Geneva' charakteryzuje się większym przyrostem miąższości niż 'Oxford'. Przy uprawie w więźbie 5×6 m teoretyczny przeciętny roczny przyrost grubizny tego klonu wynosi ok. $16 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, 'Oxfordu' – $14 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Drzewa topoli 'Geneva' mają pnie pełne z lekką krzywizną wielostronną, największą w części odziomkowej. W odziomkach występują silne nabiegi korzeniowe, na skutek czego pień ma nieregularny przekrój. Gałęzie w rzadkich okółkach, na ogół średniej grubości, ale niekiedy przekształcone w konary, powodujące skrzywienie pnia w pobliżu miejsca ich wyrastania.

Drzewa topoli 'Oxford' są bardzo podobne do doboru do drzew odmiany poprzedniej, lecz bardziej proste, niekiedy tylko z pniami łukowato wygiętymi w odziomku. Stawecka [1980] zalicza 'Oxford' do odmian o najcieńszej korze. Mimo słabszych przyrostów jest bardziej zdrowa niż 'Geneva' (średni stopień zdrowotności 2,42, podczas gdy u odmiany 'Geneva' – 2,21) i wytwarza pnie lepszej jakości (średni stopień jakości 2,42 u odmiany 'Oxford' i 2,10 u odmiany 'Geneva').

Ostatnią nową odmianą proponowaną do uprawy plantacyjnej jest topola szara: 'IBL-55'. Jest to wyselekcjonowana w IBL przez prof. L. Jansona krzyżówka *P. tremula* z Białowieży i *P. alba* z Sadłowic [Janson 1990]. W czasie omawianych badań znajdowała się ona jedynie na trzech plantacjach, ale sprawdzano ją również na kilku innych powierzchniach IBL, na których oceniane są wyselekcjonowane przez Jansona mieszańce topól z sekcji *Populus*. 'IBL 55' nie wykazuje poważniejszych objawów chorobowych oraz charakteryzuje się idealnym pokrojem. Ma, w przeciwieństwie do innych topól z doboru, wysoko cenione drewno beztwardzielowe. Przy uprawie w gęstej więźbie (Janson dla topól z sekcji *Populus* zaleca więźby od 3×3 do 4×4 m) może dać znacznie większe efekty produkcyjne niż uzyskane w przedstawionym doświadczeniu w więźbie 5×5 m ($15 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$). Jediną stwierdzoną wadą tej odmiany jest wytwarzanie odrośli korzeniowych, gęsto porastających dno plantacji.

Dotychczasowy krajowy dobór topól obejmował również odmiany zalecane do zadrzewień. Na podstawie omówionych wyżej badań w doborze topól euroamerykańskich do zadrzewień proponuje się zastąpić mniej wartościową odmianę 'Grandis' przez 'Blanc du Poitou', a z doboru topól balsamicznych skreślić 'Brühl' ze względu na zły stan zdrowotny oraz 'Fritzi Pauley' – w celu wyeliminowania z doboru ostatniej znajdującej się w nim topoli żeńskiej. Odmiany żeńskie nie powinny być stosowane w zadrzewieniach, gdyż zanieczyszczają środowisko puchem nasiennym uciążliwym dla ludzi i zwierząt.

Po wprowadzeniu proponowanych korekt nowy dobór topól do zadrzewień powinien przedstawiać się następująco:

- topole euroamerykańskie: 'Blanc du Poitou', 'Löns', 'Gelrica' i 'Robusta',
- topole balsamiczne: 'Androscoggin', 'Berolinensis' i 'Hybrida 275'.

W Zakładzie Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych prowadzone były również badania nad selekcją topól z sekcji *Populus* (osiki i topole szare). Badania nad krzyżowaniem różnych gatunków osiki i topoli białej rozpoczęto w 1953 r. Obecnie Zakład dysponuje sześcioma doświadczalnymi plantacjami odmianowymi z tymi topolami, założonymi w latach 1968–1984. Z pomiarów i obserwacji przeprowadzonych na 30-letnich plantacjach wynika, że co najmniej trzy krzyżówki osiągają lepsze parametry przyrostowe i jakościowe od

wspomnianego wyżej klonu 'IBL 55/8'. Są to dwie krzyżówki *P. tremula* × *P. alba* i jedna *P. tremula* × *P. tremuloides*. Najlepszy klon – 'IBL 91/78' (*P. tremula* Anin × *P. alba* Grodzisk Maz.) osiągnął na czterech plantacjach (więźba 4 × 4 m) przeżywalność ok. 90%, średnią pierśnicę ponad 27 cm, wysokość 25 m oraz przeciętny roczny przyrost 23,5 m³ · ha⁻¹ · rok⁻¹ [Załęski i in. 2002]. Nie ulega wątpliwości, że mieszańce Jansona bardziej zasługują na uprawę w Polsce niż rozpowszechniane ostatnio zagraniczne mieszańce z tej sekcji, których przydatność w naszych warunkach przyrodniczych nie jest jeszcze znana.

Spośród przesłanek wskazujących, że w najbliższych latach należy oczekiwać w Polsce zwiększenia się zainteresowania plantacyjną uprawą topoli wymienić przede wszystkim należy:

- nasilanie się procesu wycofywania niektórych gruntów z użytkowania rolniczego, w tym nie nadających się do produkcji żywności żyznych gleb na obszarach skażonych,
- realizację *Krajowego Programu Zwiększania Lesistości* [1995], przewidującego w nieokreślonej perspektywie czasu transfer 1,5 mln gruntów z rolnictwa do leśnictwa,
- uznanie wprowadzania plantacji drzew jako dodatkowego źródła surowca drzewnego za element „Polityki leśnej Państwa” [1996],
- duże możliwości produkcyjne topoli w przyrodniczych warunkach Polski,
- integrację gospodarczą z krajami Unii Europejskiej, która umożliwi wolny dostęp do istniejącego w tych krajach rozwiniętego rynku drewna topolowego.

Obecnie nie przewiduje się zakładania plantacji topolowych na gruntach leśnych. Jak wskazują doświadczenia innych krajów, topola odgrywa jednak bardzo ważną rolę przy zagospodarowywaniu gruntów czasowo wycofywanych z użytkowania rolniczego. Jedną ze szczególnych zalet plantacji topolowych na gruntach rolnych jest bowiem to, że po osiągnięciu przez drzewa wieku dojrzałości rębnej można je usunąć, a grunt ponownie przeznaczyć pod uprawę roślin uprawnych. Wyróżnić można trzy rodzaje plantacji topolowych:

- 1) plantacje właściwe, w których topola jest docelowym przedmiotem uprawy,
- 2) plantacje z międzyrzędową uprawą roślin rolniczych (modne ostatnio na całym świecie tzw. agroforestry); na plantacjach takich, zakładanych w szerszej więźbie niż na plantacjach właściwych, w ciągu przynajmniej pierwszych lat uprawia się rośliny rolnicze lub łąkowe,
- 3) plantacje przedplonowe, na których topola (wyłącznie kultywary topól euramerykańskich i balsamicznych) stanowi przedplon dla wprowadzanych w trzecim, czwartym roku długowiecznych gatunków drzew leśnych.

Topole mają duże wymagania glebowe, ale wśród gruntów wycofywanych z produkcji rolniczej z pewnością znajdują się również gleby przydatne pod ich uprawę. Dotyczy to przede wszystkim liczącej ok. 300 000 ha puli gruntów nie nadających się do produkcji żywności na skutek skażenia lub trudno dostępnych z powodu dużych odległości od zagród, braku dróg, niekorzystnej konfiguracji terenu lub wyludnienia (np. tzw. ściana wschodnia).

Dobór odmian topól i wierzb do uprawy na plantacjach odroślowych o krótkim cyklu produkcyjnym

Kryzys energetyczny lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku spowodował, że w wielu krajach przystąpiono do opracowywania programów działań zmierzających do uniezależnienia się od importu ropy naftowej. Zainteresowano się również biomasą jako odnawialnym źródłem energii, w tym biomasą z plantacji drzew szybko rosnących o skróconym cyklu. Wobec prognozowanej w okresie wysokich cen ropy naftowej na rynkach światowych wysokiej dochodowości tego sposobu produkcji, wiele państw rozpoczęło badania i przygotowywanie programów produkcji biomasy drzewnej dla celów energetycznych. Subsydiowane przez rządy i Bank Światowy intensywne prace badawcze z tego zakresu prowadzone były w większości krajów wysoko rozwiniętych. W późniejszych latach w uzasadnieniach potrzeby rozwoju tego rodzaju plantacji zaczęto kłaść nacisk na znaczne korzyści dla rolnictwa i ochrony środowiska, jakie mogą wyniknąć z upowszechnienia plantacji energetycznych.

W związku z nadprodukcją żywności w wielu krajach Europy Zachodniej pojawiła się konieczność zaniechania uprawy niektórych gruntów i potrzeba subsydiowania rolników decydujących się na odłogowanie pól. Za jeden z najlepszych sposobów wykorzystania odłogowanych gruntów uznano przeznaczenie ich pod tzw. plantacje energetyczne.

Uprawa drzew szybko rosnących w celu uzyskania surowca energetycznego stanowi alternatywny sposób zagospodarowania gruntów wycofywanych z uprawy i dlatego pozwala zmniejszyć wielkość subwencji dla rolnictwa oraz stworzyć na wsi nowe miejsca pracy. W Szwecji np. skalkulowano, że 1 mln ha plantacji energetycznych może zapewnić stałe zatrudnienie 6000 osobom, na założenie zaś plantacji o takim areale potrzebne jest 250 000 tzw. roboczolat [Eden 1981].

Głoszony jest ponadto pogląd, że okresowe wykorzystanie gruntów rolniczych do uprawy drzew szybko rosnących przyczynia się do regeneracji silnie wyeksploatowanych gleb. Pozytywny wpływ plantacji roślin drzewiastych na środowisko glebowe tłumaczy się m.in. następująco [Wühlisch i Muchs 1988]:

- intensywnie przenikające w głąb gleby korzenie kruszą podszwę płuźną,
- zmniejsza się intensywność nawożenia mineralnego z powodu wielokrotnego wykorzystywania przez rośliny substancji pokarmowych powracających do gleby wraz z opadłymi liśćmi,
- substancje organiczne pochodzące ze ściółki zwiększają warstwę humusu,
- aktywizuje się i wzbogaca fauna glebowa.

Niebagatelne dla ochrony środowiska jest też to, że drewno z plantacji drzew szybko rosnących jako surowiec odnawialny uważane jest za ekologicznie czyste źródło energii. Jego spalanie nie przyczynia się bowiem do zwiększenia zawartości CO₂ w atmosferze ani nie powoduje emisji SO₂ towarzyszącej spalaniu paliw kopalnych. Ponadto uprawa roślin drzewiastych jest o wiele bardziej bezpieczna dla środowiska niż uprawy rolne. Rośliny te chronią bowiem gleby przed erozją, ograniczają eutrofizację wód gruntowych oraz ulepszają stosunki sanitarne w agroekosystemach.

Większe zainteresowanie plantacjami energetycznymi zarówno opinii publicznej naszego kraju, jak i władz resortu ochrony środowiska pojawiło się na początku lat dziewięćdziesiątych XX w. Wiedza na ich temat pochodziła jednak niemal wyłącznie z materiałów reklamowych firm zagranicznych dążących do sprzedaży na naszym rynku materiału

wyjściowego do zakładania plantacji. Systematyczne badania z zakresu plantacyjnej produkcji drewna energetycznego rozpoczęto w Polsce dopiero w 1993 r. w Instytucie Badawczym Leśnictwa na zlecenie Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych, a pierwsze plantacje doświadczalne założono wiosną 1994 r. Badania te obejmowały również problematykę doboru odmian topoli i wierzby do uprawy w cyklu skróconym.

Badania nad dobozem odmian do uprawy w plantacjach odroślowych o skróconym cyklu przeprowadzono w latach 1995–2001 na czterech powierzchniach doświadczalnych (dwie z wierzbą i dwie z topolą) w Nadleśnictwach Brzeg (RDLP w Katowicach) i Kutno (RDLP w Łodzi).

Zarówno na powierzchniach topolowych, jak i wierzbowych warunki glebowe w Kutnie były bardziej korzystne dla uprawianych odmian niż w Brzegu.

Na powierzchni topolowej w Brzegu występowała mozaika mad piaszczystych, bardzo lekkich i lekkich. Pod warstwą powierzchniową znajdował się pył ilasty lub piasek luźny, przechodzący w pył ilasty. W Kutnie największą powierzchnię zajmowały czarne ziemie zdegradowane utworzone z gliny lekkiej lub piaszczystej oraz z piasków gliniastych mocnych. Mniejszą powierzchnię zajmowały gleby opadowo-glejowe utworzone z płytkich i średnio głębokich glin piaszczystych, przechodzących w gliny lekkie margliste.

Powierzchnię wierzbową w Brzegu założono na madzie rzecznej bardzo lekkiej. Pod powierzchniową warstwą piasku gliniastego mocnego zalega warstwa piasku luźnego na glinie lekkiej przechodzącej w glinę ciężką. Na powierzchni w Kutnie występowała gleba opadowo-glejowa właściwa, utworzona z gliny zwałowej lekkiej.

Dane dotyczące liczby wariantów (badanych odmian), liczby powtórzeń (bloków), liczby zrzesów w każdym wariantcie w powtórzeniu oraz zastosowanej w poszczególnych doświadczeniach więźby przedstawiono w poniższym zestawieniu:

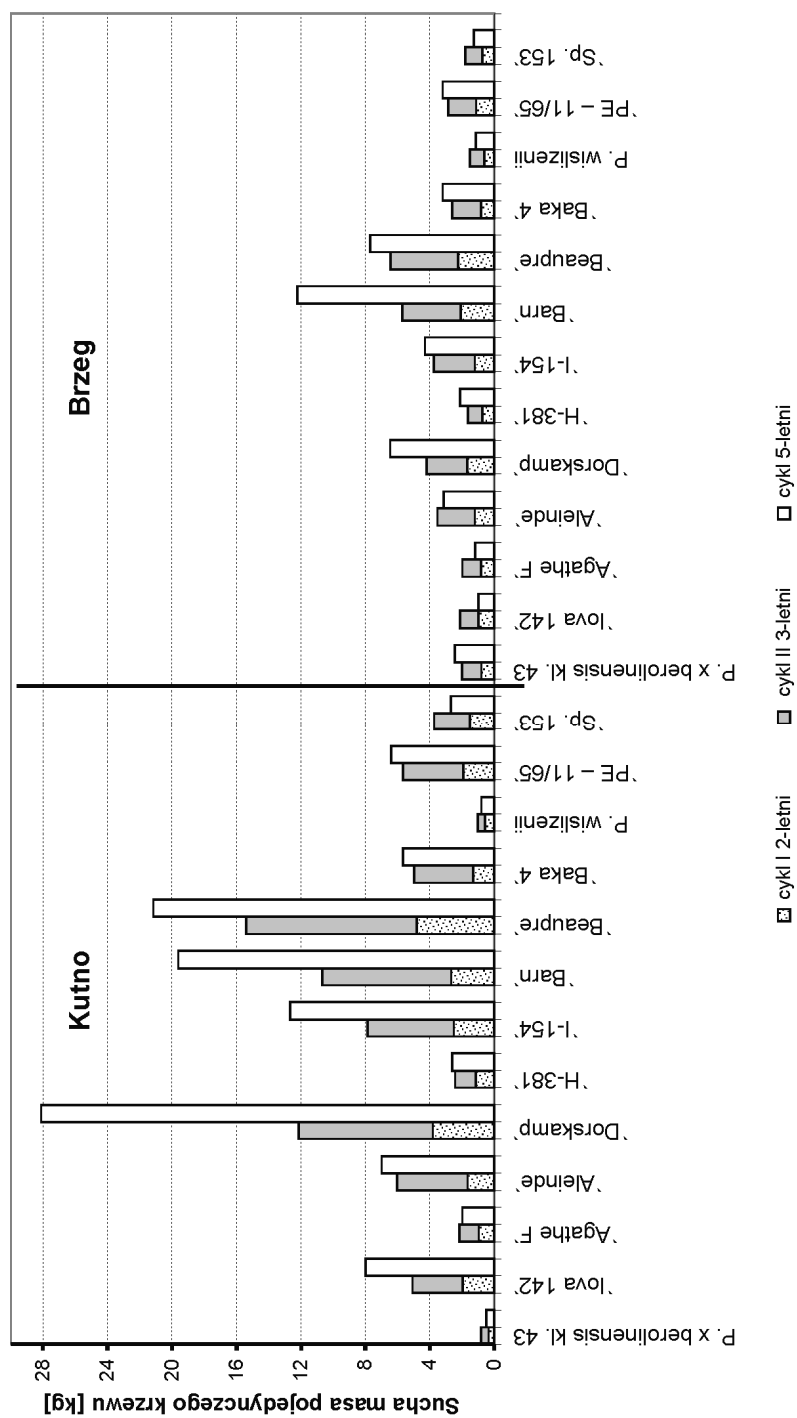
Lokalizacja doświadczenia	Rodzaj plantacji	Liczba badanych odmian	Liczba powtórzeń (bloków)	Liczba zrzesów w powtórzeniu	Więźba [m]
Nadleśnictwo Brzeg	topolowa	15	10	6	1,5 × 0,75
	wierzbową	10	10	6	1,5 × 0,75
Nadleśnictwo Kutno	topolowa	15	8	8	1,5 × 0,75
	wierzbową	10	10	10	1,5 × 0,50

Zestawy klonów wierzb badanych na plantacjach w Brzegu i Kutnie były takie same, natomiast w zestawie 15 klonów topól, jedynie 13 występowało równocześnie na powierzchniach w Brzegu i Kutnie.

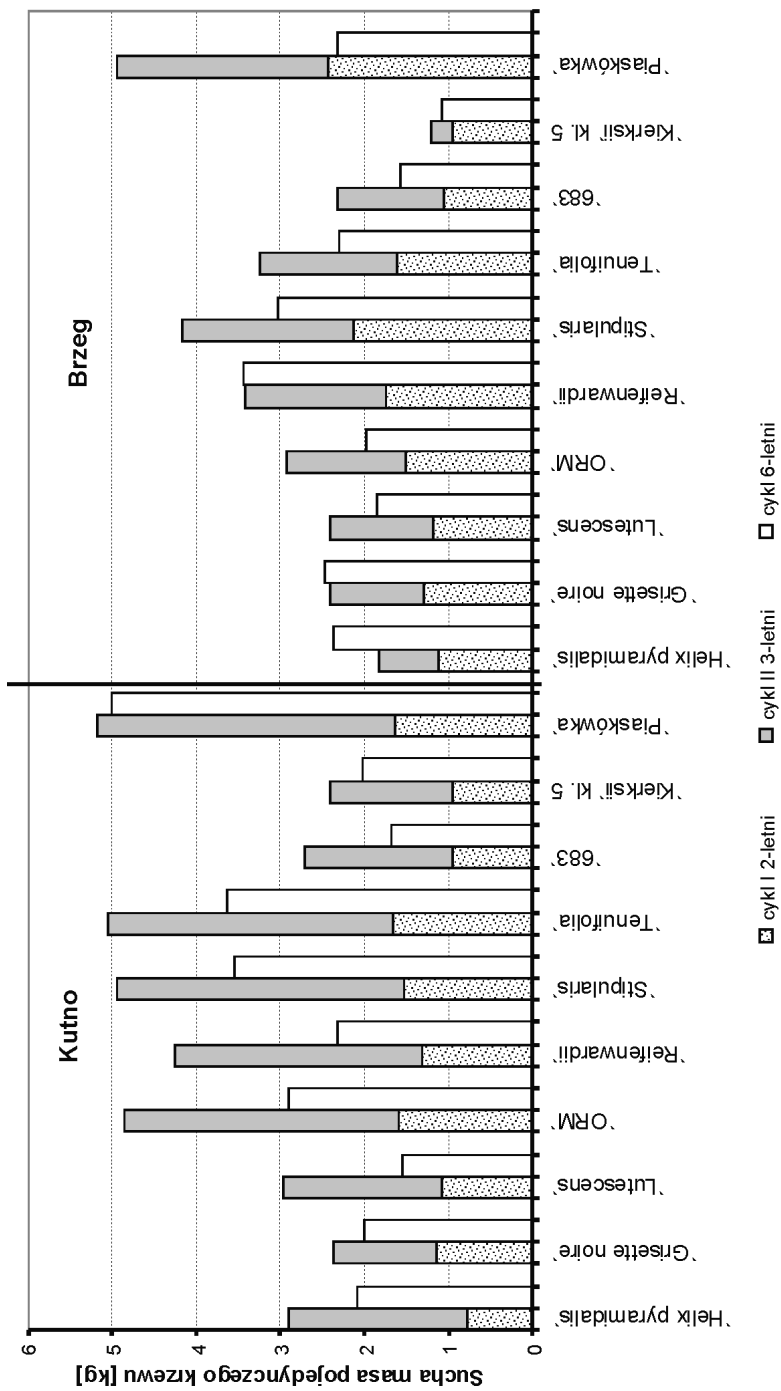
Każda z omawianych odmianowych powierzchni doświadczalnych składała się z dwu części, stanowiących w zasadzie osobne doświadczenia. W doświadczeniach z wierzbą na części A (powtórzenia I–V) stosowany był 3-letni cykl użytkowania biomasy, a w części B (powtórzenia VI–X) – 6-letni, natomiast w doświadczeniach z topolą, założonych o rok później niż z wierzbą, na części A zastosowano 2- i 3-letni cykl użytkowania, a na części B (powtórzenia VI–X lub V–VIII) – 5-letni.

Szczegółowe wyniki badań uzyskane w omówionych wyżej doświadczeniach zostały przedstawione w sprawozdaniu końcowym z ich realizacji [Zajączkowski i in. 2001].

Dane dotyczące średniej wielkości suchej masy pojedynczego krzewu topoli na plantacjach w Kutnie i Brzegu przedstawiono na rycinie 2, a dane dotyczące wierzby – na rycinie 3.



Ryc. 2. Średnia wielkość suchej masy pojedynczego krzewu topoli na doświadczalnych plantacjach w Nadleśnictwach Kutno i Brzeg



Ryc. 3. Średnia wielkość suchej masy pojedynczego krzewu wierzby na doświadczalnych plantacjach w Nadleśnictwach Kutno i Brzeg

Dużymi walorami produkcyjnymi spośród topól zdecydowanie wyróżniają się trzy odmiany, wyselekcjonowane w instytutach naukowych w Belgii i Holandii. Są to: *Populus × euramericana* (*P. deltoides × nigra*) ‘Dorskamp’ oraz dwa klony *P. × interamericana* (*P. deltoides × trichocarpa*) ‘Barn’ i ‘Beaupre’. Rotacja 5-letnia okazała się korzystniejsza niż rotacje krótsze. Na żyznej glebie w Kutnie drzewka tych odmian przycięte po raz pierwszy po pięciu latach wzrostu miały plon 1,4–2,3 razy większy niż drzewka użytkowane w tym samym czasie w dwu rotacjach (2- i 3-letniej).

W przeciwieństwie do topól sumaryczna wielkość plonu uzyskanego w dwóch 3-letnich rotacjach na plantacjach wierzbowych była z reguły większa niż w jednej 6-letniej. Do doboru zarekomendowano pięć najlepiej plonujących odmian: *Salix purpurea* ‘Piaskówka’, klony *S. viminalis* ‘Stipularis’, ‘Tenuifolia’ i ‘Reifenwardii’ z kolekcji AR w Poznaniu oraz klon ‘ORM’ wyselekcjonowany w Szwecji specjalnie do uprawy w cyklu skróconym.

Pod względem możliwości produkcyjnych odmiany wierzb krajowych nie ustępują wyselekcjonowanym za granicą, a niekiedy je przewyższają. Nieudanym nabytkiem okazała się np. wyselekcjonowana w Szwecji wierzba *S. viminalis* ‘683’, która z powodu płoenia i ukorzeniania się pędów podczas wzrostu okazała się nieprzydatna do uprawy. Dlatego niezbędne jest prowadzenie prac selekcyjnych nad doбором krajowych odmian wierzb do uprawy w skróconym cyklu.

Badania nad produkcyjnymi możliwościami wybranych odmian topoli i wierzby w plantacjach o skróconym cyklu [Zajączkowski i in. 2001] przyniosły również wiele innych wyników istotnych dla praktyki.

Stwierdzono przede wszystkim, że podstawowym warunkiem uzyskania wysokiej produkcji biomasy drzewnej na plantacjach energetycznych jest zakładanie ich na żyznych gruntach rolniczych o dobrych stosunkach wodnych. Za próg opłacalności plantacyjnej produkcji drewna energetycznego uważa się za granicą plon 8 t suchej masy/ha/rok. W przypadku dotychczasowych badań krajowych udokumentowaną zadowalającą produktywność topól i wierzb uzyskano jedynie na glebach II, III i IVa klasy bonitacji rolniczej. Wycofywane najczęściej z produkcji rolniczej gleby piaskowe trwale lub okresowo zbyt suche nie nadają się do zakładania plantacji drzew szybko rosnących o skróconym cyklu, gdyż dostępność wody stanowi najważniejszy czynnik ograniczający możliwości uprawy topoli i wierzby. Rachunek ekonomiczny efektywności plantacji wykazał, że produkcja biomasy drzewnej na plantacjach energetycznych przy obecnych cenach surowca do zrzędkowania jest nieopłacalna. Dlatego w krajach zachodnich plantacje energetyczne na ogół są bezpośrednio lub pośrednio subsydiowane.

Produkcyjne możliwości topól są znacznie większe niż możliwości wierzb, ale przy obecnym stanie wiedzy przedwczesne byłoby zalecanie zakładania odroślowych plantacji topolowych na skalę gospodarczą. Sprawdzenia wymaga przede wszystkim ich trwałość i odporność na choroby, gdyż każdorazowe wycięcie grubych odrośli powoduje silny stres fizjologiczny i osłabienie żywotności roślin, a pozostawione na karpach rany o średnicy nawet kilkunastu cm są łatwe do zainfekowania przez grzyby.

Niezwykle ważne w przypadku plantacji o krótkim cyklu jest skuteczne chemiczne lub mechaniczne zwalczanie chwastów w pierwszym i drugim roku po wysadzeniu zrzędów oraz w pierwszym roku po każdorazowym wycięciu biomasy.

Wyniki przeprowadzonych badań oraz informacje zawarte w literaturze wskazują, że na wierzbowych plantacjach odroślowych o krótkim cyklu powinno się stosować rotację 3- lub 4-letnią i zagęszczenie 18–20 tys. zrzędów/ha, a w topolowych rotację 5-, 6-letnią, przy zagęszczeniu ok. 1000 szt. na ha.

Literatura

- Anselmi N., Cellerino G.P., Nicoletti G., Puccinelli P.** 1996. Predisposition to decline of some poplar clones in relation to drought resistance. [W:] Proceedings of the 20th Session of the International Poplar Commission, Budapest, 1–4 October 1996, v. II.
- Chmielewski W.** 1984. Doskonalenie krajowego i regionalnych doborów odmian topoli do uprawy plantacyjnej. Sprawozdanie naukowe. IBL, Warszawa (maszynopis).
- Eden P.** 1981. Energiskogsbruk. Namnaden for energiproduktions forskning, Falun.
- International Poplar Commission. 1996. Synthesis of national reports on activities related to poplar and willow areas, production, consumption and the functioning of national poplar commissions. Secretariat Note of the 20th Session IPC, Budapest (maszynopis).
- Janson L.** 1990. Selekcja i hodowla szybko rosnących odmian topoli (sekcji *Leuce*). Sprawozdanie naukowe. IBL, Warszawa (maszynopis).
- Kohán Š.** 1993. Hodnotenie rozličných klonov topol'ov v oblasti Latorice na Východoslovenskej Nižine. Zprávy Lesníckého vyzkumu, 4, 9–12.
- Krajowy program zwiększania lesistości. 1995. MOŚZNiL, Warszawa.
- Mottl J., Varga L.** 1984. Nová rajonizácia topol'ov a stromovych vrb v ČSSR. Les, 1, 18–20.
- Muhs H.-J.** 1986. Kurzumtriebs-Plantagen. Allgemeine Forst Zeitschrift, 51/52, 1313–1316.
- Nabuurs G.-J., Päivinen R., Pussinen A., Schelhaas M.-J., Schuck A.** 2000. European Forests in 2050. What will they be like? EFI News, 8, 2, 10–11.
- Odum E.P.** 1982. Podstawy ekologii. PWRiL, Warszawa, wyd. II.
- Pinon J., Valadon A.** 1996. Comportement des cultivars de peupliers commercialisables dans L'Union Europeenne vis de quelques parasites majeurs. [W:] Proceedings of the 20th Session of the International Poplar Commission, Budapest, 1–4 October 1996, v. I, 119–133.
- Piwnicki J., Oszako T.** 1999. Stan obecny oraz perspektywy plantacji topolowych w Polsce. Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, Seria B, 36, 57–63.
- Polityka leśna Państwa. 1996. MOŚZNiL, Warszawa, ss. 27 + 4 aneksy.
- Stawecka W.** 1980. Przydatność uprawowa niektórych odmian topoli w siedmiu krainach przyrodniczo-leśnych Polski. Sprawozdanie naukowe. IBL, Warszawa (maszynopis).
- Stawecka W.** 1988. Produkcyjność plantacji topolowych w warunkach przyrodniczo-gospodarczych Polski. Sprawozdanie naukowe. IBL, Warszawa (maszynopis).
- Stupińska H., Madaj R., Milczarek S.** 1999. Możliwości rozwoju i wykorzystania w przemyśle papierniczym alternatywnych surowców drzewnych i roślin jednorocznych. Sprawozdanie naukowe. ICP, Łódź (maszynopis).
- Tomé M.** 2000. Close-to-nature forestry and plantation forestry: ecological impacts and production. EFI News, 8, 2, 17.
- Whiteman A., Brown C.** 1999. The potential role of forest plantations in meeting future demands for industrial wood products. International Forestry Review, 1(3), 143–152.
- Wühlisch G., Muchs H.-J.** 1988. Schnellwachsende Baumarten im Kurzumtrieb als eine künftige Form der Holzproduktion. Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst – und Holzwirtschaft, 160, 281–295.
- Wytyczne plantacyjnej uprawy topoli. 1986. NZLP, IBL, Warszawa, wyd. II.
- Zabielski S.** 1973. Uprawa topoli w Polsce. [W:] Topole – *Populus L.*, red. S. Białobok. Nasze Drzewa Leśne, 12, PWN, Warszawa–Poznań, 413–462.

- Zajączkowski K., Kwiecień R., Zajączkowska B., Wojda T., Zawadzki M.** 2001. Produkcyjne możliwości wybranych odmian topoli i wierzby w plantacjach o skróconym cyklu. Sprawozdanie naukowe. IBL, Warszawa (maszynopis).
- Zajączkowski K., Latos A., Lipiński K., Zajączkowska B.** 1996. Kształtowanie się niektórych elementów miąższości oraz przeciętnej miąższości grubizny pojedynczego drzewa w korze różnych odmian topoli w II klasie wieku oraz ocena ich gospodarczej przydatności na podstawie danych pomiarowych i obserwacyjnych z odmianowych plantacji topolowych IBL. Sprawozdanie naukowe. IBL, Warszawa (maszynopis).
- Zalęski A., Zajączkowski K., Kantorowicz W., Wojda T., Zawadzki M., Zajączkowska B., Garbień-Pieniążkiewicz D.** 2002. Wzrost oraz przydatność hodowlana szybko rosnących gatunków drzew leśnych w uprawach plantacyjnych w różnych warunkach siedliskowych i uprawowych. Sprawozdanie naukowe. IBL, Warszawa (maszynopis).
- Zsuffa L., Giordano E., Pryor L.D., Stettler R.F.** 1996. Trends in poplar culture: some global and regional perspectives. [W:] *Biology of Populus and its implications for management and conservation*, red. R.F. Stettler, H.D. Bradshaw, P.E. Heilman, T.M. Hinckley. NRC Research Press, Ottawa, 515–539.

Biotechnologia roślin oraz jej zastosowanie w praktyce leśnej

Justyna Nowakowska*

Człowiek od zarania dziejów selekcyjonował najbardziej odpowiednie odmiany gatunków roślin uprawnych w celu otrzymania lepszych jakościowo cech hodowlanych. Proces ten przyczynił się do powstania wielu odmian powszechnie uprawianych takich gatunków, jak ziemniak, soja, pszenica, kukurydza, rzepak i burak cukrowy. Współczesna biotechnologia jest kontynuacją postępu biologicznego, jaki dokonał się w produkcji roślin uprawnych, gatunków roślin przemysłowych (bawełna, len), drzew sadowniczych (jabłoń, śliwa) i leśnych (topola, sosna i brzoza).

Definicja biotechnologii

Biotechnologia jest nowym, międzydiscyplinarnym kierunkiem naukowym, który korzysta z osiągnięć biologii, chemii, medycyny oraz technologii. Jest to dziedzina wiedzy, która ściśle łączy nauki podstawowe z naukami stosowanymi w kierunku otrzymania organizmów o nowych jakościowo cechach. Praktyczne osiągnięcia biotechnologii są wdrażane w rolnictwie, technologii żywności, ochronie środowiska, farmacji i medycynie.

W biotechnologii wykorzystuje się żywe komórki lub ich fragmenty do celów praktycznych (gospodarczych), np. do wytwarzania olejków eterycznych i alkaloidów przeciwnowotworowych. Nowoczesne metody inżynierii genetycznej umożliwiają przenoszenie wybranych genów z jednego gatunku do drugiego i produkcję roślin uprawnych (żyto, ziemniaki, kukurydza) odpornych na czynniki chorobotwórcze i środki ochrony roślin. Zastosowanie metody somatycznej embriogenezy umożliwia pozyskiwanie jednolitego materiału rozmnożeniowego transgenicznych gatunków do dalszej uprawy linii o wyselekcjonowanych cechach.

Proces transformacji roślin

Transformacja genomu roślin polega na wprowadzeniu specyficznej sekwencji obcego DNA do genomu komórki w celu otrzymania osobników o nowych cechach jakościowych.

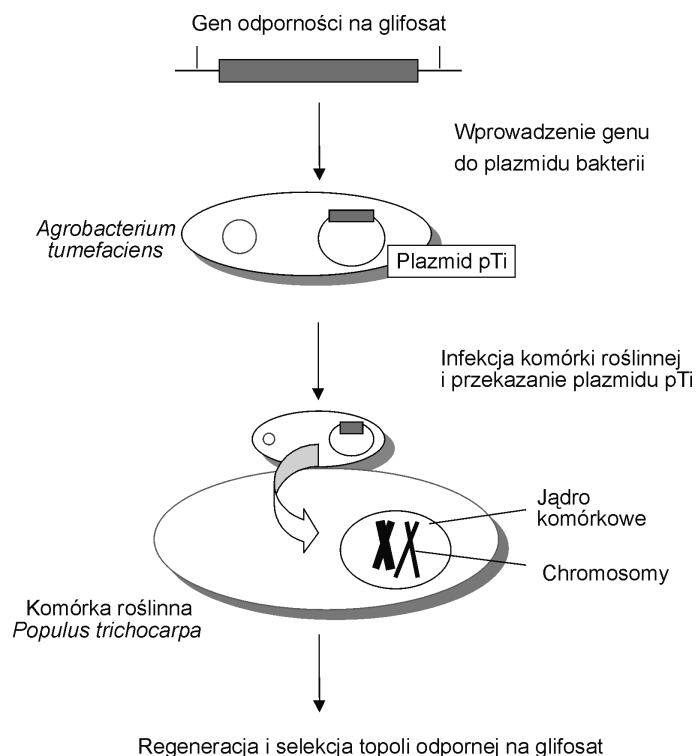
Genom każdej żywej komórki składa się z podwójnej nici kwasu deoksyrybonukleinowego (DNA), zbudowanego ze szkieletu cukrów prostych (pentoz), do których przyłączone są w określonym porządku zasady purynowe (adenina i guanina) i pirymidynowe (cytozyna i tymina). Informacja genetyczna danego gatunku zawarta w DNA może być wzbogacona w dodatkowe sekwencje genów, wprowadzone do komórki na drodze transformacji.

* Zakład Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych, Instytut Badawczy Leśnictwa w Warszawie

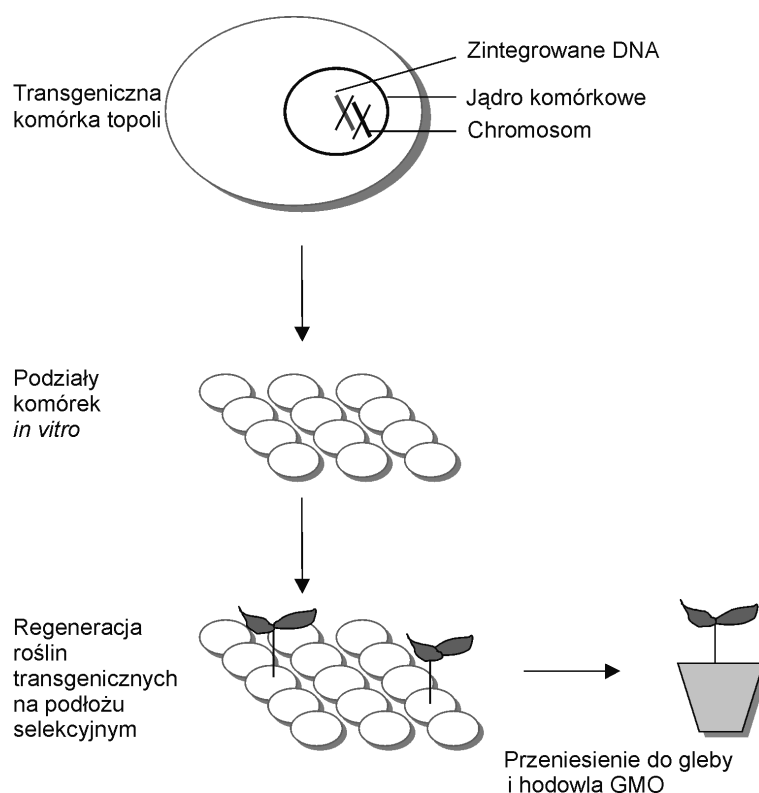
Istnieją dwa rodzaje transformacji komórek roślinnych: (1) transformacja wektorowa, przy zastosowaniu szczepów bakteryjnych (wektorów) i (2) transformacja bezwektorowa, która polega na bezpośrednim przekazie genów między dawcą a biorcą.

Transformacja wektorowa została opracowana w latach osiemdziesiątych XX wieku, kiedy odkryto podstawowe procesy biochemiczne infekcji tkanek roślinnych przez glebowe szczepy bakteryjne (*Agrobacterium tumefaciens* i *Agrobacterium rhizogenes*). Bakterie te w naturalny sposób infekują zranione tkanki łodyg i korzeni niektórych roślin dwuliściennych [Nadolska-Orczyk 1999]. Podczas infekcji część materiału genetycznego bakterii (znajdującym się w kolistym DNA, inaczej pTi; ryc. 1) jest przekazana do wnętrza komórek rośliny i zintegrowana z genomem gospodarza. Inżynieria genetyczna wykorzystuje to zjawisko do wprowadzenia obcych genów do roślin [Hoekema i in. 1983].

Na rycinach 1 i 2 przedstawiono praktyczny sposób wykorzystania transformacji wektorowej w celu uzyskania komórek topoli odpornej na działanie herbicydu o nazwie glifosatu. W pierwszym etapie transformacji wyizolowany gen warunkujący odporność na ten herbicyd jest wprowadzany do komórek bakteryjnych, gdzie jest przechowywany w formie plazmidu pTi. Następnie dokonuje się infekcji zranionych mechanicznie tkanek roślinnych (np. blaszek liściowych topoli), podczas której *Agrobacterium* przekazuje gen odporności do jądra komórkowego topoli. Kończącym etapem transformacji jest regeneracja i selekcja transgenicznych siewek na pożywkach, w kulturach *in vitro* (ryc. 2).



Ryc. 1. Transformacja wektorowa komórki roślinnej z zastosowaniem bakterii



Ryc. 2. Regeneracja i selekcja transgenicznych siewek topoli

Metoda transformacji bezwektorowej polega na bezpośrednim transferze genów do protoplastów z użyciem glikolu polietylenowego (PEG) lub techniki zwanej elektroporacją (wprowadzenie cząsteczek DNA do komórek z wykorzystaniem prądu elektrycznego). Inną metodą tego typu transformacji jest mikrowstrzeliwanie oparte na działaniu „strzelby genowej”. W tym przypadku fragmenty DNA są adsorbowane na powierzchni cząstek metalu (złota, wolframu) o średnicy 0,4–2,0 μm i umieszczane na membranie nośnej. Po uzyskaniu przyspieszenia na zasadzie strzału z wiatrówki, cząstki metalu przedostają się do komórek roślinnych. Metoda mikrowstrzeliwania, po raz pierwszy opracowana dla tkanek kukurydzy w 1990 r., jest obecnie stosowana na szeroką skalę w transformacji roślin jedno- i dwuliściennych [Häggman i in. 1997].

Zastosowanie roślin transgenicznych w praktyce leśnej

Początkowo transformacje drzew leśnych dotyczyły gatunków szybko rosnących o dużym znaczeniu gospodarczym (topola), które charakteryzuje dość łatwy sposób rozmnażania. Transformacja genetyczna umożliwia uprawę wielu drzew o nowych, pożądanych cechach, czego nie gwarantują tradycyjne metody selekcji [Gelernter i Schwab 1993].

Jednym z pierwszym osiągnięć w dziedzinie transformacji drzew była hodowla transgenicznych siewek topoli (*Populus trichocarpa* × *P. deltoides*) odpornych na owady z rodziny stonkowatych, np. *Chrysomela scripta* [Strauss i in. 1997]. Żerując na młodych liściach topoli, szkodnik ten przyczynia się do zahamowania wzrostu drzew na uprawach plantacyjnych. Aby temu zapobiec, zwiększono odporność topoli przez wprowadzenie do komórek roślinnych genu z *Bacillus thuringensis*, pasożytniczej bakterii dla owadów z rzędu *Lepidoptera*. Zintegrowany z DNA roślinnym gen *Bt* koduje białko toksyczne dla larw żerujących na blaszkach liściowych [Charest i Michel 1991]. Transformacja topoli genem *Bt* umożliwiła uprawę tego gatunku na plantacji bez zastosowania chemicznych środków ochrony roślin (insektycydów), których powszechne stosowanie wpływa ujemnie na środowisko. Obecnie w wielu laboratoriach trwają prace nad wyhodowaniem transgenicznych odmian jabłoni, śliwy, brzozy i sosny, odpornych na owady z rzędu błonkówek (*Lepidoptera*), muchówek (*Diptera*) i chrząszczy (*Coleoptera*).

Innym przykładem zastosowania inżynierii genetycznej w leśnictwie jest hodowla transgenicznych siewek topoli (*Populus trichocarpa* × *P. deltoides*) odpornych na herbicydy. W tym przypadku wprowadzony do genomu topoli gen odporności na glifosat koduje w komórkach całej rośliny enzymatyczne białko, które metabolizuje aktywne cząsteczki herbicydu [Campbell i in. 2003]. Dzięki temu herbicyd stosowany w szkółkach topolowych hamuje selektywnie wzrost chwastów, nie wpływając na rozwój uprawianego gatunku.

W wielu jednostkach naukowych pracuje się nad optymalizacją metod transformacji różnych gatunków drzew leśnych w celu zwiększenia ich odporności na jeden lub kilka czynników biotycznych i abiotycznych. Na przykład w Finlandii trwają prace nad transformacją sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris*) odpornej na czynniki chorobotwórcze (grzyby, owady, wirusy; Häggman i in. [1997]). W Stanach Zjednoczonych hoduje się sosnę transgeniczną (*Pinus taeda*) o zwiększonej asymilacji jonów amonowych (NH_4^+) i odporną na niekorzystne warunki klimatyczne (mroz, susza; Campbell i in. [2003]). W Norwegii wyhodowano transgenicznego świerka pospolitego odpornego na infekcję *Ceratocystis polonica* i *Heterobasidion annosum* [Krokene i in. 1999]. We Francji i Belgii prowadzone są badania nad transgeniczną topolą o zmienionym składzie wiązań fenylo-propenowych lignin, które łatwiej ulegają rozdrobnieniu w trakcie produkcji pulpy, bez użycia związków chloru [Peña i Séguin 2001]. Lista przykładów w tej dziedzinie powiększa się z roku na rok [Campbell i in. 2003].

Zagrożenia spowodowane wprowadzeniem transgenicznych drzew do środowiska

Biotechnologia roślin otwiera szerokie możliwości modyfikacji cech genetycznych drzew leśnych, jednak wprowadzenie do upraw nowych odmian transgenicznych roślin spowodowało w ostatnim czasie wystąpienie nowych zagrożeń dla środowiska. Roślina zmodyfikowana genetycznie posiada w każdej komórce obcy gen, który jest replikowany we wszystkich organach wraz z rozwojem rośliny. W związku z tym jednym z głównych niebezpieczeństw jest możliwość przeniesienia przez pyłek zmodyfikowanych genów z transgenicznej rośliny do form występujących w przyrodzie.

Niekontrolowany przepływ pyłku w ekosystemie leśnym może przyczynić się do powstawania nowych populacji drzew o niekorzystnych, nowych cechach. Ziarna pyłku mogą przenosić zmodyfikowane geny odporności na chemiczne środki ochrony do innych gatunków roślin [Campbell i in. 2003]. W związku z tym stale udoskonala się metody transformacji drzew leśnych, tak aby nowe gatunki transgeniczne posiadały np. zmutowane geny kontrolujące proces kwitnienia, co prowadzi do wykształcania się sterylnych kwiatostanów męskich [Peña i Séguin 2001]. Uprawa sterylnych gatunków drzew leśnych na plantacjach umożliwi również uniknięcie ryzyka związanego z możliwością uodpornienia się szkodników drzew leśnych na czynniki owadobójcze. Wiele gatunków owadów posiada zdolność szybkiej adaptacji do szkodliwych substancji konstytutywnie syntetyzowanych przez roślinę [Strauss i in. 1997].

Aby zminimalizować ryzyko wprowadzenia do środowiska organizmów zmodyfikowanych genetycznie, zdefiniowano zasady bezpieczeństwa, jakie obowiązują w obrocie produktami transgenicznymi. W Polsce obowiązuje Ustawa z dnia 22 czerwca 2001 r. o organizmach genetycznie zmodyfikowanych (ang. Genetically Modified Organism, GMO), która zawiera podstawy prawne związane z:

- stosowaniem GMO w laboratoriach (manipulacje genetyczne i transformacja w ściśle kontrolowanych warunkach),
- wprowadzeniem GMO do środowiska (zastrzone zasady upraw polowych),
- wprowadzeniem produktów GMO do obrotu handlowego (badanie produktów zawierających GMO i ich znakowanie),
- wywożeniem za granicę i tranzytem GMO na terenie Polski (Dz. U. z 2001 r., nr 76, poz. 811).

Wytyczne te obowiązują w krajach Unii Europejskiej i od paru lat są stosowane np. w uprawach plantacyjnych transgenicznej topoli (*Populus nigra*) we Francji [Peña i Séguin 2001].

Dzięki udoskonalaniu metod transformacji oraz przestrzeganiu podstawowych przepisów prawnych, istnieje możliwość uprawy gatunków drzew leśnych o pożądanym gospodarczo cechach odpornościowych i wzrostowych, przy małym prawdopodobieństwie niekontrolowanego uwolnienia zmodyfikowanych genów do środowiska.

Literatura

- Campbell M.M., Brunner A.M., Jones H.M., Strauss S.H.** 2003. Forestry's fertile crescent: the application of biotechnology to forest trees. *Plant Biotechnol. J.*, 1, 141–154.
- Charest P.J., Michel M.F.** 1991. Basics of plants genetic engineering and its potential applications to tree species. [W:] Information Report PI-X-104, Forestry Canada Publications Distribution Centre, Petawawa National Forestry Institute, 18–32.
- Gelernter W., Schwab G.E.** 1993. Transgenic bacteria, viruses, algae and other microorganisms as *Bacillus thuringiensis* toxin delivery systems. [W:] *Bacillus thuringiensis*, an environmental biopesticide: theory and practice, red. P.F. Entwistle, J.S. Corry, M.J. Mailey, S. Higgs. John Wiley & Sons, New York, 90–104.
- Hoekema A., Van Haaren M.J.J., Hille J., Hoge J.H.C., Hooykass P.J.J., Krens F.A., Wullems G.J., Schilperoort R.A.** 1983. *Agrobacterium tumefaciens* and its Ti-plasmid as tools in transformation of plant cells. *Plant Mol. Biol.* Alan R. Liss, Inc., New York, 3–22.

- Häggman H., Aronen T.S., Nikkanen T.O.** 1997. Gene transfer by particle bombardment to Norway spruce and Scots pine pollen. *Can. J. For. Res.*, 27, 928–935.
- Krokene P., Christiansen E., Solheim H., Franceschi V.R., Berryman A.A.** 1999. Induced resistance to pathogenic fungi in Norway spruce. *Plant Physiol.*, 121, 565–570.
- Nadolska-Orczyk A.** 1999. Transformacja roślin za pomocą *Agrobacterium* – podstawowy model działania i czynniki na niego wpływające. *Biotechnologia*, 1(44), 116–124.
- Peña L., Séguin A.** 2001. Recent advances in the genetic transformation of trees. *Trends in Biotechnology*, 19(12), 500–506.
- Strauss S.H., Knowe S.A., Jenkins J.** 1997. Benefits and risks of transgenic, roundup ready cottonwoods. *J. For.*, 95(5), 12–19.

Obce gatunki drzew a półnaturalna hodowla lasu

Stanisław Bellon*

Introdukcja obcych gatunków drzew i krzewów w Europie ma bogatą tradycję. O ile wprowadzanie ich do parków, ogrodów czy zadrzewień nie budzi do dzisiaj większych zastrzeżeń, to introdukcja tzw. egzotów do lasów od początku miała i ma nadal wielu przeciwników.

Trwający obecnie w Europie proces tworzenia nowego modelu leśnictwa wywołuje w wielu krajach, także w Polsce, szerokie dyskusje na temat zasad gospodarowania lasu z zastosowaniem tego modelu. Wiele miejsca poświęca się m.in. doborowi gatunków drzew i rozpowszechnia przekonanie, że w lasach powinny rosnąć tylko drzewa rodzime, a wszelkie obce elementy powinny być usuwane. Prowadzone w tym zakresie polemiki są niekiedy zbyt emocjonalne, mało merytoryczne, a oceny dotychczasowej działalności leśników często niesprawiedliwe.

Dążenie do ochrony rodzimej flory i krajobrazu jest zrozumiałe, skoro tylko 1/3 powierzchni Polski zajmują zbiorowiska i zespoły roślinne bardziej lub mniej naturalne, z których większość stanowią lasy. Myślenie jednak, że można zachować przyrodę rodzimą w stanie nienaruszonym jest złudne. Wiadomo przecież, że ponad 10% naszych roślin rodzimych to przybysze z zewnątrz, a około 500 gatunków, w tym liczne drzewa i krzewy, to efemerofity, z których część może się zadomowić [Tumiłowicz 1999]. Mamy zatem do czynienia z naturalnymi procesami sukcesji i regresji, mieszania się roślin z różnych krain, a przy obecnej łatwości sprowadzania roślin dotychczas u nas nie uprawianych stan ten może się wzmacniać [Danielewicz i Maliński 1998, Tumiłowicz 1999].

W lasach polskich można spotkać obecnie wiele gatunków drzew i krzewów obcego pochodzenia, co jednak w niewielkim stopniu obciąża leśników. W większości przypadków obecność tych gatunków wynika bowiem z przenoszenia się w sposób naturalny nasion z parków, ogrodów i zadrzewień znajdujących się poza terenami leśnymi [Król 1988].

W dyskusjach prowadzonych w Polsce na temat introdukcji obcych gatunków drzew w leśnictwie ujawniają się liczne wątpliwości i kontrowersje, a często także obszary niewiedzy dotyczącej zarówno zasad tworzenia lasu półnaturalnego, jak i uwarunkowań towarzyszących procesowi introdukcji.

Model lasu przyszłości i uwarunkowania jego realizacji

Podstawę modelu lasu przyszłości oraz sposobów jego kształtowania stanowią:

A) dzisiejszy stan lasów będący wypadkową zmian zachodzących w siedlisku (klimat, gleba) oraz wpływu wielu czynników wynikających pośrednio lub bezpośrednio z działalności człowieka;

B) obecne i przewidywane zagrożenia lasu;

C) oczekiwania społeczne.

* *Katedra Hodowli Lasu, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*

Ad. A)

Las dojrzały dnia dzisiejszego powstał w warunkach siedliskowych, ekonomicznych i społecznych końca XIX wieku, które różniły się od warunków obecnych:

- nastąpiło znaczne ocieplenie klimatu,
- zmienił się skład chemiczny powietrza i gleby (zwiększony udział CO₂, składniki nawożenia, emisje trujących pyłów i gazów przemysłowych oraz komunikacyjnych),
- nastąpiło poważne obniżenie się poziomu wód gruntowych i osuszenie dużych obszarów.

Zmiany w siedlisku wpłynęły m.in. na stosunki konkurencyjne między gatunkami drzew (ekspansja gatunków liściastych – ciepłolubnych, zwłaszcza pionierskich), a działalność gospodarza w dużym stopniu przyczyniła się do zmian składu gatunkowego i struktury drzewostanów.

W analizach zniekształcenia szaty leśnej wywołanego działalnością gospodarczą wyróżnia się sześć podstawowych grup czynników:

1. Stosowanie modelu lasu opartego na gospodarce zrębami zupełnymi i tworzenie monokultur iglastych (jednostronne wykorzystywanie gleby i ograniczenie możliwości ich regeneracji, zmniejszenie się odporności drzewostanów na szkody ze strony czynników biotycznych i abiotycznych, np. kłęski żywiołowe, mniejsze możliwości wykorzystania lasu dla celów rekreacji);

2. Tworzenie drzewostanów z nasion pochodzących z niekontrolowanego zbioru lub z zakupu w firmach handlowych (często zagranicznych, bez przestrzegania zasad hodowli selekcyjnej, wprowadzanie populacji o niewielkiej wartości genetycznej i hodowlanej, o zmniejszonej odporności na czynniki abiotyczne i biotyczne);

3. Przygotowanie gleby pod uprawy leśne wzorowane na metodach rolniczych i stosowanie w większości sztucznego odnowienia lasu, z przewagą sadzenia (zakłócenie równowagi biologicznej w środowisku glebowym – sorpcja, zmniejszenie się stabilności funkcyjnej ekosystemu leśnego, zwiększenie się zagrożenia drzew leśnych przez patogeny grzybowe, zmniejszenie się selekcji naturalnej w populacjach drzew w wyniku konkurencji);

4. Nieprawidłowości w zakresie wykonywania prac pielęgnacyjnych w drzewostanach (zaniedbania w młodych drzewostanach prowadzące do zmian składu gatunkowego, zbyt silne cięcia w drzewostanach średnich klas wieku – trzebieże, podyktowane często względami ekonomicznymi – pozyskiwanie cennych sortymentów drzewnych);

5. Obciążenia serwitutowe – wypas bydła i grabienie ścióły (powodujące zakłócenie procesu odnowienia lasu, zakłócenia bioróżnorodności – brak runa i zmiany w glebie, zmniejszenie się możliwości regeneracji gleb w wyniku zakłócenia obiegu materii);

6. Emisje przemysłowe (procesy degradacyjne w siedlisku, destabilizacja ekosystemu).

Ad. B)

Żywotność lasów zdecydowanie się pogorszyła, a kłęski żywiołowe spowodowane przez czynniki abiotyczne, biotyczne i antropogeniczne występują na coraz większych obszarach (gradacje szkodliwych owadów, zamieranie lasów w regionach przemysłowych itp.)

Ad. C)

W ciągu ubiegłych 30–40 lat nastąpiło poważne przewartościowanie funkcji lasu. Na plan pierwszy wysunęła się funkcja środowiskotwórcza, o czym świadczą liczne akty prawne i ratyfikowane porozumienia międzynarodowe. Funkcja produkcyjna stanowi coraz częściej jedynie źródło utrzymania lasów.

Ze względu na zły stan lasów i ich coraz to mniejszą żywotność – przejawiające się w destabilizacji ekosystemu leśnego i degradacji siedlisk – a także niedoskonałość prognoz dotyczących zmian w siedlisku oraz niedostateczne rozpoznanie wpływu tych czynników na biocenozę leśną w hodowli lasu dnia dzisiejszego przy formułowaniu celów hodowlanych i sposobów ich realizacji brane są pod uwagę dwie tezy [Bernadzki i Żybura 1997]:

1) dotychczasowy model gospodarki leśnej traktujący las przede wszystkim jako producenta drewna i ograniczający się do kształtowania jednego tylko elementu ekosystemu, jakim jest drzewostan, traci swoją aktualność,

2) stan lasów oraz niedoskonałość prognoz dotyczących zmian siedlisk wymaga przyjęcia przy planowaniu hodowlanych dwóch podstawowych zasad. Są to:

– zmniejszenie ryzyka hodowlanego przez kształtowanie drzewostanów o składzie dostosowanym do siedliska, dobór właściwych ekotypów oraz odpowiednie pielęgnowanie drzewostanów i siedlisk, a także pełne wykorzystanie bioróżnorodności,

– rozproszenie ryzyka hodowlanego przez kształtowanie drzewostanów o możliwie bogatym składzie gatunkowym, zróżnicowanej strukturze (wiekowej, piętrowej) i małopowierzchniowych formach zmieszania.

Wymienione uwarunkowania spełnia półnaturalny kierunek hodowli lasu uwzględniający prawa rządzące ekosystemem leśnym, zgodny z rezolucją helsińską z 1993 r.

Las półnaturalny jest uznawany za las wielofunkcyjny, ekologicznie zrównoważony, produkujący w sposób ciągły duże ilości drewna, spełniający jednocześnie funkcje środowiskotwórcze (wpływ na gospodarkę wodną i skład powietrza, ochrona gleby, ochrona przed hałasem) poprzez zabezpieczenie naturalnego środowiska oraz zdrowej przestrzeni dla człowieka [Bernadzki 1981, Bernadzki i Żybura 1997, Schütz 1988].

Idea lasu półnaturalnego – wielofunkcyjnego koliduje:

– z dotychczasowymi sposobami użytkowania lasu (małopowierzchniowe formy cięć zupełnych, utrudnienia wynikające z potrzeb ochrony odnowień podokapowych, ochrona gleby przy zrywce itp.),

– z łowiectwem (zbyt duży stan roślinożerców w lasach i konieczność ich redukcji),

– z ochroną przyrody (introdukcja obcych gatunków drzew, intensywna hodowla drzew – plantacje, stosowanie środków ochrony roślin),

– z czynnikami społecznymi (konieczność ograniczenia penetracji lasów).

Przedstawione powyżej konflikty mogą i muszą być rozwiązane, by możliwe było ukształtowanie zróżnicowanego ekosystemu leśnego.

Zadania stojące przed hodowlą lasu półnaturalnego można realizować przez:

– wykorzystanie naturalnych procesów zachodzących w ekosystemach leśnych w sposób, który pozwoli zachować naturalny charakter drzewostanów (parki narodowe, rezerваты, tereny chronionego krajobrazu),

– kształtowanie lasu wielofunkcyjnego poprzez tworzenie drzewostanów o zróżnicowanej strukturze (gatunkowej, wiekowej, piętrowej), dobrze dostosowanych do warunków siedliskowych, przy zachowaniu bogactwa genetycznego (genotypy stabilne),

– tworzenie nowych lasów w zmienionych i zniekształconych warunkach środowiska przez odpowiedni dobór gatunków drzew, które powinny odpowiadać warunkom lokalnym i być zdolne do tolerancji stresów, przy czym selekcja genetyczna nie powinna faworyzować względów praktycznych kosztem adaptacyjnych,

– nadawanie wytypowanym drzewostanom cech plantacji z zastosowaniem intensywnych metod uprawy, przy zawężonej zmienności genetycznej drzew (plantacje) w przypadku, kiedy intensywną troską można je chronić przed szkodami.

Ponieważ lasy polskie cechuje różny stopień zniekształcenia lub nawet degradacji, istnieje potrzeba modyfikacji lasu półnaturalnego:

– w lasach mało zniekształconych (niezakłócona równowaga, zgodność biocenozy z siedliskiem) lub rosnących na siedliskach niezdegradowanych możliwe jest kształtowanie pomaturalnego modelu lasu przy zastosowaniu klasycznych metod hodowli lasu,

– w lasach zniekształconych, rosnących na siedliskach zdegradowanych konieczne jest stosowanie zabiegów specjalnych, często o charakterze ratowniczym, a osiągnięcie zaplanowanego celu finalnego musi być odsunięte na plan dalszy,

– przy kształtowaniu od podstaw ekosystemu leśnego w toku zalesiania (np. grunty polne) muszą być tworzone zbiorowiska zastępcze (przejściowe), a w perspektywie stosowane tam zabiegi inżynierii ekologicznej przyspieszające proces przekształcania ekosystemu nieleśnego w leśny [Bernadzki 1981, Bernadzki i Żybura 1997].

Obce gatunki drzew w leśnictwie

Pojęcia, cele i sposoby introdukcji

Przy wprowadzaniu obcych gatunków drzew nie występujących na danym terenie używa się pojęć nie zawsze jednoznacznie rozumianych. Należą do nich pojęcia naturalizacji i adaptacji. Najprościej pojęcia te można zdefiniować następująco:

Naturalizacja jest procesem przenoszenia gatunków drzew z obszarów o warunkach klimatycznych zbliżonych do warunków panujących na terenie zamierzonej uprawy (wyższy stopień procesu adaptacji). Aklimatyzacja to proces przystosowania się organizmu do określonych warunków środowiska zewnętrznego, zwłaszcza do warunków klimatycznych. Adaptacja jest skutkiem procesu aklimatyzacji.

Aklimatyzacja wynika z nacisku środowiska na organizm naruszający równowagę jego funkcji życiowych ustaloną na pewnym poziomie – jego homeostazę. Co prawda do jej ustalenia na nowym poziomie, czyli do adaptacji, dochodzi najczęściej na drodze fenotypowej, ale trzeba zdać sobie sprawę, że może to się odbywać na poziomie molekularnym jako proces zmian w cząsteczkach informacyjnych (DNA, białka) i jako takie może prowadzić do mutacji, a następnie do adaptacji genotypowej.

Dążenie do wzbogacenia flory drzewiastej o nowe – chociaż obce – gatunki winno być poprzedzone gruntowną analizą potrzeb i możliwości z jednej, a próbami doświadczalnymi z drugiej strony. Nieuwzględnianie tego zastrzeżenia w przeszłości naraziło gospodarkę leśną wielu krajów na poważne straty.

Cele introdukcji obcych gatunków drzew leśnych mogą być bardzo różne i uwarunkowane wieloma czynnikami zarówno przyrodniczymi, jak i ekonomicznymi. Nowe gatunki mogą odznaczać się w porównaniu z gatunkami rodzinnymi:

- większą produktywnością,
- produkcją dużych ilości drewna w znacznie krótszym okresie,
- znaczną produkcją cennych i poszukiwanych w danym kraju sortymentów drzewnych lub innych produktów,

- specjalnie korzystnymi właściwościami fizjologiczno-ekologicznymi (małe wymagania glebowe i świetlne, korzystne oddziaływanie na glebę itp.),
- dużą odpornością na działanie czynników biotycznych i abiotycznych.

Sposoby stosowane obecnie przy introdukcji obcych gatunków drzew można podzielić na dwie grupy:

- sposoby nie wywołujące zmian dziedzicznych właściwości roślin (naturalizacja z uwzględnieniem zmienności ekotypowej gatunków, szczepienie na odpornych podkładkach, stymulacja wzrostu, hamowanie rozwoju, specjalne nawożenie),
- sposoby wywołujące zmiany dziedzicznych właściwości roślin (aklimatyzacja, krzyżowanie, poliploidyzacja, mutacje).

Większość dotychczasowych prób wprowadzania obcych gatunków drzew do lasów zaliczyć należy do grupy pierwszej, ponieważ nie udało się uzyskać pozytywnych rezultatów aklimatyzacji, które z uzasadnieniem można byłoby nazwać „egzotami”. Jedyne udane przykłady z tej grupy to introdukcja topól euroamerykańskich i modrzewia eurojapońskiego przy wykorzystaniu krzyżowania.

Uwarunkowania introdukcji obcych gatunków drzew leśnych w Polsce

O wynikach introdukcji decyduje prawidłowy dobór gatunków, który powinien opierać się na dokładnej znajomości ich właściwości biologicznych, oraz bliższe określenie i porównanie warunków klimatycznych charakteryzujących obszar, z którego pochodzą z warunkami panującymi na obszarze miejsca uprawy. Dopiero poznanie całej skali zmienności danego gatunku oraz przeprowadzenie prób z różnymi jego populacjami pozwoli na mniej zawodną uprawę. Na podstawie wieloletnich już obserwacji stwierdzono, że różna zdolność adaptacyjna poszczególnych ras (ekotypów) drzew leśnych znajduje odzwierciedlenie w ich zdrowotności, odporności na wpływ niekorzystnych warunków klimatycznych, a także w przebiegu wzrostu i rozmnażania. Poznanie tych zależności umożliwia określenie wymagań ekologicznych poszczególnych gatunków i ich ras w miejscu introdukcji, co w konsekwencji umożliwia dokonanie prawidłowej oceny ich przydatności.

Dotychczasowe wyniki badań nad introdukowanymi gatunkami drzew leśnych w Polsce pozwalają twierdzić, że niektóre z nich mogą, chociaż w ograniczonym zakresie, być wykorzystane w gospodarstwie leśnym i to nie dlatego, że nasze gatunki drzew są złe, ale dlatego, że niektóre z gatunków obcych są pod pewnymi względami lepsze [Tumiłowicz 1999].

Skromna liczba rodzimych gatunków drzew iglastych i ograniczony zasięg ich naturalnego występowania w kraju wskazuje na celowość ich uzupełnienia sprawdzonymi gatunkami obcymi. Najuboższym pod tym względem regionem jest niewątpliwie północno-zachodnia część Polski (1/3 powierzchni kraju), gdzie nie ma rodzimego świerka, jodły i modrzewia, a jednocześnie układ panujących tam warunków klimatycznych najbardziej odpowiada wymaganiom siedliskowym kilku szybko rosnących i wysokoprodukcyjnych gatunków obcego pochodzenia. Można tu mówić przede wszystkim o daglezi zielonej wykazującej duży stopień zadomowienia, dużą produktywność drzewostanów oraz wysoką jakość surowca drzewnego przy stosunkowo niewielkim zagrożeniu ze strony owadów i grzybów [Chylarecki 1976, Dominik i Grzywacz 1998].

Interesującymi gatunkami są także jodła olbrzymia i żywotnik olbrzymi, a z gatunków liściastych dąb czerwony. W regionach przemysłowych, gdzie warunki dla wzrostu

większości krajowych gatunków drzew są nieodpowiednie, sosna czarna rośnie lepiej niż sosna pospolita. Wymienione gatunki obce nie są ekspansywne i nie stanowią dużego zagrożenia dla rodzimych fitocenoz. Są jednak w lasach gatunki introdukowane, które stanowią już dziś poważną konkurencję dla gatunków rodzimych, wykazują bowiem ogromną ekspansywność. Należy tu wymienić przede wszystkim czeremchę amerykańską (*Prunus serotina*) i grochodrzew (*Robinia pseudoacacia*), których usunięcie z lasów jest praktycznie niemożliwe.

Odrębnym zagadnieniem jest wprowadzanie obcych gatunków drzew w formie plantacji na specjalnie wydzielonych obszarach. Celem produkcji w takich plantacjach nie muszą być tylko produkty drzewne. Wydaje się, że wykorzystanie obcych gatunków w tej formie produkcji leśnej stanowiłoby mniejsze zagrożenie niż hodowanie drzewostanów. Plantacje choinkowe czy też stroiszowe mają krótki okres produkcji, kiedy drzewa nie wchodzi w okres obradzenia nasion.

Jak wynika z podanych kilku przykładów możliwości wykorzystywania obcych gatunków drzew leśnych w naszym kraju, problem introdukcji w modelu lasu przyszłości winien być rozpatrzony w sposób pragmatyczny, a nie dogmatyczny.

W celu zachowania rodzimych fitocenoz leśnych i stabilności ekosystemów wprowadzanie obcych gatunków drzew i krzewów należy ograniczyć do określonych regionów, wyłączając z uprawy nie tylko chronione obszary leśne, ale także duże kompleksy puszczańskie [Bellon i in. 1972, Tumiłowicz 1999]

Literatura

- Bellon S., Tumiłowicz J., Król S.** 1972. Obce gatunki drzew w gospodarstwie leśnym. PWRiL, Warszawa.
- Bernadzki E.** 1981. Aktualne cele hodowli lasu. Sylwan, 5.
- Bernadzki E., Żybura H.** 1997. Konsekwencje hodowlane polityki kompleksowej ochrony zasobów leśnych. Katedra Hodowli Lasu SGGW w Warszawie (maszynopis).
- Chylarecki H.** 1976. Badania nad daglezią w Polsce w różnych warunkach ekologicznych. Arboretum Kórnickie
- Dominik J., Grzywacz A.** 1998. Zagrożenie obcych gatunków drzew iglastych ze strony rodzimej entomofauny oraz mikoflory. Wyd. Fundacja „Rozwój”, SGGW, Warszawa.
- Danielewicz W., Maliński T.** 1998. Tendencje dynamiczne obcych gatunków drzew i krzewów w lasach Polski zachodniej. [W:] Materiały 51 Zjazdu Polskiego Towarzystwa Botanicznego w Gdańsku.
- Król S.** 1988. Synantropizacja fitocenoz leśnych przez introdukcję obcych gatunków drzew. Wiadomości Botaniczne, 32/2.
- Tumiłowicz J.** 1999. Leśne arboreta w Polsce – specyfika i działalność. Prace Ogródu Botanicznego Uniwersytetu Wrocławskiego, t. 5.

Część VII

Przygotowanie selekcyjnego materiału rozmnożeniowego

Zasady oceny nasion w Lasach Państwowych

Andrzej Załęski, Ewa Aniśko, Władysław Kantorowicz*

Cel i zakres oceny nasion w Lasach Państwowych

Cele oceny nasion w polskich Lasach Państwowych są wielokierunkowe i bardzo rozległe, a w szczególności dotyczą:

- określenia jakości nasion, potrzebnej do ustalenia ich wartości handlowej,
- określenia wartości siewnej nasion, potrzebnej do obliczenia norm wysiewu,
- przedzbiórczego testowania jakości nasion, służącego do podjęcia decyzji o celowości zbioru,
- kontroli procesów pozyskiwania nasion,
- określenia jakości i stanu fizjologicznego nasion przed złożeniem ich do przechowywania,
- kontroli procesów przechowywania,
- monitoringu jakości obradzania drzew i krzewów leśnych, w różnych latach i różnych regionach kraju.

W zależności od stawianego celu w Lasach Państwowych (LP) stosuje się dwa rodzaje oceny nasion: kwalifikacyjną i uproszczoną. Wprowadzenie dwojakiego rodzaju oceny jest następstwem przyjętego w LP systemu pozyskiwania przez nadleśnictwa małych partii nasion większości gatunków na własne potrzeby. System ten sprzyja utrwalaniu bioróżnorodności szaty roślinnej w lasach. Metody zalecane przez ISTA (International Seed Testing Association) dostosowane są do oceny dużych zapasów nasion, charakteryzujących się dużą zmiennością, rozprowadzanych przez wyspecjalizowane firmy handlowe. Z powodu dużych wymagań statystycznych, m.in. pod względem liczebności powtórzeń, metody te są bardzo kosztowne. Zastosowanie metod kwalifikacyjnych do oceny małych zapasów nasion, pozyskanych na własne potrzeby z jednego stanowiska, mija się z celem, ponieważ w wielu przypadkach koszt oceny przewyższyłby handlową wartość nasion.

W rozumieniu niniejszych zasad za partię jednorodną uważa się całkowitą ilość materiału siewnego jednego gatunku, zebraną w tym samym nadleśnictwie, w jednej bazie rozmnożeniowej (drzewostanie, kompleksie drzewostanów, plantacji, z jednego drzewa doborowego itp.) i w tym samym mikroregionie nasiennym. Dopuszcza się wyjątkowo łączenie w jedną partię materiału siewnego w przypadku sosny zwyczajnej, świerka pospolitego i modrzewia, pozyskanego w różnych gospodarczych drzewostanach nasiennych w jednym nadleśnictwie, ale rosnących na takim samym siedlisku i w tym samym mikroregionie nasiennym. Za jednorodny zapas materiału siewnego uważa się natomiast całość partii lub jej część przechowywaną w jednej przechowalni, w takich samych pojemnikach i takich samych warunkach termiczno-wilgotnościowych.

* Zakład Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych, Instytut Badawczy Leśnictwa w Warszawie

Ocenę kwalifikacyjną prowadzi się obligatoryjnie w celu dokładnego określenia żywotności, wartości siewnej i handlowej nasion, dla potrzeb:

- kupna, sprzedaży lub wymiany dokonanej z innymi podmiotami gospodarczymi, osobami prawnymi i fizycznymi, nie wchodzącymi w skład organizacji Lasów Państwowych,
- określenia żywotności nasion przed przechowaniem długoterminowym (szczególnie w „bankach genów”),
- określenia żywotności nasion pozyskanych przez nadleśnictwa lub zgromadzonych w przechowalniach LP w bardzo dużych zapasach:
 - > 100 kg dla gatunków o nasionach bardzo lekkich i lekkich,
 - > 1000 kg dla gatunków o nasionach średnio ciężkich i ciężkich,
 - > 10 000 kg dla gatunków o nasionach bardzo ciężkich.

Ocena kwalifikacyjna może być również wykonywana na specjalne życzenie odbiorcy, np. w czasie sprzedaży i wymiany nasion między różnymi nadleśnictwami lub do dokładnego sprawdzenia wartości siewnej nasion przed siewami punktowymi.

We wszystkich innych przypadkach dla wewnętrznych potrzeb jednostek gospodarczych wchodzących w skład organizacji LP dopuszcza się stosowanie uproszczonej oceny nasion, która orientacyjnie określa ich żywotność i wartość siewną. Na wniosek organów inspekcji i nadzoru LP wyniki oceny uproszczonej mogą być poddawane weryfikacji przez zastosowanie kontrolnej oceny kwalifikacyjnej wybranych próbek z orientacyjnie ocenionych zapasów nasion.

Do wydawania międzynarodowych świadectw ISAC (International Seed Analysis Certificates) upoważnione są tylko stacje autoryzowane, będące członkiem stowarzyszenia ISTA. Świadectwa takie mogą być wydawane tylko wtedy, gdy próbki będą pobrane przez te stacje bezpośrednio lub według specjalnych, wydanych przez nie regulaminów. Pobieranie próbek i ocena nasion muszą być zgodne z aktualnie obowiązującymi Międzynarodowymi Normami Testowania Nasion (International Rules for Seed Testing).

Gatunki podlegające ocenie

Obowiązkowej ocenie podlegają nasiona 100 gatunków drzew podstawowych i uzupełniających oraz krzewów biocenotycznych, stosowane w gospodarstwie leśnym i szkółkach zadrzewieniowych (tab. 1 i 2), pozyskane w odpowiednio dużych partiach. Ocenie kwalifikacyjnej podlegają nasiona tylko tych gatunków, które wyszczególnione są w regulaminach ISTA; w przypadku pozostałych 27 gatunków prowadzi się tylko ocenę uproszczoną.

Nasiona gatunków introdukowanych i ozdobnych oceniane są na zasadzie dobrowolności lub odrębnych zleceń wydawanych przez pracowników nadzoru w Lasach Państwowych i innych zleceńodawców.

Tabela 1. Kwalifikacyjne metody oceny nasion różnych gatunków drzew i krzewów

Grupa	Rodzaj i gatunek	Próba kiełkowania				Przysposobienie nasion oraz testy zastępujące próbę kiełkowania a) sposób przysposobienia przed siewem b) rodzaj testu zastępczego
		substrat	temperatura [°C]	obserwacje (po dniach)		
				energia	zdolność	
I	topola osika	TP	20–30	3	10	-
II	robinia biała (r. akacyjowa, grochodrzew) sosna Banksa sosna czarna wiąz górski (brzost) wiąz polny (w. pospolity) wiąz szypułkowy (limak)	TP	20–30	7	14	a) skaryfikacja nasion robinii skalpelem lub stężonym kwasem siarkowym (H ₂ SO ₄)
III	brzoza brodawkowata brzoza omszona cyprysik groszkowy cyprysik Lawsona lilak pospolity (bez turecki) modrzew europejski modrzew japoński modrzew polski olsza czarna olsza szara sosna górska (kosodrzewina) sosna zwyczajna świerk pospolity świerk serbski żywołnik olbrzymi żywołnik zachodni	TP	20–30	7	21	-
IV	dagleź zielona (jedlica Douglasa) sosna wydmowa	TP	20–30	7	21	a) podwójny test, nasiona niechłodzone i chłodzone przez 21 dni
V	klon srebrzysty	S lub TP	20–30	7	21	-
VI	karagana syberyjska	TP	20–30	7	21	a) skaryfikacja skalpelem i moczenie przez 3 godziny
VII	kasztanowiec biały (k. zwyczajny)	TS lub S	20–30 lub 20	7	21	a) moczenie przez 48 godzin i odkrojenie okrywy nasiennej na końcu przeciwległym do korzonka
VIII	morwa biała	TP	20–30	14	28	-
IX	dąb bezszypułkowy dąb czerwony dąb szypułkowy	TS lub S	20	7	28	a) moczenie przez 48 godzin i odkrojenie 1/3 długości liścieni na końcu przeciwległym do korzonka
X	jodła pospolita (j. biała) jodła olbrzymia	TP	20–30	7	28	a) podwójny test, nasiona niechłodzone i chłodzone przez 21 dni
XI	choina kanadyjska	TP	15	7	28	a) chłodzenie przez 28 dni
XII	choina zachodnia	TP	20	7	35	a) podwójny test, nasiona niechłodzone i chłodzone przez 21 dni
XIII	sosna wejmutka	TP	20–30 lub 20	7	28	a) podwójny test, nasiona niechłodzone i chłodzone przez 28 dni b) barwienie TT

Tabela 1. Cd.

Grupa	Rodzaj i gatunek	Próba kiełkowania				Przysposobienie nasion oraz testy zastępujące próbę kiełkowania a) sposób przysposobienia przed siewem b) rodzaj testu zastępczego
		substrat	temperatura [°C]	obserwacje (po dniach)		
				energia	zdolność	
XIV	czeremcha pospolita czeremcha późna (cz. amerykańska) dereń jadalny (d. właściwy) dereń świdwa grusza pospolita (g. polna) jabłoń dzika (płonka) kalina koralowa klon polny (paklon) ligustr pospolity oliwnik wąskolistny róża dzika (szypszyna) róża faldzistolistna (r. pomarszczona) róża rdzawa (r. szkocka) sosna limba	-	-	-	-	b) barwienie TT
XV	trzmielina brodawkowata trzmielina pospolita	- TP	- 20–30	- 7	- 28	b) barwienie TT a) chłodzenie przez 45 dni
XVI	klon jawor klon jesionolistny klon pospolity	- S lub TP	- 20	- 7	- 21	b) barwienie TT a) chłodzenie przez 60 dni
XVII	leszczyna pospolita	- S	- 20 lub 20–30	- 14	- 35	b) barwienie TT a) usunięcie okrywy i chłodzenie przez 60 dni
XVIII	jałowiec pospolity	- TP lub S	- 20	- 14	- 28	b) barwienie TT a) chłodzenie przez 90 dni
XIX	cis pospolity głóg dwuszyjkowy (g. zajęczy) głóg jednoszyjkowy jarzab brekinia (brzęk) jarzab mączny (mąkinia) jarzab pospolity jarzab szwedzki lipa drobnolistna	- S	- 20–30	- 7	- 28	b) barwienie TT a) po odpowiedniej dla każdego gatunku stratyfikacji
XIX	lipa krymska lipa szerokolistna (l. wielolistna) sosna rumelyjska wiśnia ptasia, czereśnia (trześnia)	- S	- 20–30	- 7	- 28	b) barwienie TT a) po odpowiedniej dla każdego gatunku stratyfikacji

Tabela 1. Cd.

Grupa	Rodzaj i gatunek	Próba kiełkowania				Przysposobienie nasion oraz testy zastępujące próbę kiełkowania a) sposób przysposobienia przed siewem b) rodzaj testu zastępczego
		substrat	temperatura [°C]	obserwacje (po dniach)		
				energia	zdolność	
XX	grab pospolity	S	20	14	42	b) barwienie TT a) po stratyfikacji odpowiedniej dla każdego gatunku
XXI	jesion wyniosły	TP	20–30	14	56	b) barwienie TT a) po stratyfikacji odpowiedniej dla każdego gatunku
XXII	buk pospolity	TP	3–5	-	do 170	b) barwienie TT a) okres obserwacji zależy od długości spoczynku

podłoże: TP – na bibule, TS – na piasku, S – w piasku; temperatura podłoża: zmienna w zakresie 20–30°C lub 3–5°C; stała – 15 lub 20°C; chłodzenie prowadzone jest w temperaturze 3–5°C; test zastępujący kiełkowanie: TT – barwienie roztworem chlorku 2,3,5-trifenyloctetrazoliny.

Tabela 2. Uprozczone (orientacyjne) metody oceny nasion różnych gatunków drzew i krzewów

Grupa	Rodzaj i gatunek	Próba kiełkowania				Przysposobienie nasion oraz testy zastępujące próbę kiełkowania a) sposób przysposobienia przed siewem b) i c) rodzaj testu zastępczego
		substrat	temperatura [°C]	obserwacje (po dniach)		
				energia	zdolność	
I	topola osika	NB	20–30 lub 24	3	7	a) nie wymagają
		-	-	-	-	b) RTG
II	brzoza brodawkowata brzoza omszona lilak pospolity (bez turecki) morwa biała olsza czarna olsza szara	NB	20–30 lub 24	7	14	a) nie wymagają
		-	-	-	-	b) RTG
III	świerk pospolity świerk serbski żywotnik olbrzymi żywotnik zachodni cyprysik groszkowy cyprysik Lawsona karagana syberyjska modrzew europejski modrzew polski robinia biała (r. akacyjowa, grochodrzew) rokitnik pospolity sosna Banksa sosna czarna sosna górską (kosodrzewina) sosna zwyczajna wiąz górski (brzost) wiąz polny (w. pospolity) wiąz szypułkowy (limak)	NB	20–30 lub 24	7	14	a) : – skaryfikacja nasion robinii skalpelem lub stężonym H ₂ SO ₄ – skaryfikacja nasion rokitnika wrzącą wodą
		-	-	-	-	b) barwienie IC lub TT

Tabela 2. Cd.

Grupa	Rodzaj i gatunek	Próba kiełkowania				Przysposobienie nasion oraz testy zastępujące próbę kiełkowania a) sposób przysposobienia przed siewem b) i c) rodzaj testu zastępczego
		substrat	temperatura [°C]	obserwacje (po dniach)		
				energia	zdolność	
IV	modrzew japoński	NB	20–30 lub 24	14	21	a) nie wymagają b) barwienie IC lub TT
		-	-	-	-	
V	choina kanadyjska choina zachodnia daglezja zielona (jedlica Douglasa) sosna wejmutka sosna wydmowa	NB	20–30 lub 24	14	21	a) chłodzenie przez 21 dni b) barwienie IC lub TT
		-	-	-	-	
VI	dąb bezszypułkowy dąb czerwony dąb szypułkowy kasztanowiec biały (k. zwyczajny)	WP lub NP	20	7	28	a) moczenie przez 48 godzin i odkrojenie 1/3 długości liścieni (u żółędzi) lub samej okrywy nasiennej (u kasztanów), na końcu przeciwnym do korzonka b) krojenie (KR)
		-	-	-	-	
VII	buk pospolity jodła olbrzymia jodła pospolita (j. biała)	-	-	-	-	b) barwienie TT lub IC
		-	-	-	-	
VIII	czeremcha pospolita czeremcha późna dereń jadalny dereń świdwa głóg dwuszyjkowy głóg jednoszyjkowy grab pospolity grusza pospolita (g. polna) jabłoń dzika (płonka) jarzab brekinia (brzęk) jarzab mączny (mąkinia) jarzab pospolity jarzab szwedzki jesion wyniosły kalina koralowa klon jawor klon jesionolistny klon polny (paklon) klon srebrzysty klon pospolity leszczyna pospolita ligustr pospolity oliwnik wąskolistny trzmielina brodawkowata trzmielina pospolita wiśnia ptasia, czereśnia	-	-	-	-	b) barwienie TT c) krojenie (KR)
		-	-	-	-	

Tabela 2. Cd.

Grupa	Rodzaj i gatunek	Próba kiełkowania				Przysposobienie nasion oraz testy zastępujące próbę kiełkowania a) sposób przysposobienia przed siewem b) i c) rodzaj testu zastępczego
		substrat	tempe- ratura [°C]	obserwacje (po dniach)		
				ener- gia	zdol- ność	
IX	cis pospolity					b) barwienie IC lub TT c) krojenie (KR)
	jałowiec pospolity					
	lipa drobnolistna	-	-	-	-	
	lipa krymska	-	-	-	-	
	lipa szerokolistna					
X	sosna limba					b) krojenie (KR) c) RTG
	sosna rumelyjska					
	berberys Thunberga					
	bez czarny (b. lekarski)					
	bez koralowy					
	dereń biały					
	dereń rozłogowy					
	klon tatarski					
	kolcowój pospolity (k. szkarłatny)					
	kruszyna pospolita					
	oliwnik srebrzysty					
	orzech czarny					
	orzech szary					
	orzech włoski					
	pigwowiec japoński					
	pigwowiec okazały					
	pigwowiec pośredni	-	-	-	-	
	porzeczka alpejska	-	-	-	-	
	róża dzika (szypszyna)					
	róża faldzistolistna (r. pomarszczona)					
	róża rdzawa (r. szkocka)					
	suchodrzew pospolity					
	sumak octowiec (s. odurzający)					
	szakłak pospolity					
	śliwa tarnina					
	śliwa wiśniowa (ałycza)					
	śnieguliczka biała					
	świdośliwa jajowata					
wiśnia karłowata (wisienka stepowa)						
wiśnia kwaśna						
wiśnia wonna (antypka)						

podłoże: NB – na bibule, NP – na piasku, WP – w piasku; temperatura podłoża: zróżnicowana w zakresie 20-30°C, stała – 24 i 20°C (±1°C), chłodzenie prowadzone jest w temperaturze 3–5°C, testy zastępujące kiełkowanie: TT – barwienie nasion roztworem chloru 2,3,5-trifenyloitetrazoliny, IC – barwienie zarodków roztworem indygokarminu, KR – ocena na podstawie przekroju przez nasiono, RTG – ocena na podstawie zdjęć rentgenowskich

Zapasy nasion podlegające ocenie

Główny cel oceny kwalifikacyjnej narzuca obowiązek stosowania jej w odniesieniu do wszystkich zapasów nasion, nawet niewielkich, przeznaczonych do celów handlowych. W przypadku bardzo małych partii nasion, gdy koszt oceny jest większy od wartości nasion, za zgodą obu stron biorących udział w transakcji handlowej można zrezygnować z obowiązku stosowania oceny kwalifikacyjnej.

Obowiązkowej ocenie uproszczonej, stosowanej powszechnie w LP, podlegają nasiona pozyskiwane lub przechowywane tylko w odpowiednio dużych partiach (zapasach), których masa jest większa co najmniej 5-krotnie od masy średniej próbki przysyłanej do oceny (tab. 1, kolumna 6). Ocena mniejszych partii nasion jest dobrowolna. Próbkę pochodzącą z bardzo małych partii cennych nasion, np. z drzew doborowych, mogą być oceniane z zastosowaniem metod nie uszkadzających nasion, np. na podstawie zdjęć rentgenowskich zarodka.

Od obowiązku przewidzianej oceny uproszczonej w leśnych Stacjach Oceny Nasion (SON) zwolnione są te nasiona pozyskiwane „na zielono” na własne potrzeby, które należy wysiewać natychmiast po zbiorze. Próbkę tych nasion powinny być ocenione przed siewem metodą krojenia, przez leśniczego szkółkarza, na podstawie przekroju porcji trzech pięćdziesiątek nasion. Jeśli nasiona pozyskane „na zielono” nie zostały ocenione metodą uproszczoną przed siewem, to ich próbka powinna być wysłana po siewie do SON w celu dokonania oceny kontrolnej. Odstępstwo to dotyczy również nasion wysiewanych natychmiast po zbiorze jesiennym, o ile okres pomiędzy pozyskaniem a siewem jest krótszy niż trzy tygodnie.

Nasiona zebrane w szyszkach, owocach, mięsistych osnówkach lub szyszkojadogach ocenia się na takich samych zasadach jak nasiona pozyskane z nich i oczyszczone, pod warunkiem dokonania dodatkowej oceny wydajności nasion.

Termin oceny

Uproszczona ocena nasion w Lasach Państwowych stosowana jest w czterech terminach:

- przed zbiorem,
- po zbiorze przed siewem lub przechowywaniem,
- w czasie przechowywania,
- przed siewem po przechowaniu lub przysposabianiu (stratyfikacji).

Ocena jakości nasion przed zbiorem powinna być prowadzona we własnym zakresie, np. przez zbieracza, na podstawie przekroju kilkadziesiątu nasion (metoda krojenia). Próbkę pozyskiwanych w dużych ilościach szyszek takich drzew, jak sosna, świerk, modrzew i daglezwia zielona mogą być przesyłane do uproszczonej oceny w SON w celu zbadania przed wyłuszczeniem żywotności nasion (metodą kielkowania) oraz określenia wydajności nasion z szyszek.

Po zbiorze przed siewem oceniane są w SON nasiona wszystkich gatunków pozyskiwanych latem i jesienią, a przeznaczone do siewu tej samej jesieni oraz pozyskiwane zimą (grudzień–marzec), a wysiewane na najbliższą wiosnę. Nasiona te powinny być przysłane do oceny po pozyskaniu (w ciągu jednego miesiąca). Okres ważności oceny w pełni dojrzałych nasion (nie pozyskiwanych „na zielono”) gatunków liściastych i jodły trwa wtedy do czterech miesięcy, a pozostałych gatunków iglastych – do sześciu miesięcy. Na tej samej

zasadzie oceniane są również świeżo pozyskane nasiona przeznaczone do przechowywania lub wielomiesięcznego przysposobiania (stratyfikacji).

W czasie wieloletniego przechowywania nasion dokonywana jest w SON uproszczona ocena kontrolna zmian jakości. Próbkę nasion przechowywanych w chłodniach, w temperaturze stałej +3°C i niższej, mogą być przesyłane do oceny kontrolnej co 2–3 lata, natomiast próbki nasion przechowywanych w piwnicach, w temperaturach zmiennych – od +4 do +15°C, powinny być oceniane co rok – najlepiej w okresie późnojesiennym i zimowym (od grudnia do lutego). Okres ważności takiej oceny dla większości gatunków iglastych wynosi sześć miesięcy a dla gatunków liściastych i jodły – trzy miesiące. Wykonana w odpowiednim czasie ocena kontrolna może więc służyć jednocześnie do określenia wartości siewnej nasion przed wysiewem ich w szkółce w czasie najbliższej wiosny.

Jeśli od czasu ostatniej oceny nasion, wykonanej zaraz po zbiorze lub w czasie przechowywania, minął przewidziany okres ważności, to należy dokonać w SON kolejnej uproszczonej oceny przedsiewnej w celu określenia norm wysiewu. Od obowiązku takiej oceny zwolnione są zapasy nasion stratyfikowanych w warunkach naturalnych (np. dołowanych czy przechowywanych w piasku pod drzewostanem). Nasiona te należy wysiewać po rozmrożeniu gleby, pod warunkiem, że były ocenione już na jesieni przed złożeniem ich do stratyfikacji. Odstępstwo to można stosować wtedy, gdy okres pomiędzy wydobyciem nasion z dołu a siewem wynosi mniej niż trzy tygodnie. W przypadku stratyfikowania w warunkach naturalnych tych nasion, których spoczynek spowodowany jest również przyczynami natury anatomicznej (np. jesion, limba), przed wysiewem należy we własnym zakresie dokonać kontroli rozwoju zarodka na podstawie przekrojenia kilkudziesięciu nasion. Dotyczy to również nasion przechowywanych po przysposobieniu i zamrożonych z substratem.

Ocena kwalifikacyjna dla potrzeb handlowych dokonywana jest na bieżąco (przed sprzedażą). W obrocie wewnętrznym LP okres ważności oceny kwalifikacyjnej jest taki sam jak oceny uproszczonej.

Stacje Oceny Nasion mają obowiązek wykonać w ciągu jednego miesiąca ocenę próbek nasion gatunków liściastych nie wymagających stratyfikacji lub nie ocenianych metodą kiełkowania, a także świeżo wyłuszczone nasion sosny, świerka i modrzewia, które będą wysiewane na najbliższą wiosnę. W ciągu dwóch miesięcy należy ocenić próbki nasion tych gatunków, których łączny czas stratyfikacji i kiełkowania trwa dłużej niż jeden miesiąc (tab. 1 i 2). Dopuszcza się dłuższy, nie przekraczający jednak trzech miesięcy, termin wykonania oceny próbek nasion przechowywanych dłużej niż przez jedną zimę i świeżo wyłuszczone nasion sosny, świerka i modrzewia, które nie będą wysiewane na najbliższą wiosnę.

Metody oceny

Zakres badania nasion

W zakres obu rodzajów oceny (kwalifikacyjnej i uproszczonej) wchodzi określenie czterech podstawowych charakterystyk:

- 1) czystości plonu,
- 2) masy 1000 nasion,
- 3) żywotności nasion,
- 4) liczby nasion zdolnych do skielkowania, podanej w przeliczeniu na jednostkę masy ich zapasu.

Zależnie jednak od rodzaju oceny inne są wymagania pod względem wielkości próbki przysyłanej do oceny ze względu na metodykę badań nasion i inne opracowania statystyczne wyników.

W przypadku nasion przeznaczonych do długoterminowego przechowywania, oprócz określenia charakterystyk wymienionych w p. 1–4, prowadzone są dodatkowo badania wilgotności, a w przypadku próbek szyszek, szyszkojagód, nasion w osnówkach lub owoców ustalana jest procentowa wydajność nasion z surowca.

Ze względu na konieczność zastosowania w SON różnych metodyk badania nasion, nadawca próbek musi ściśle określić jakiego rodzaju ocenę pragnie uzyskać – kwalifikacyjną czy też uproszczoną. Jeśli nasiona przeznaczone są do natychmiastowego wysiewu po zbiorze jesiennym lub na wiosnę po wydobyciu z dołu stratyfikacyjnego, to nadawca powinien umieścić również uwagę o potrzebie dokonania oceny przyspieszonej (poza kolejnością).

Ocena kwalifikacyjna

Kwalifikacyjna ocena nasion prowadzona jest na podstawie międzynarodowych przepisów ISTA dostosowanych do warunków Polski (dobór metod dostosowany jest do składu gatunkowego polskich lasów).

Istnieje obowiązek przysyłania do oceny kwalifikacyjnej odpowiednio dużych próbek średnich (tab. 1), ponieważ badanie czystości i żywotności prowadzone jest w SON w przypadku próbek większych niż ma to miejsce w ocenie uproszczonej próbek ścisłych. Wynika to z konieczności stosowania większej liczby powtórzeń, co najmniej 4×100 sztuk, przy określaniu żywotności nasion, których liczba może być jeszcze zwiększana w przypadku dużej zmienności zapasu.

Podstawową metodą określania żywotności nasion w ocenie kwalifikacyjnej jest próba kiełkowania ich na bibule i piasku lub w piasku, a w przypadku nasion wymagających długookresowego przysposobienia przedświeżego – próba barwienia nasion tetrazoliną. Wykaz metod oceny nasion dla różnych gatunków drzew i krzewów zestawiono w tabeli 2.

Wniki badań nasion za pomocą metody kwalifikacyjnej opracowywane są statystycznie według aktualnych przepisów ISTA, a wynik oceny podawany jest na specjalnym druku „Indywidualnego świadectwa kwalifikacyjnej oceny nasion”.

Ocena uproszczona

Uproszczona ocena nasion prowadzona jest na podstawie stosowanych od dawna w Polsce zasad i metodyk opracowanych w Instytucie Badawczym Leśnictwa (tab. 2).

W ocenie uproszczonej, oprócz skróconej próby kiełkowania i uproszczonej metody tetrazolinowej, dopuszczalne jest również stosowanie takich metod orientacyjnych, jak barwienie zarodków indygo karminem, ocena nasion na podstawie przekroju przez ich zarodek (metoda krojenia) oraz na podstawie zdjęć rentgenowskich (zwykle i kontrastowe metody RTG). Badanie czystości plonu w uproszczonych metodach oceny nasion prowadzone jest tylko na jednej próbce ścisłej, a przeciętna masa 1000 nasion i procent żywotności ustalane są jako średnia arytmetyczna z trzech powtórzeń. W przypadku dużej zmienności nasion, gdy różnica między masą skrajnych setek przekracza 10% średniej, liczbę powtórzeń podwaja się.

Wyniki uproszczonej oceny nasion podawane są na druku „Zbiorczego świadectwa uproszczonej oceny nasion”.

Zastosowanie rentgenowskich metod oceny nasion w leśnictwie

Andrzej Załęski*

Rentgenowskie metody oceny nasion polegają na prześwietlaniu ich w specjalnym aparacie, wytwarzającym bardzo „miękkie” promienie X, o długości fal od 5×10^{-11} m do 25×10^{-11} m. Tak miękkie promienie zatrzymywane są przez zwarte lub nasycone substancją kontrastową tkanki nasion, a częściowo lub całkowicie przepuszczane przez tkanki luźne oraz puste przestrzenie. Dzięki temu na zdjęciu (kliszy rentgenowskiej) łatwo można rozróżnić szczegóły wewnętrznej budowy nasion, co pozwala wykryć ich niedorozwój, deformacje i obecność larw.

W nasiennictwie leśnym rentgenografię zastosowano po raz pierwszy w Szwecji w 1903 r. w celu sprawdzenia przydatności szyszek do zbioru. Systematyczne prace nad rentgenowskimi metodami oceny nasion drzew iglastych rozpoczęto w Szwecji znacznie później, bo dopiero w 1954 r. Badania nad metodami oceny nasion leśnych na podstawie prześwietlania promieniami X prowadzone były także w byłych ZSRR oraz CSRS. Do badań tych włączył się w 1986 r. również Instytut Badawczy Leśnictwa w Polsce. Pomimo znacznego już rozwoju metod rentgenowskich zostały one usankcjonowane przez ISTA dopiero w przepisach z 1993 r. [International Seed Testing Association 1993] i to w ograniczonym zakresie.

Dzięki dużej prostocie i szybkości wykonania badań rentgenografia nasion znajduje duże zastosowanie jako metoda orientacyjna lub uzupełniająca inne metody oceny żywotności nasion. Metoda ta jest szczególnie przydatna do oceny „bielmowych” nasion gatunków iglastych, u których wielkość i rozwój zarodka nie zawsze skorelowane są z masą. W leśnictwie metody rentgenowskie znajdują szczególne zastosowanie w przypadku:

- potrzeby przyspieszonej (w ciągu 1, 2 dni) oceny jakości nasion (głównie przed podjęciem decyzji o celowości zbioru),
- konieczności niedestrukcyjnego badania nasion, które później mogą być wykorzystane do hodowania siewek dla celów gospodarczych (np. w przypadku bardzo małych porcji cennych nasion) lub doświadczalnych,
- potrzeby ustalenia przyczyny złego kiełkowania nasion,
- badania zmian pod względem rozwoju zarodków i ich zamierania pod wpływem niekorzystnych warunków środowiska (monitoring biologiczny).

W zależności od potrzeb i stanu nasion, ocenę rentgenowską wykonuje się na podstawie:

- wewnętrznej budowy nasion,
- nasycenia tkanek chemicznymi substancjami kontrastowymi,
- zdolności zatrzymywania wody przez tkanki nasion (kontrast wodny).

* Zakład Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych, Instytut Badawczy Leśnictwa w Warszawie

Ocena nasion na podstawie ich budowy wewnętrznej

Świeżo zebrane, zdrowe i nieuszkodzone nasiona można oceniać zarówno na podstawie proporcji ich budowy wewnętrznej, jak i na podstawie bezwzględnych wymiarów zarodka i bielma (lub prabielma u gatunków iglastych). Analiza proporcji budowy wewnętrznej nasion umożliwia teoretyczne wyliczenie spodziewanej zdolności kiełkowania (potencjału kiełkowania), od bezwzględnej zaś długości zarodka zależy w pewnym stopniu późniejszy wzrost siewek.

Badacze szwedzcy [Simak 1980] opracowali dla gatunków iglastych klasyfikację rozwoju zdrowych nasion, w której wyróżnia się pięć klas rozwoju zarodka i dwie klasy rozwoju prabielma. Klasyfikację tę zmodyfikowali badacze rosyjscy dla potrzeb gatunków liściastych [Smirnova 1978]. Po ustaleniu w próbie (na podstawie zdjęć rentgenowskich) liczby nasion z odpowiednich klas rozwoju i podstawieniu danych do specjalnych wzorów można obliczyć spodziewaną zdolność kiełkowania (potencjał kiełkowania). Dla sosny i świerka dokładne wzory opracowano w Szwecji [Simak 1980], a dla modrzewia, brzozy i olszy w Polsce [Załęski i in. 1991]. Rosjanie opracowali uniwersalne wzory, jeden dla wszystkich gatunków iglastych i drugi dla liściastych [Smirnova 1978]. Wzory do obliczania potencjału kiełkowania nasion przedstawiono w tabeli 1, a odsetek kiełkowania na przykładzie nasion sosny zwyczajnej i świerka – w tabeli 2.

Tabela 1. Wzory do obliczania spodziewanej zdolności potencjału kiełkowania nasion na podstawie rozwoju anatomicznego

Pochodzenie i przeznaczenie wzoru	Metoda
Szwedzki dla sosny i świerka	$A_p = \frac{n_1 w_1 + n_2 w_2 + \dots + n_8 w_8}{N}$
Rosyjski dla gatunków iglastych	$Z = \frac{0,5N_2 + N_3 + N_4}{N} \times 100\%$
Rosyjski dla gatunków liściastych	$Z = \frac{0,5N_3 + N_4 + N_5}{N} \times 100\%$
IBL dla modrzewia	$P_k = \frac{0,70N_2 + 0,90(N_3 + N_4)}{N} \times 100\%$
IBL dla brzozy	$P_k = \frac{0,70N_2 + 0,85(N_3 + N_4 + N_5)}{N} \times 100\%$
IBL dla olszy	$P_k = \frac{0,90N_2 + 1,00(N_3 + N_4 + N_5)}{N} \times 100\%$

$n_1, n_2, n_3 \dots n_8$ – liczebność nasion w kolejnych klasach rozwoju prabielma i zarodka sosny i świerka,
 $w_1, w_2, w_3 \dots w_8$ – odsetek kiełkowania nasion z odpowiednich klas rozwoju prabielma i zarodka,
 N_2, N_3, N_4, N_5 – liczebność nasion w II, III, IV i V klasie rozwoju samego zarodka, N – liczebność całej próbki

Tabela 2. Odsetek kiełkowania nasion sosny i świerka o różnej klasie rozwoju prabielma i zarodka

Gatunek	Klasy rozwoju prabielma i zarodka							
	IA (w ₁)	IIA (w ₂)	IIIA (w ₃)	IVA (w ₄)	IIP (w ₅)	IIB (w ₆)	IIIB (w ₇)	IVB (w ₈)
Sosna zwyczajna*	0	50	88	99	0	5	43	68
Świerk pospolity**	0	36	82	97	0	15	71	92

w₁ – w₈ – patrz tabela 1, * według Simaka [1957], ** według Kamry [1963]

Badania rozpoznawcze przeprowadzone w Zakładzie Nasiennictwa i Selekcji IBL [Załęski 1990] wykazały, że duże nasiona wejmutki z niecałkowicie wyrosniętymi zarodkami (o długości 50–75% długości kanału zarodkowego) były bardziej żywotne od małych nasion z całkowicie wyrosniętym zarodkiem, ponieważ bezwzględna długość zarodków u tych drugich była i tak mniejsza. Istotny wpływ bezwzględnej długości zarodka na wzrost jednorocznych siewek obserwowano również w wyniku porównań nasion świerka różnych proveniencji lub pochodzących z różnych zbiorów [Załęski 1991]. Stwierdzono bardzo duże różnice między rozwojem nasion zbieranych w różnych latach w obrębie tych samych drzewostanów.

W wyniku badań nad sosną czarną udowodniono istnienie korelacji pomiędzy długością zarodka i bielma w nasionach a masą wyrosłych z nich siewek, chociaż współczynniki korelacji wynosiły tylko 0,4–0,5 [Załęski i Borkowska 1993].

W następstwie powyższych spostrzeżeń w Instytucie Badawczym Leśnictwa stosuje się dla celów monitoringu zasobów genowych dodatkowe kryteria oceny nasion polegające na porównaniu wymiarów zarodka i bielma ze standardami opracowanymi na podstawie wieloletnich obserwacji [Załęski i Gozdalik 1994]. Standardowe wymiary zarodka i prabielma nasion sosny pospolitej i świerka podano w tabeli 3.

Tabela 3. Standardowe wymiary średnich wielkości zarodka i prabielma w próbkach nasion sosny zwyczajnej i świerka pospolitego I klasy jakości w Polsce

Gatunek	Wymiary [mm]	Średnia	Odchylenie standardowe	Przedziały dla zbioru próbek	
				90%	99%
Sosna zwyczajna	długość prabielma	3,32	0,18	3,03–3,61	2,87–3,77
	szerokość prabielma	1,94	0,08	1,81–2,07	1,73–2,15
	długość zarodka	3,02	0,16	2,75–3,29	2,60–3,44
	grubość zarodka	0,52	0,04	0,46–0,58	0,42–0,62
Świerk pospolity	długość prabielma	3,34	0,12	3,14–3,54	3,03–3,65
	szerokość prabielma	1,78	0,08	1,65–1,91	1,57–1,99
	długość zarodka	2,92	0,15	2,67–3,17	2,53–3,31
	grubość zarodka	0,46	0,03	0,41–0,51	0,38–0,54

Stwierdzono, że w przypadku próbek nasion sosny o średniej grubości zarodka: < 0,46 mm można się spodziewać, z dużym prawdopodobieństwem, mniejszej zdolności kiełkowania niż w przypadku nasion o zarodkach grubszych. Wykazano to na przykładzie słabo kiełkujących nasion sosny pozyskanych w zimie 1986/1987 na terenie RDLP w Katowicach. Nasiona te bowiem pod względem grubości zarodków znacznie odbiegały od standardów krajowych (95% próbek miało zarodki o przeciętnej grubości 0,45 mm i mniejszej, podczas gdy około 95% próbek nasion I klasy jakości, pozyskiwanych w Polsce w okresie siedmiu lat, miało zarodki o przeciętnej grubości 0,47 mm i więcej). Długość tych zarodków była natomiast równa długości kanału zarodkowego [Załęski i Kowalska 1988], co według kryteriów szwedzkich nie świadczy o słabej żywotności nasion. O ile nienormalnie mała grubość zarodka może być symptomem obniżonej żywotności nasion, o tyle nienormalnie mała długość zarodka i bielma mogą być symptomem niewielkiej wartości użytkowej, przejawiającej się gorszym wzrostem pozyskanych z takich nasion siewek.

Ocena nasion z zastosowaniem chemicznych substancji kontrastowych

Chemiczne substancje kontrastowe wnikają do martwych i zamierających tkanek nasion, które dzięki temu silniej absorbują promienie X i dają na kliszy rentgenowskiej białe (mocno przezroczyste) płaszczyzny lub plamy. Metodę tę stosuje się głównie do oceny nasion przechowywanych (starzejących się) lub takich, co do których istnieje podejrzenie, że zostały zniszczone podczas ich pozyskiwania (przeznaczonych, zaparzonych itp.). Do oceny nasion różnych gatunków używa się różnych substancji kontrastowych o różnym stężeniu. Najczęściej są to BaCl₂, NaJ lub KJ. Metodę kontrastową w odniesieniu do nasion sosny pospolitej opracował Simak [1957], dla świerka pospolitego – Kamra [1963], dla daglezi – Devillez i Oldenhove de Quetec [1973], a dla jesionu i modrzewia – Machaniček [1980, 1985]. Warunki przygotowania nasion do prześwietlenia w odniesieniu do pięciu wymienionych wyżej gatunków przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Przygotowanie nasion różnych gatunków drzew do prześwietlenia, przy zastosowaniu chemicznych substancji kontrastowych (według metod zagranicznych)

Gatunek drzewa	Czas moczenia nasion w wodzie destylowanej [godz.]	Rodzaj i stężenie roztworu wodnego substancji kontrastowej	Czas moczenia w roztworze substancji kontrastowej [godz.]	Czas płukania pod wodą bieżącą [min]	Czas suszenia nasion w temperaturze 60–70°C [godz.]
Sosna zwyczajna	16	BaCl ₂ , 20%	1	0,5	1,5
Świerk pospolity	16	NaJ, 40%	1	0,5	1,5
Jedlica Douglasa	niestratyfikowane: 48 stratyfikowane: 0	NaJ, 30%	4	5,0	2,0
Jesion wyniosły	0	NaJ lub KJ, 30%	16	1,5	1,5
Modrzew europejski	0	BaCl ₂ , 20% lub 30%	20	2,0–3,0	1,5

Na podstawie rozmieszczenia martwych tkanek widocznych na zdjęciu rentgenowskim nasiona klasyfikuje się na zdolne do skielkowania i niekielkujące. Za granicą żywotność nasion ocenia się według skali zaproponowanej przez badaczy szwedzkich:

– nasiona żywe: zarodek bez śladu nasycenia substancją kontrastową, natomiast bielmo nasycone nie więcej niż na 25% powierzchni obrazu,

– nasiona martwe – zarodek ze śladami nasycenia lub bielmo nasycone więcej niż na 25% powierzchni obrazu.

W Polsce w Instytucie Badawczym Leśnictwa używa się zmodyfikowanej skali rysunkowej (zob. rycina), według której:

– nasiona zdolne do skielkowania; dopuszczalne jest nasycenie substancją kontrastową czapeczki korzeniowej zarodka, a prabielmo nasycone w części odległej od zarodka nie więcej niż na 50% powierzchni obrazu,

– nasiona niekielkujące; zarodek nasycony jeszcze poza czapeczkę korzeniową lub prabielmo nasycone więcej niż na 50% powierzchni obrazu.

Nasiona zdolne do skielkowania	Nasiona niekielkujące	
– części nasion nasycone substancją kontrastową		

Podział nasion badanych rentgenowską metodą kontrastu chemicznego na zdolne do skielkowania i niekielkujące, stosowany w IBL (według Załęskiego i innych [1998])

W trakcie badania testem kontrastu chemicznego nasiona ulegają zniszczeniu.

Ocena nasion z zastosowaniem kontrastu wodnego

Napęczniałe tkanki żywych nasion zatrzymują wchłoniętą wodę znacznie dłużej niż tkanki martwe, natomiast zawarta w nasionach woda bardzo silnie absorbuje promienie X. Po 2,5-godzinnym suszeniu próbek nasion sosny, świerka lub modrzewia w temperaturze 20°C bielmo napęczniałych, żywych nasion daje na kliszy rentgenowskiej obraz białej, jednorodnej i matowej (o przejrzystości jednakowej na całej powierzchni) plamy ściśle wypełniającej okrywą nasienną, zarodek zaś jest niewidoczny lub bardzo lekko zaznaczony. Obraz nasion martwych, które szybko oddały wodę, ma różne odcienie szarości lub niejednolite i miejscami „świecącej” bieli z wyraźnie zaznaczonym zarodkiem lub pustym kanałem zarodkowym.

Test kontrastu wodnego jest głównie stosowany przy badaniu nieskielkowanych nasion zdjętych z kielkownika w celu określenia przyczyn ich niekielkowania [Simak i Sahlen 1981]. Za jego pomocą kontrolowano również wynik oddzielania martwych i żywych

nasion sosny wydmowej metodą IDS (Incubation – Drying – Separation). W Polsce, w IBL test kontrastu wodnego stosowano z powodzeniem do oceny żywotności próbek nasion sosny pospolitej i modrzewia [Załęski i in. 1991]. Nasiona badane testem kontrastu wodnego nie ulegają zniszczeniu, a z żywotnych nasion wysianych tuż po ocenie mogą wyrosnąć normalne siewki.

Literatura

- Devillez F., Oldenhove de Quetec.** 1973. X-ray contrast method and germination test of stratified or unstratified Douglas fir seeds from two origins. International Symposium on Seed Processing. IUFRO W.P. Bergen, Norway, 1, 1–11.
- International Seed Testing Association, 1993. International Rules for Seed Testing, Zürich, Switzerland.
- Kamra S.K.** 1963. Studies on suitable contrast agent for the X-ray radiography of Norway spruce seed (*Picea abies*). [W:] Proceedings of the International Seed Testing Association, 28, 197–201.
- Machaniček J.** 1980. Rentgenografie v lesním semenářství. Prace VULHM, 56, 69–80.
- Machaniček J.** 1985. Stanovení životnosti semene modřinu rentgenologickou metodou. Zpravy Lesnického Vyzkumu, 3, 7–9.
- Simak M.** 1957. The X-ray contrast method for seed testing. Scots pine – *Pinus silvestris*. Meed. frá. Statens Skogsforskningsinstitut, 47.
- Simak M.** 1980. X-radiography in research and testing of forest tree seeds. Rapporten Institutionen för Skogskötsel Sveriges Lantbruksuniversitet, 3.
- Simak M., Sahlen K.** 1981. Comparison between the X-radiography and cutting tests used in seed quality analysis. Seed Science and Technology, 9, 205–227.
- Smirnowa N.G.** 1978. Rentgenografičeskoe izučenie semian listvennych drievesnych rastenij. Akad. Nauk. SSSR. Glav. Bot. Sad. Nauka, Moskva.
- Załęski A.** 1990. Wpływ wielkości zarodka w nasionach gatunków iglastych na udatność siewów i rozwój siewek. Biuletyn IBL, 2(14), 15–17.
- Załęski A.** 1991. Różnice w warunkach wykształcania się nasion a wczesne testowanie proveniencji drzew iglastych. Notatnik Naukowy IBL, 1.
- Załęski A., Borkowska E.** 1993. Zależność między wielkością zarodka i bielma a wzrostem jednorocznych siewek sosny czarnej (*Pinus nigra* ARN.) Prace IBL, 752, 3–17.
- Załęski A., Gładysz A., Kowalska I.** 1991. Ocena nasion przy użyciu promieni X. Prace IBL, 729, 69–93.
- Załęski A., Gozdałik M.** 1994. Standardowe wymiary zarodka i bielma nasion sosny zwyczajnej w Polsce i ich znaczenie dla oceny żywotności nasion. Prace IBL, 780, 47–60.
- Załęski A., Kowalska I.** 1988. Ocena nasion metodą prześwietlania promieniami X i możliwości jej wykorzystania w badaniach skażenia środowiska. Las Polski, 15/16, 18–20.

Ustalenie optymalnego poziomu wilgotności nasion sosny i świerka przeznaczonych do przechowywania

Ewa Aniśko, Andrzej Załęski*

Ustalenie progów wilgotności, do jakich powinno się doprowadzić nasiona przed przechowywaniem, jest zagadnieniem bardzo ważnym. Wilgotność świeżo zebranych nasion jest zazwyczaj zbyt duża, aby można je było przechowywać bez uprzedniego podsuszenia. Przewidując przechowywanie nasion, należy ich wilgotność znacznie zredukować.

Ze względu na dopuszczalne obniżenie wilgotności nasiona można podzielić na dwie grupy:

- 1) nasiona kategorii *recalcitrant*,
- 2) nasiona kategorii *orthodox*.

Nasiona kategorii *recalcitrant* nie należy przesuszać poniżej pewnego krytycznego, na ogół dość wysokiego progowego poziomu wilgotności (np. dąb – 40%, jawor – 24%). Dalsze podsuszanie przyczynia się do spadku ich żywotności. Nasiona kategorii *orthodox* znoszą silne odwodnienie – 8–10% zawartości wody.

Obniżenie wilgotności, obok zmniejszenia temperatury otoczenia oraz wyeliminowania wymiany gazowej i dopływu światła, jest jednym z podstawowych czynników ograniczenia aktywności życiowej. Od ograniczenia do minimum tych procesów życiowych nasion, które powodują zmniejszenie masy organicznej i utratę zdolności kiełkowania, zależy powodzenie procesu długookresowego ich przechowywania. Składa się to w sumie na spowolnienie procesu starzenia się nasion. Według Harringtona [1973] długość życia nasion większości gatunków wzrasta, jeżeli ilość zawartej w nich wody spada do 4–6%. Dalsze obniżanie się zawartości wody skraca okres życia nasion na skutek autooksydacji lipidów. Suszenie nasion może być prowadzone tylko do określonego poziomu krytycznego, którego wysokość zależy od właściwości biologicznych i składu chemicznego nasion różnych gatunków. Panuje powszechny pogląd, że nie wolno dopuścić do utraty przez nasiona wody, która wiąże makromolekuły jako komponent strukturalny. Wysuszenie nasion do zawartości wody na poziomie zmian w strukturze molekuł zagraża żywotności nasion nawet z kategorii *orthodox* [Hoekstra 1992, Vertucci i Roos 1993]. Przekroczenie poziomu krytycznego prowadzi od stopniowego zmniejszenia się żywotności nasion aż do całkowitej utraty zdolności kiełkowania całej partii materiału siewnego. Dlatego też w przypadku nasion wrażliwych na przesuszenie wilgotność powinna być utrzymywana nawet na poziomie nieco wyższym od krytycznego. Nie ulega jednak wątpliwości, że bez znajomości krytycznego poziomu zawartości wody u nasion różnych gatunków nie można prowadzić racjonalnego ich przechowywania.

* Zakład Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych, Instytut Badawczy Leśnictwa w Warszawie

W literaturze wymienia się różne progi wilgotności, do których można suszyć nasiona bez ich uszkodzenia. Na przykład Crocker [1948] w odniesieniu do nasion oleistych wyznaczył granicę – 4–5% wilgotności, a dla nasion o dużej zawartości skrobi – 5–6%. Baldwin i Holmes [1955] podają następujące wartości: w odniesieniu do sosny – 7–9%, jodły – 11, świerka – 6–7, brzozy – 1–5, wiązu – 3–7%. Schönborn [1964] suszył strumieniem odwodnionego powietrza w temperaturze pokojowej (+20°C) nasiona sosny, modrzewia i świerka do wilgotności około 0%, ale zauważył, że przy wilgotności poniżej 2% zdolność i energia kiełkowania nasion tych gatunków ulega obniżeniu, co było szczególnie widoczne po 6 miesiącach ich przechowywania. Janson i Jankowski [1999] zalecają suszenie nasion gatunków drzew leśnych w niskiej temperaturze (20–25°C), za pomocą metody próżniowego odwodnienia w komorze liofilizatora. Nasiona świerka trzech różnych pochodzeń wysuszonych za pomocą tej metody do poziomu wilgotności 1–2%, zachowały, jak podają cytowani autorzy, pełną energię i zdolność kiełkowania, jeśli jednak były przechowywane w temperaturze +3°C, zdolność kiełkowania zmniejszyła się o 10%.

Dotychczasowa, orientacyjna znajomość dopuszczalnych poziomów wilgotności była wystarczająca do prowadzonego dla celów gospodarczych w miarę poprawnego przechowywania nasion w niezbyt długim okresie, w temperaturze zbliżonej do 0°C i nieco niższej. Długookresowe przechowywanie prowadzone w bardzo niskiej temperaturze, szczególnie w bankach genów, wymaga już bardziej precyzyjnego określenia krytycznego poziomu zawartości wody w nasionach z uwzględnieniem predyspozycji pod tym względem poszczególnych gatunków drzew leśnych.

Wobec niejednoznaczności opinii w tej kwestii postanowiono podjąć próbę (w ramach zlecenia Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych):

- określenia dopuszczalnego, minimalnego progu zawartości wody w nasionach różnych gatunków drzew, po przekroczeniu których partia materiału siewnego zaczyna tracić zdolność kiełkowania,

- opracowania optymalnego procesu stopniowego suszenia nasion, nie powodującego ich uszkodzenia i zmniejszenia żywotności.

Badaniami objęto takie gatunki drzew, jak jodła, jawor, brzoza, olsza czarna, lipa drobnolistna, jesion, sosna, świerk. Przyjęto założenie, że badania te będą dotyczyły nasion zbieranych w co najmniej dwóch sezonach wegetacyjnych, a w każdym sezonie zebrane z co najmniej dwóch miejsc.

W niniejszym rozdziale ze względu na ograniczoność miejsca przedstawiono jedynie wyniki badań dotyczące zachowania w czasie przechowywania zdolności kiełkowania przez nasiona sosny i świerka w wyniku obniżania ich wilgotności.

Do badań posłużyły trzy próbki nasion sosny zebranych w 2000 r., a pochodzących z wyluszczeni w Nowej Soli, Łącku i Jedwabnie, oraz trzy próbki nasion świerka pochodzące z Gołdapi i Sudetów (1999) oraz z Augustowa (2000).

Badania główne prowadzono na nasionach suszonych w szafie suszarniczej firmy BCC. Szafa ta jest podstawowym wyposażeniem wielu wyluszczeni i przechowalni w Polsce. Wilgotność względna suszącego powietrza w szafie tej obniżana jest nie tylko przez podwyższanie temperatury, ale również przez wykraplanie wody w chłodziarce. Suszenie prowadzono etapowo, podwyższając stopniowo (na ogół o 5°C) temperaturę suszenia po upływie każdych 24 godzin. W trakcie każdego etapu suszenia odczytywano zakres wilgotności suszącego powietrza, jaki można było uzyskać przy danej temperaturze w szafie BCC, a po zakończeniu etapu pobierano próbki nasion do określenia ich wilgotności i żywotności.

Zastosowano również dodatkowy wariant suszenia nasion sosny i świerka w liofilizatorze, w temperaturze 20°C. W urządzeniu tym suszy się w próżni zamrożone wcześniej nasiona, dzięki czemu można w nich znacznie obniżyć zawartość wody bez potrzeby traktowania wysoką temperaturą.

Wilgotność nasion, analizowaną w różnych wariantach suszenia, określano metodą suszarkowo-wagową z zastosowaniem wago-suszarki Mettler PM 480.

W celu określenia predyspozycji do przechowywania długoterminowego nasion sosny i świerka ich żywotność określono z zastosowaniem metod standardowych, takich jak kiełkowanie na bibule i określanie odporności na test przyspieszonego postarzenia, oraz metody niekonwencjonalnej – konduktometrycznej, polegającej na określaniu intensywności wpływu elektrolitu z uszkodzonych membran komórkowych. Za pomocą tych metod ustalono: zdolność i energię kiełkowania, współczynnik wpływu elektrolitu na podstawie metody konduktometrycznej oraz zmniejszenie zdolności kiełkowania po poddaniu nasion testowi postarzenia.

Zdolność i energia kiełkowania świadczą o procencie nasion, z których wyrosłyby prawidłowe siewki.

Współczynnik wpływu elektrolitu jest miarą częściowej destrukcji błon komórkowych, która może mieć wpływ nie tylko na aktualną jakość nasion [Hampton 1995], ale może również przyspieszyć w krótkim czasie spadek żywotności.

Odporność na test przyspieszonego postarzenia może być skorelowana z odpornością na warunki stresowe, jakie mają miejsce w trakcie długoterminowego przechowywania nasion w chłodni [Machaniček 1981].

Kiełkowanie nasion świerka prowadzono na podłożu z bibuły, w stałej temperaturze $24 \pm 1^\circ\text{C}$, na kiełkownikach Liebenberga umieszczonych w termostacie (w świetle rozproszonym). Zdolność i energię kiełkowania oceniono dla czterech powtórzeń (4×100 nasion). By określić energię, liczono prawidłowo skiełkowane nasiona po siedmiu, a zdolności – po czternastu dniach.

W celu zbadania odporności nasion świerka różnych pochodzeń na przyspieszone postarzenie zastosowano test podobny do testu stosowanego przez Machanička [1981] w Czechach. Polega on na przetrzymywaniu nasion przed wysiewem przez 95 godzin w temperaturze podwyższonej do $40\text{--}41^\circ\text{C}$, przy wilgotności powietrza zwiększonej do $90\text{--}100\%$. Nasiona poddane takim warunkom stresowym wysiewano na kiełkownikach Liebenberga równolegle z nasionami niepostarzonymi, również w czterech powtórzeniach (4×100 szt.). Jako miarę wrażliwości przyjęto procentową różnicę między nasionami skiełkowanymi po czternastu dniach poddanymi testowi postarzenia i nie poddanymi temu testowi.

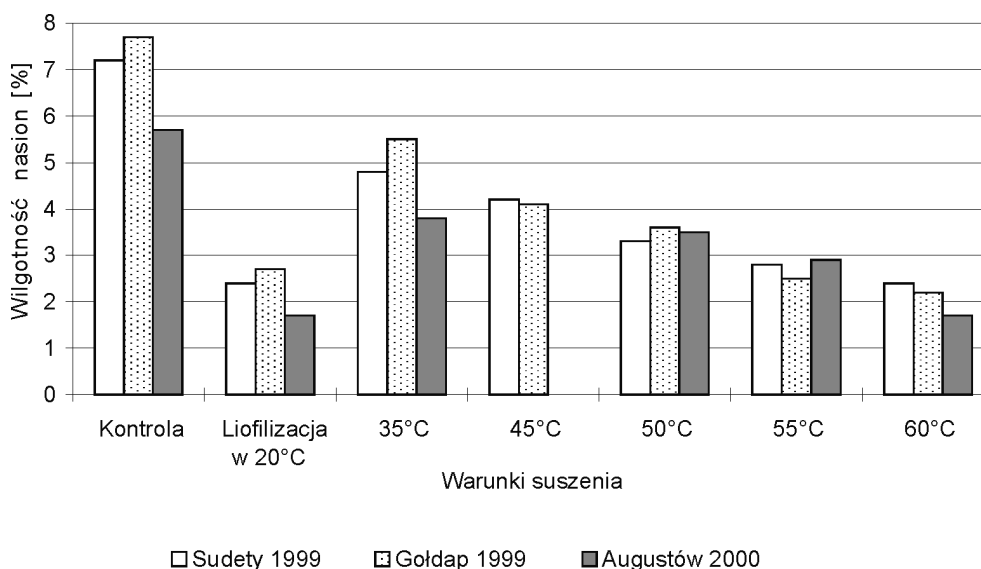
Wyniki badań opracowano statystycznie za pomocą programu komputerowego „Statgraphics Plus”. Istotność różnic pod względem zdolności kiełkowania, wartości współczynnika wpływu elektrolitu i zmniejszenia się zdolności kiełkowania po teście przyspieszonego postarzenia badano za pomocą dwuczynnikowej analizy wariancyjnej i testu Tukeya. Za jedno źródło zmienności przyjęto różne warianty suszenia nasion, za drugie – pochodzenie z drzewostanu. W analizach statystycznych zastosowano przekształcenia wartości procentowych za pomocą wzoru:

$$y = \arcsin \sqrt{\%}$$

Podobnie postępowano z nasionami sosny, z tą różnicą, że nasiona poddano kiełkowaniu na kiełkownikach Jacobsena w pełnym świetle z doświetlaniem przez osiem godzin w ciągu dnia.

Badania wykazały przede wszystkim, że wyniki suszenia nasion w szafie BCC w bardzo dużej mierze zależą od warunków atmosferycznych, czyli od temperatury i wilgotności bezwzględnej otoczenia. W okresie późnojesiennym i zimowym, kiedy panują niższe temperatury i niższa jest bezwzględna wilgotność otoczenia, przy podgrzaniu powietrza w szafie BCC (suszarce) do wyższego poziomu można było uzyskać mniejszą jego wilgotność względną i lepsze właściwości suszące niż w okresach wiosennym i wczesnojesiennym, cechujących się wyższą temperaturą i większą bezwzględną wilgotnością otoczenia. Dlatego w różnych seriach doświadczenia przy takich samych poziomach temperatury uzyskiwano różną wilgotność suszącego powietrza i różny stopień wysuszenia nasion. Stopień wysuszenia nasion zależał w dużej mierze od początkowej wilgotności nasion oraz od miejsca zbioru.

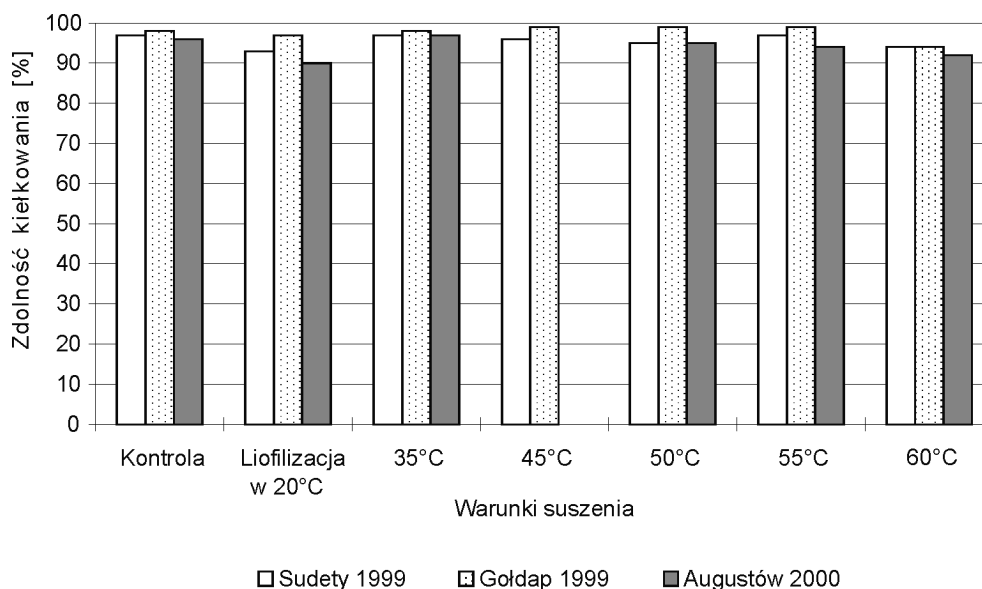
Wilgotność nasion świerka udało się obniżyć do około 2% (ryc. 1). Najmniejszą wilgotność – 1,7% miały nasiona z Augustowa, przy suszeniu w temperaturze 60°C w szafie BCC oraz suszone w 20°C w liofilizatorze.



Ryc. 1. Wilgotność nasion świerka suszonych w różnej temperaturze

Zdolność kiełkowania utrzymywała się na wysokim poziomie we wszystkich wariantach suszenia (ryc. 2). Różnice pod względem zdolności kiełkowania były między pochodzeniami niewielkie. Najlepszą zdolnością kiełkowania wyróżniały się we wszystkich wariantach nasiona drzew z pochodzenia Gołdap, co udowodnione zostało statystycznie. Jednak nasiona z tego pochodzenia były najbardziej odporne na suszenie i w liofilizatorze, i w suszarce w temperaturze poniżej od 55°C. U wszystkich pochodzeń obserwowano niewielki spadek zdolności kiełkowania nasion na poziomie ich suszenia do wilgotności

poniżej 2,5%, zarówno w suszarce w temperaturze 60°C, jak i w liofilizatorze w temperaturze 20°C. Mimo że spadek ten był niewielki (o 3–5%), różnice zostały udowodnione statystycznie.



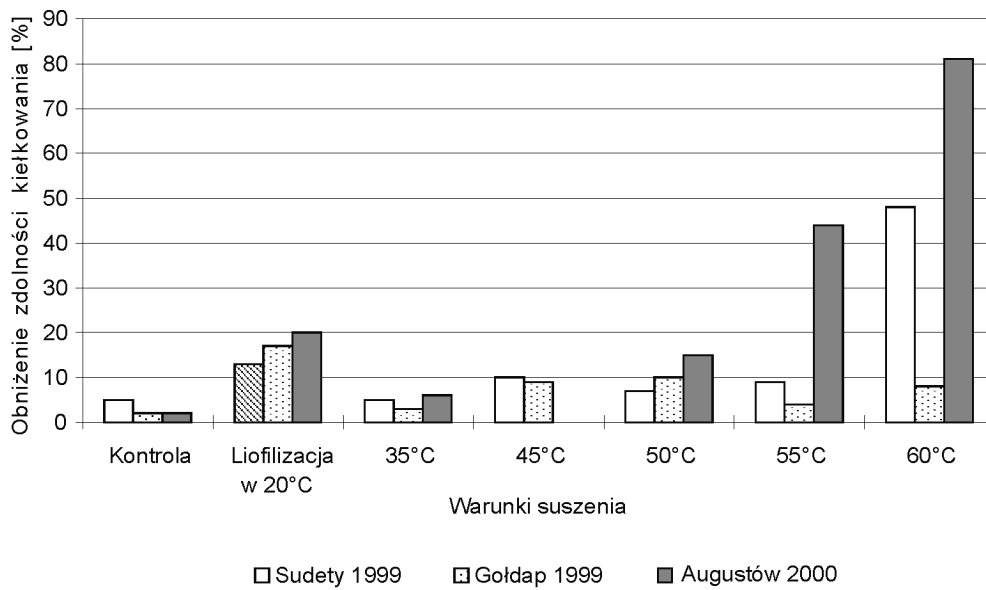
Ryc. 2. Zdolność kiełkowania nasion świerka suszonych w różnej temperaturze

Analizując wyniki testu postarzania, stwierdzono, że w przypadku pochodzenia Augustów szkodliwa była już temperatura 55°C (ryc. 3). Temperatura ta przy wilgotności nasion 2,9% bardziej wpłynęła na obniżenie odporności nasion tego pochodzenia na stresowe warunki testu postarzania niż zmniejszenie wilgotności podczas liofilizacji do 2,2% w temperaturze 20°C. I w tym przypadku zostało to udowodnione statystycznie.

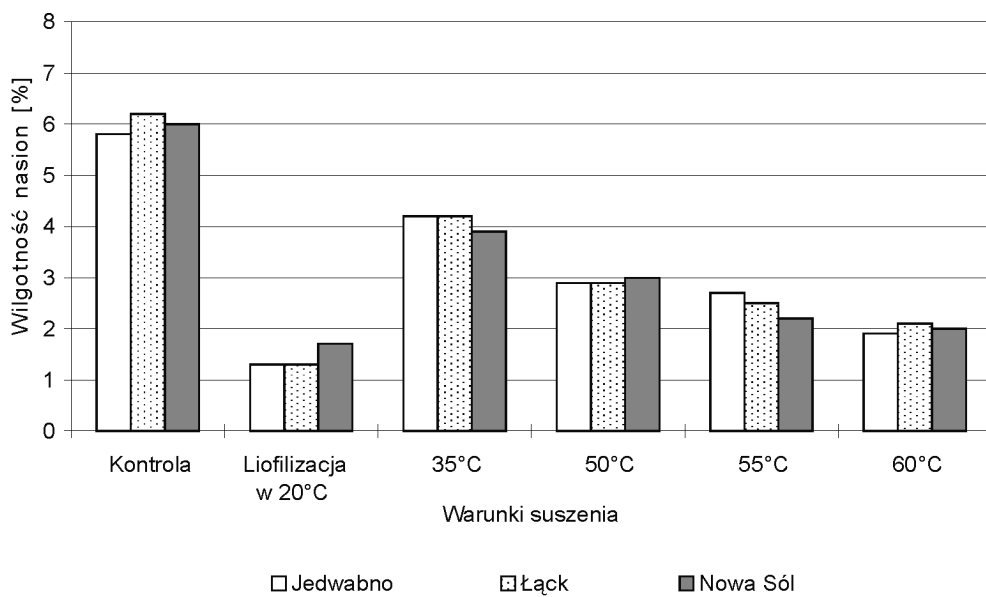
W przypadku nasion sosny z wyluszcarni w Jedwabnie, Łącku i Nowej Soli wilgotność ich udało się obniżyć do około 2% przy suszeniu w 60°C w suszarce i do 1,3–1,7% w liofilizatorze (ryc. 4.)

Zdolność kiełkowania nasion w poszczególnych wariantach była podobna, chociaż różnice zostały udowodnione statystycznie. Największą utratę zdolności kiełkowania odnotowano w przypadku nasion wysuszonych do wilgotności 1,5% w 20°C w liofilizatorze i do około 2% podczas suszenia w temperaturze 60°C w szafie BCC (ryc. 5). Najbardziej odporne na wzrost temperatury i spadek wilgotności okazały się nasiona sosny z Nowej Soli.

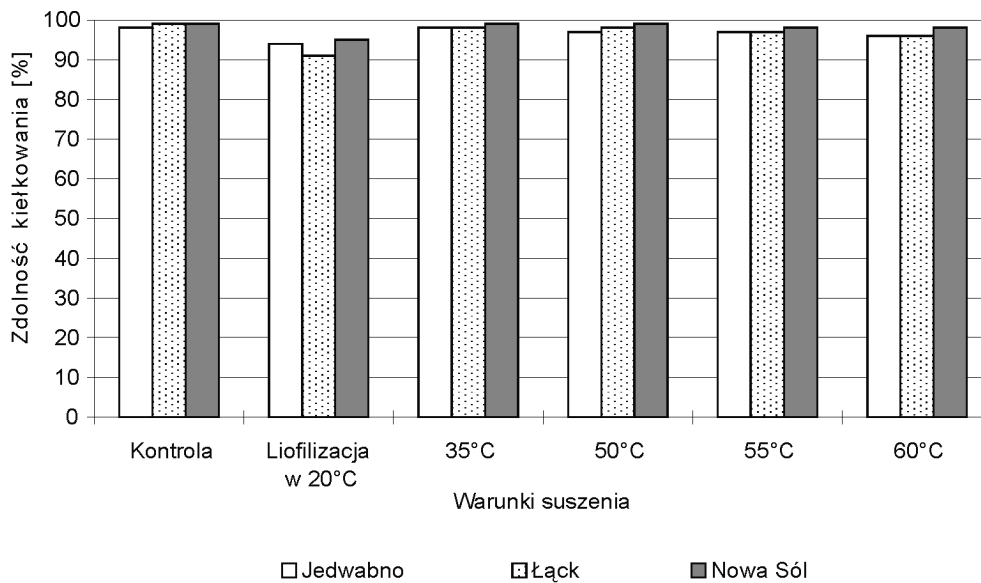
Wyraźne różnice pod względem stopnia żywotności nasion były dostrzegalne dopiero po teście postarzania. U wszystkich pochodzeń zdolność kiełkowania po stresowych warunkach testu postarzania bardzo się obniżyła, co widać na rycinie 6. Widoczny jest duży wpływ testu postarzania na nasiona wysuszone w szafie BCC w temperaturze 55–60°C, a jeszcze większy na nasiona suszone w liofilizatorze (w temperaturze 20°C).



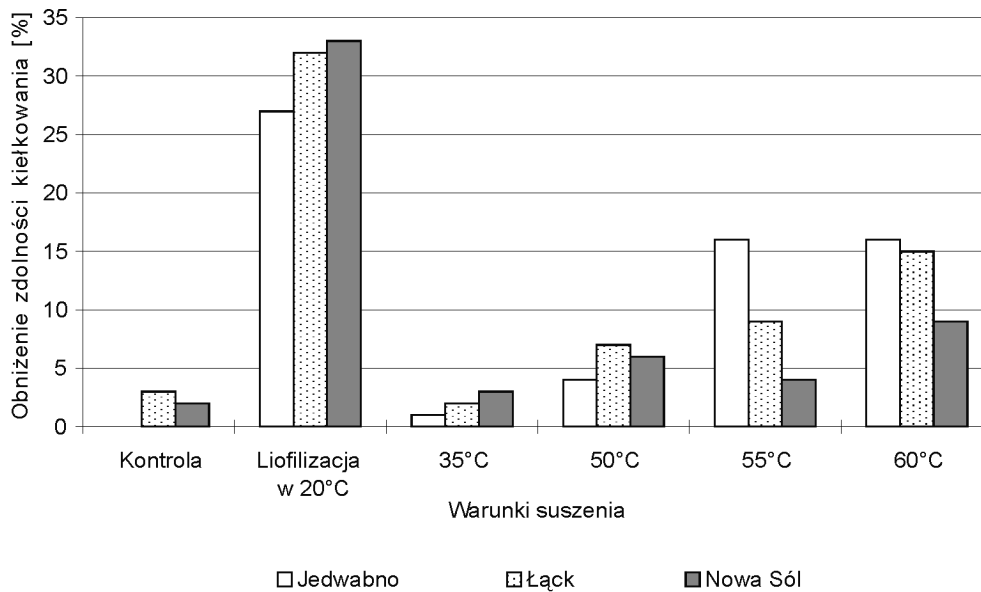
Ryc. 3. Obniżenie zdolności kiełkowania nasion świerka suszonych w różnej temperaturze po teście postarzenia



Ryc. 4. Wilgotność nasion sosny z 2000 r. suszonych w różnej temperaturze



Ryc. 5. Zdolność kiełkowania nasion sosny z 2000 r. suszonych w różnej temperaturze



Ryc. 6. Obniżenie zdolności kiełkowania nasion sosny z 2000 r. suszonych w różnej temperaturze po teście postarzenia

Przeprowadzone obserwacje i analizy pozwoliły na sformułowanie kilku różnych wniosków i uogólnień:

1. Próg zawartości wody, do których można wysuszyć nasiona sosny i świerka bez obniżenia ich żywotności, w bardzo dużym stopniu zależy od właściwości biologicznych nasion. Właściwości te są niewątpliwie związane z miejscem i rokiem zbioru (warunkami panującymi w czasie zawiązywania i wykształcania się nasion).

2. Na obniżenie żywotności suszonych nasion sosny i świerka wpływa zarówno wysoka temperatura suszenia, jak i nadmierne obniżenie zawartości wody.

3. Suszenie nasion sosny i świerka w temperaturze $> 50^{\circ}\text{C}$ może nieco obniżyć zdolność kiełkowania i odporność na test przyspieszonego postarzenia niektórych partii materiału siewnego.

4. Zmniejszenie zawartości wody w nasionach sosny poniżej 2%, przeprowadzone nawet w niskiej temperaturze (20°C) w liofilizatorze, powoduje niewielkie obniżenie zdolności kiełkowania i duże zmniejszenie odporności na test przyspieszonego postarzenia. W przypadku świerka obserwuje się głównie zmniejszenie odporności na test przyspieszonego postarzenia.

5. Dla celów praktyki można przyjąć uogólnienie, że nasiona sosny i świerka można suszyć bezpiecznie w temperaturze nie wyższej niż 50°C , obniżając ich wilgotność do progu 2,5%.

6. W przypadku wszystkich dużych i cennych partii materiału siewnego przeznaczonych do długookresowego przechowywania powinno się przeprowadzać próbne suszenie nasion w celu dokładnego określenia progu ich odporności na odwodnienie.

Literatura

- Baldwin H.I., Holmes G.D.** 1955. Handling forest tree seed. FAO For. Dev. Pap., 4.
- Crocker W.** 1948. Growth of plants. Reinhold Publ. Corp., New York.
- Hampton J.G.** 1995. Conductivity Test. [W:] ISTA seed vigour testing seminar. Copenhagen, ISTA, 10–28.
- Harrington J.F.** 1973. Biochemical basis of seed longevity. Seed Sci. Technol., 1, 453–463.
- Hoekstra F.A.** 1992. Germination and ion leakage are linked with phase transition of membrane lipids during imbibition of *Thyfa latifolia* pollen. Physiol. Plant., 84, 29–34.
- Janson L., Jankowski W.** 1999. Suszenie nasion drzew leśnych i ich przechowywanie. Las Polski, 3, 4–6.
- Machaniček J.** 1981. Výzkum kritéri určujících vhodnost lesního osiva pro dlouhodobé skladování. Prace VÚLHM, 59, 49–64.
- Schönborn A.** 1964. Die Aufbewahrung des Saatgutes der Waldbäume. BLV Verlagsgesellschaft, München, Basel, Wien.
- Vertucci C.W., Roos E.E.** 1993. Theoretical basis of protocols for seed storage II: The influence of temperature on optimal moisture level. Seed Sci. Res., 3, 201–213.

Długoterminowe przechowywanie nasion świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.)

Bolesław Suszka, Paweł Chmielarz*

Aktualny stan wiedzy o przechowywaniu nasion świerka pospolitego

Z licznych badań [Ahola 1951, Vincent 1958, Heit 1967] nad przechowywaniem nasion świerka pospolitego wynika, że można je silnie odwodnić, według Surbera [1967] nawet do wilgotności 1,8%. W tym stanie można je przechowywać w szczelnie zamkniętych pojemnikach przez około 15 lat w temperaturze niższej od 4°C, a jeszcze lepiej w temperaturze poniżej 0°C. Według Schönborna [1964] znoszą one temperaturę nawet do -70°C. Po przechowywaniu w temperaturze ujemnej ich energia i zdolność kiełkowania nie ulega zmianie nawet przez wiele lat. Rohmeder [1972] zalecał w odniesieniu do nasion świerka przeznaczonych do przechowywania dłuższego niż przez 10 lat podsuszenie do wilgotności nie większej niż 5%, korzystanie ze szczelnie zamkniętych pojemników i temperaturę -10°C lub jeszcze niższą. Uważa się, że w temperaturze zbyt wysokiej (np. w 4°C) w miarę przedłużania okresu przechowywania wzrasta procent zaburzeń i anomalii podziałowych w tkankach korzeni kiełkujących nasion [Simak i Gustafsson 1972]. W warunkach gospodarczych wilgotność nasion wynosi po wyluszczeniu z szyszek 5–6%, a praktykowane dawniej przechowywanie w zamkniętych butlach [Cieslar 1897], w tzw. chłodnych piwnicach, zostało obecnie z reguły zastąpione przez przechowywanie nasion w chłodniach, w temperaturze stałej w zakresie od -3 do -10°C. W Leśnym Banku Genów Kostrzyca nasiona przechowuje się w temperaturze -20°C. Zentsch [1967] podkreśla, że nasiona świerka pospolitego o wilgotności 8–18% znoszą bez szkód zamrożenie w ciekłym azocie (-196°C) zaledwie przez 5 minut.

W niniejszym rozdziale zostaną przedstawione wyniki laboratoryjnych prób kiełkowania nasion świerka pospolitego przechowywanych przez 29 lat w temperaturze z zakresu od -5° do -3°C oraz kriogenicznej ich konserwacji w temperaturze ciekłego azotu, tj. w -196°C, do 2 lat.

* Zakład Biologii Nasion, Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk w Kórniku

Zakres, przebieg i wyniki badań żywotności nasion świerka przechowywanych w chłodni i poddanych kriokonserwacji

Przechowywanie nasion w chłodni

Do badań została użyta jedna partia nasion świerka pospolitego pochodząca z drzewostanu w regionie nasiennym Hochsauerland (według numeracji niemieckiej – 840 07), pochodzenia nieautochtonicznego. Nasiona z szyszek zebranych w 1973 r. wyluszczone w wyluszczeni Wolfgang w Hesji. Po oczyszczeniu do czystości 97,2% i umieszczeniu w szczelnie zamkniętych pojemnikach nasiona przechowywano w chłodni o temperaturze od -5 do -6°C od 1973 do 1990 r., tj. przez 17 lat. Ostatnia próbka do oceny ich żywotności była pobrana w Wolfgang w 1989 r., tj. po 16 latach przechowywania. Wtedy zdolność kiełkowania nasion wynosiła 89%. W lutym 1990 r. autorzy niniejszego opracowania otrzymali próbkę tych nasion od ówczesnego kierownika wyluszczeni Wolfgang – dr. R. Walkenhorsta. Nasiona przechowywano w chłodni Instytutu Dendrologii PAN w Kórniku (do 2002 r.) przez następne 12 lat (w obydwu placówkach łącznie przez 29 lat) w temperaturze -3°C, zbliżonej do temperatury, w jakiej były przechowywane w wyluszczeni Wolfgang. Ze względu na niewielką ilość umieszczono je w jednym opakowaniu z folii polietylenowej. Opakowanie to przy pobieraniu próbek do określania żywotności i wilgotności było każdorazowo otwierane w chłodni i zaraz po odsypaniu odpowiedniej ilości nasion ponownie zamykane przez zgrzewanie.

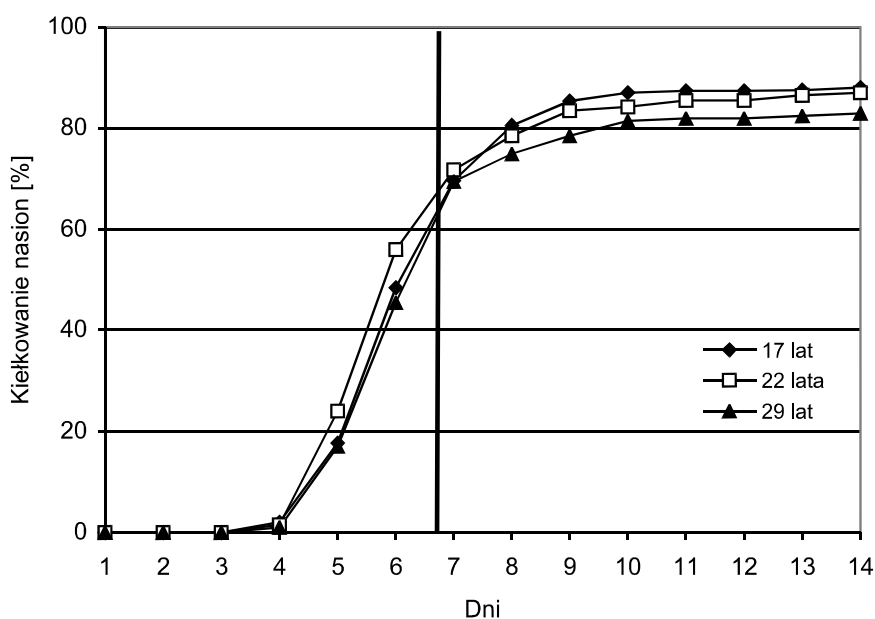
W Kórniku nasiona świerka proveniencji Hochsauerland poddano próbom kiełkowania na kiełkowniku Jacobsena (4 razy po 50 nasion) i określano ich wilgotność. W ciągu 12 lat przechowywania oceniono je 3-krotnie. Próby kiełkowania przeprowadzano na kiełkowniku Jacobsena aż do wygaśnięcia kiełkowania, w praktyce przez 14 dni, według metody Tyszkiewicza [1949] w temperaturze zmiennej w cyklu dobowym 23-27°C na poziomie bibuły. Faza temperatury wyższej (27°C) trwała 2 godziny, a fazy temperatury wznoszącej się i opadającej trwały po 1,0-1,5 godzin każda. Oświetlenie kiełkownika włączano codziennie na 8 godzin (4 lampy jarzeniowe LF 40W Polam, typu „Daylight”, 85 cm ponad poziomem bibuły), faza temperatury wyższej w cyklu przypadła na czas oświetlenia. Nasiona z kiełkiem o długości co najmniej 3 mm zdejmowano z bibuły i wysadzano na podłożu z wilgotnego perlitu. Pojemnik z perlitem ustawiony był na płycie kiełkownika w takich samych warunkach cieplnych i świetlnych jak wcześniej.

Nasiona świerka pospolitego proveniencji Hochsauerland przechowywane w chłodni w zamkniętych opakowaniach w temperaturze wpraw od -5 do -6°, a potem w -3°C, były zdolne do energicznego kiełkowania i formowania siewek nawet po przechowywaniu przez 29 lat. Wyniki kolejnych ocen jakości przechowywanych nasion przedstawiono w postaci tabelarycznej. Ich kiełkowanie rozpoczynało się na kiełkowniku stale w czwartym dniu próby, a kończyło w czternastym (ryc. 1). W 2002 r. cechowała je wysoka energia kiełkowania – 68,5%. Zdolność kiełkowania wynosiła w tymże roku 83,0%, a więc w okresie 12 lat obniżyła się o 6,0% w stosunku do wartości tego wskaźnika w 1989 r. Średni czas kiełkowania nasion przechowywanych przez 17, 22 i 29 lat wynosił 6,5-6,6 dni, a więc nie ulegał zmianie.

Picea abies (L.) Karst., proveniencja Hochsauerland. Wilgotność nasion i wyniki prób kiełkowania na kiełkowniku Jacobsena nasion przechowywanych wprawierw w temperaturze -5° do -6°C, potem (od 17 do 29 roku) w -3°C, łącznie przez 29 lat

Rok	Wiek nasion [lata]	Wilgotność nasion [%]	Kiełkowanie nasion			Nasiona		
			energia [7 dni] [%]	zdolność [14 dni] [%]	średni czas [dni]	niekiełkujące, zepsute, martwe [%]	puste [%]	kiełkujące anormalnie [%]
1989*	16	-	-	89,0	-	-	-	-
1990	17	5,8	81,0	88,0	6,6	10,5	1,0	0,5
1995	22	10,2	75,5	88,0	6,4	9,0	1,0	2,0
2002	29	10,3	68,5	83,0	6,6	16,0	0,5	0,5

* badania wykonane w Wolfgang (Hesja)



I średni czas kiełkowania 6,5–6,6 dni

Ryc. 1. Przebieg kiełkowania na kiełkowniku Jacobsena nasion proveniencji Hochsauerland przechowywanych przez 29 lat, początkowo w temperaturze od -5° do -6°C, potem w -3°C

Wzrost korzenia nasion kiełkujących wysadzonych po przechowywaniu ich przez 29 lat do perlitu był zadowalający, ich hipokotyl wydłużał się, następowało zrzucenie łupiny nasiennej, rozwijały się liścienie, i hipokotyl, i liścienie zazieleniały się intensywnie (fot. 1).



Fot. 1. Siewki z nasion proveniencji Hochsauerland przechowywanych przez 29 lat w chłodni, początkowo w temperaturze od -5 do -6°C , potem w -3°C (wilgotność nasion w 1990 r. – 5,8%)

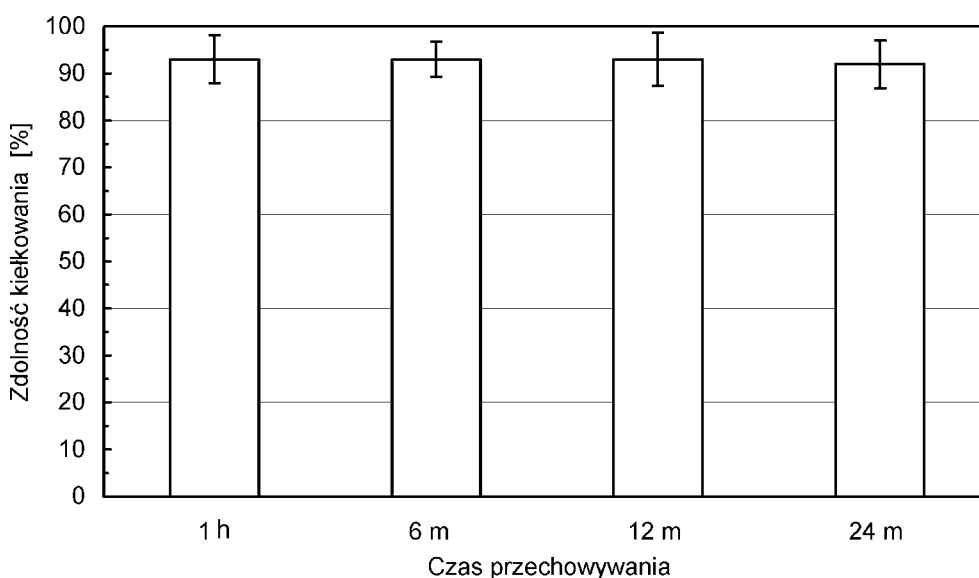
Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, że opakowanie było podczas przechowywania w Instytucie Dendrologii PAN kilkakrotnie otwierane. Przyczyniło się to do wzrostu poziomu wilgotności nasion z 5,8 w 1990 r. do 10,3% w 2002 r., bez ujemnego wpływu na ich kiełkowanie. Z faktu tego można wyciągnąć wniosek, że niska temperatura przechowywania odegrała ważniejszą rolę w zachowaniu żywotności i wigoru nasion niż stopniowy, powolny wzrost ich wilgotności w podanych wyżej granicach, spowodowany krótkotrwałym, kilkakrotnym kontaktem nasion z powietrzem spoza opakowania.

Przechowywanie kriogeniczne

Do przechowywania metodą kriogeniczną użyto nasion trzech polskich proveniencji świerka (Międzyzdroje, Węgierska Górka i Gołdap), każda była reprezentowana przez mieszankę nasion z licznych drzew. Nasiona wyłuszczone w wyłuszczeni Jarocin, w Instytucie Dendrologii PAN odskrzydlono je i podsuszono do dwu poziomów wilgotności: 3 i 6%. Tak przygotowane nasiona (po 300 sztuk) wsypywano do fiolek o objętości 3,6 ml, które po zamknięciu otulano dodatkowo osłoną z Cryoflexu i zanurzano bezpośrednio w ciekłym azocie. Przechowywanie nasion w tych warunkach trwało 2 lata. Próby kiełkowania i obserwacje rozwoju siewek w perlicie przeprowadzono po przechowaniu przez 1 godzinę, a następnie przez 6 i 12 miesięcy oraz przez 24 miesiące, nie przerywając okresu przechowywania. Nasiona w fiolkach rozmrażano w wodzie o temperaturze 40°C przez 15 minut, po czym je wysiewano na kielkowniku Jacobsena.

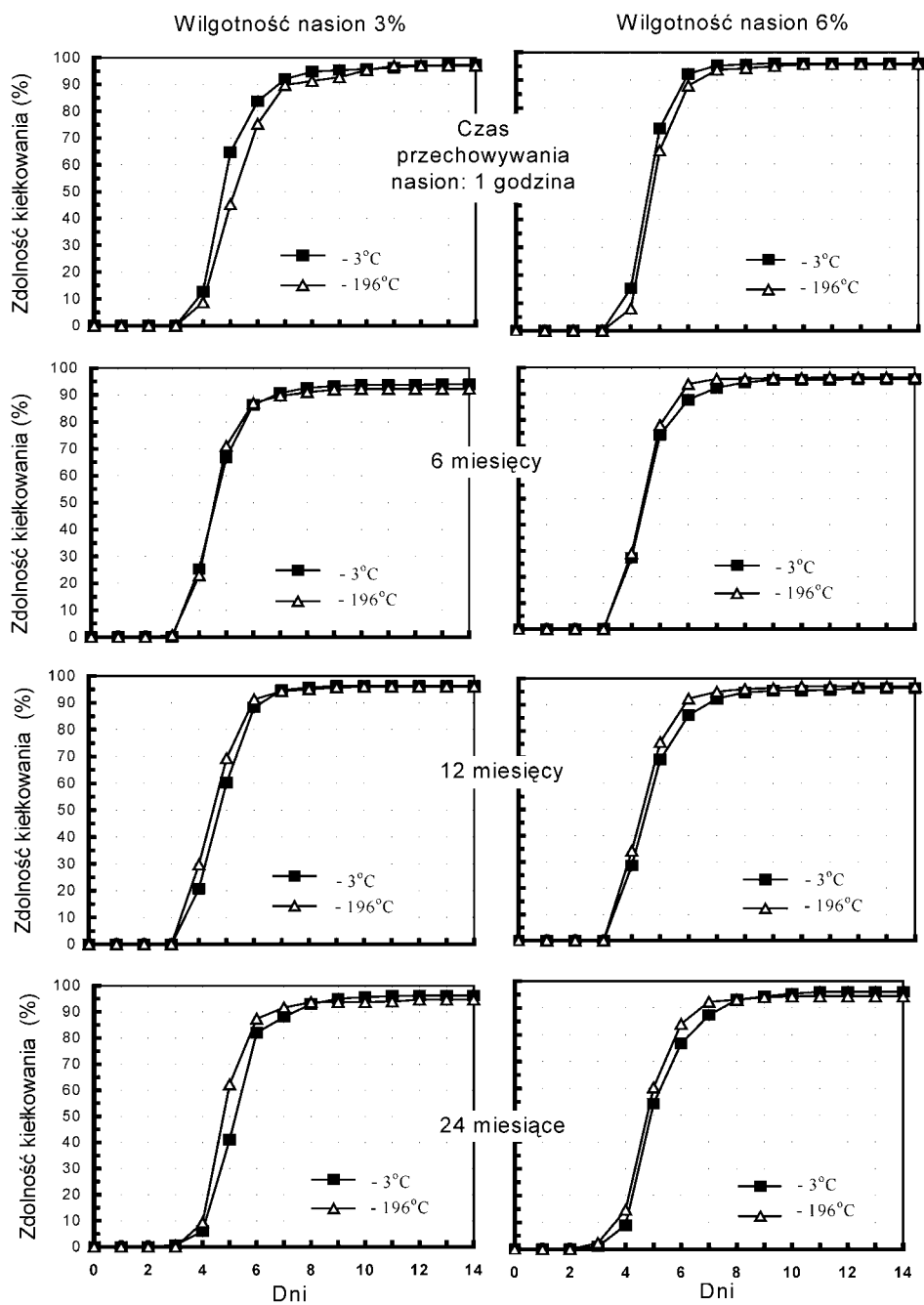
Do oddzielnych badań skuteczności metody kriokonserwacji użyto nasion 5 drzew indywidualnych proveniencji Gołdap, które odskrzydlono i podsuszono do wilgotności 6%. Nasiona te przechowywano w ciekłym azocie przez 1 godzinę, a następnie przez 1 rok. Układem kontrolnym było zawsze przechowywanie nasion w temperaturze -3°C . Próby kiełkowania i obserwacje przebiegu kiełkowania nasion przeprowadzano w takich samych warunkach cieplnych i świetlnych jak opisane powyżej.

Nasiona poddane kriokonserwacji kiełkowały nawet po 2 latach przebywania w ciekłym azocie w bardzo dużym procencie, nie niższym w przypadku wszystkich proveniencji od uzyskanego po przechowywaniu nasion w temperaturze -3°C . Ich energia i zdolność kiełkowania były bardzo duże – 92–93% (ryc. 2 i 3). Brak różnicy pomiędzy nasionami przechowywanymi w temperaturze -3°C i -196°C cechował również nasiona drzew indywidualnych (ryc. 4). Siewki uzyskane z kiełkujących nasion wysadzonych do perlitu rozwijały się prawidłowo (fot. 2), tak jak siewki z nasion przechowywanych w temperaturze -3°C . Dotyczyło to zarówno nasion podsuszonych przed przechowaniem do wilgotności 3, jak i 6%. Dowodzi to, że nasiona świerka pospolitego można odwadniać do niższego z obydwu poziomów wilgotności.

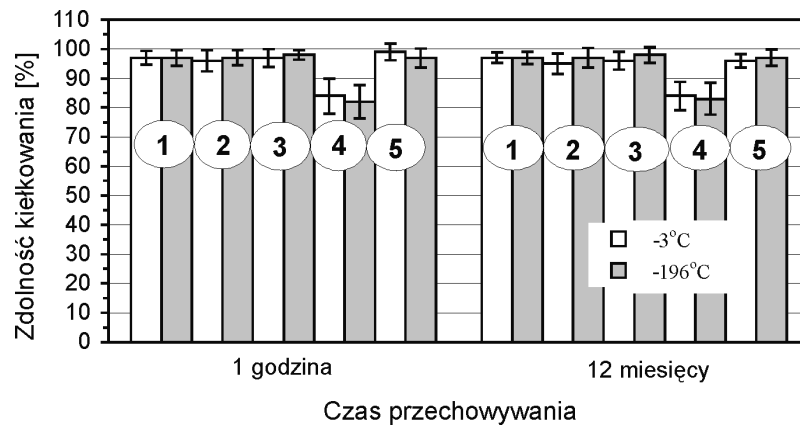


h – godzina, m – miesiąc

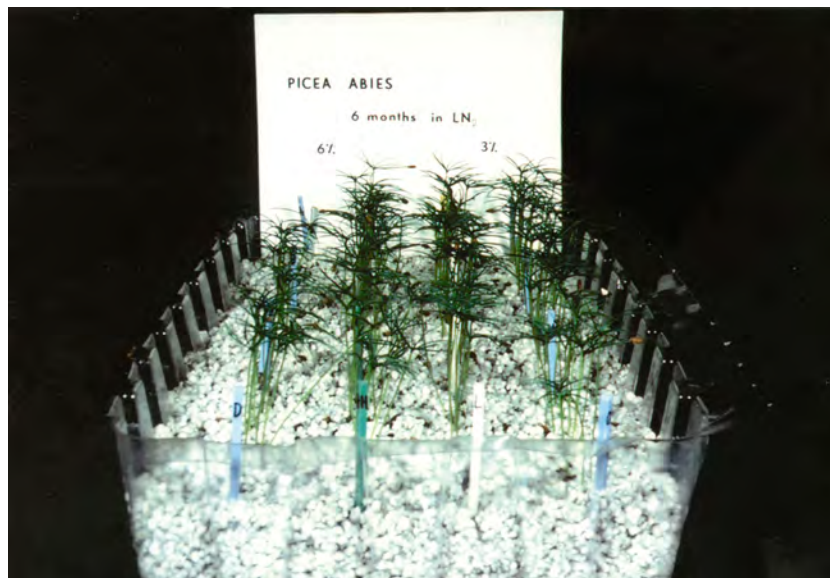
Ryc. 2. Zdolność kiełkowania na kiełkowniku Jacobsena nasion świerka (proveniencje Węgierska Górka, Gołdap i Międzyzdroje), przechowywanych w ciekłym azocie (-196°C) przez 1 godzinę, 6 i 12 miesięcy oraz przez 24 miesiące; wysokość słupków na wykresie przedstawia wartości średnie dla dwu poziomów wilgotności nasion (3 i 6%) i trzech proveniencji



Ryc. 3. Przebieg kiełkowania na kiełkowniku Jacobsena nasion proveniencji Goldap, podsuchonych do wilgotności 3 i 6%, przechowywanych w temperaturze -3°C i w ciekłym azocie (-196°C) przez 1 godzinę, 6 i 12 miesięcy oraz przez 24 miesiące



Ryc. 4. Zdolność kiełkowania na kiełkowniku Jacobsena nasion 5 drzew indywidualnych proveniencji Gołdap (1–5) przechowywanych w temperaturze -3°C i w ciekłym azocie (w -196°C) przy wilgotności 6% przez 1 godzinę i przez 1 rok



Fot. 2. Siewki z nasion przechowywanych przez 2 lata w ciekłym azocie (-196°C)

Biorąc pod uwagę wyniki badań różnych autorów i badań tu prezentowanych, można żywić uzasadnioną nadzieję, że żywotność nasion świerka pospolitego i ich wigor są możliwe do utrzymania na bardzo wysokim poziomie przez ich przechowywanie dla celów gospodarczych i w bankach genów w temperaturach stałych ujemnych, nie wyższych od -3°C . Wilgotność nasion przechowywanych w ciekłym azocie powinna mieścić się

w zakresie 3–6%. Nasiona o wilgotności początkowej nieprzekraczającej 6% można przechowywać w temperaturze -3°C przez około 30 lat w pojemnikach szczelnie zamkniętych i otwieranych tylko raz – po zakończeniu przechowywania. Otwieranie opakowań w trakcie przechowywania może przyczynić się do wzrostu wilgotności przechowywanych nasion, co w miarę przedłużania czasu przechowywania może stać się przyczyną powolnego spadku ich zdolności do kiełkowania. W przypadku badanych nasion świerka pospolitego zdolność ta spadła pomiędzy 16 a 29 rokiem przechowywania do 83,0%, tj. o 6,0%, natomiast procent nasion zepsutych i niekiełkujących wzrósł w tym okresie z 10,5 do 16,0 (tj. o 5,5).

Temperatura przechowywania i wilgotność nasion powinny być tym niższe, im dłużej ma trwać ich przechowywanie. Przyjęta w Leśnym Banku Genów Kostrzyca temperatura przechowywania nasion wynosząca -20°C jest więc w pełni uzasadniona.

Sposobem alternatywnym i mogącym znaleźć zastosowanie tylko w bankach genów jest kriokonserwacja w ciekłym azocie, tj. w -196°C , rozpoczynana po uprzednim odwodnieniu nasion do wilgotności 3–6%, chociaż, jak wynika z badań niemieckich, krótkotrwałe przechowywanie trwające 5 minut znosiły również nasiona o wilgotności w zakresie od 6 do 18%. Ze względu na czynnik czasu wskazane byłyby dalsze badania nad przechowywaniem nasion sztucznie postarzanych, podsuszanych uprzednio do różnych poziomów wilgotności, jednakże już obecnie wiele wskazuje na możliwość przechowywania znacznie dłuższego, niż to się praktykuje dla celów gospodarczych.

Literatura

- Ahola V.K.** 1951 The duration of germinability in Pine and Spruce seed. *Metsät. Aikak.* (2/3), 47–48. (cyt. za For. Abstr. 1953 14, Nr 271).
- Chmielarz P.** 1998. Research note: Cryopreservation of Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst. seeds for two years. *Plant Varieties and Seeds*, 11, 129–130.
- Cieslar A.** 1897. Versuche über Aufbewahrung von Nadelholzsamen unter luftdichtem Verschluss. *Cbl. Ges. Forstw.*, 23, 167–174.
- Heit C.E.** 1967. Propagation from seed. Part 10: Storage methods for conifer seeds. *American Nurseryman*, October, 15, 1–5.
- Rohmeder E.** 1972. *Das Saatgut in der Forstwirtschaft*. Paul Parey, Hamburg–Berlin.
- Schönborn v. A.** 1964. *Die Aufbewahrung des Saatgutes der Waldbäume*. BLV, München.
- Simak M., Gustafsson Å.** 1973. Chromosomenabberationen in alternden Forstsamen. [W:] *International Symposium on Biology of Woody Plants*. Nitra, May 10–17, 1967, Slov. Acad. Sci. Bratislava, 233–242.
- Surber E.** 1967. Vacuum-freeze drying of Spruce seed. *Mittl. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw.*, 317–330.
- Vincent G.** 1958. Die Lagerung von Saatgut in geschlossenen Gefässen. *Cbl. Ges. Forstw.*, 75 (3/5), 257–267.
- Tyszkiewicz S.** 1949. Nasiennictwo leśne. IBL Seria D 2.
- Zentsch W.** 1967. Über den Einfluss von flüssigem Stickstoff auf die Keimfähigkeit des Saatgutes von *Pinus sylvestris* L., *Picea abies* (L.) Karst., *Betula pendula* Roth und *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. *Arch. Forstw.*, 16 (6/9), 725–730.

Przedsiwne przysposabianie nasion drzew i krzewów do kiełkowania

Bolesław Suszka*

Spoczynek nasion

Kategorie nasion

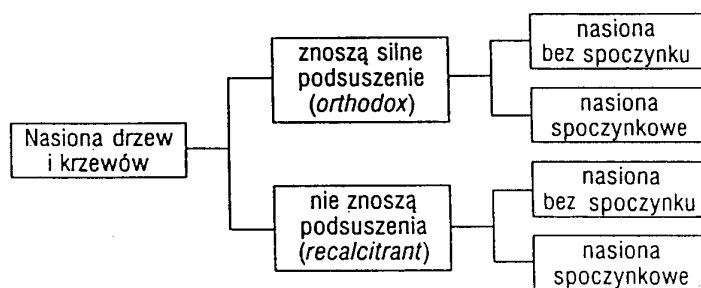
Nasiona drzew i krzewów można dzielić na kategorie w zależności od przyjętego punktu widzenia. Jeśli punktem wyjścia takiego podziału jest odporność (lub wrażliwość) na zabieg odwadniania, czyli na suszenie, to odróżniamy nasiona znoszące silne odwodnienie (kategoria *orthodox*) od nasion reagujących na odwodnienie utratą żywotności (kategoria *recalcitrant*). Pierwsze, po podsuszeniu, można przechowywać w szczelnie zamkniętych pojemnikach w temperaturze poniżej 0°C, co pozwala na tworzenie wieloletnich rezerw nasiennych. Nasiona kategorii drugiej cechuje znaczna wilgotność wyjściowa, a obniżanie wilgotności poniżej jej wysokiego progu krytycznego przyczynia się do stopniowej utraty żywotności, a w konsekwencji do śmierci nasion. Nasiona tej kategorii nie nadają się do długotrwałego przechowywania sposobami klasycznymi, co uniemożliwia tworzenie rezerw nasiennych na dalsze lata.

Możliwy jest też inny podział nasion, tym razem dokonany pod kątem ich przydatności do przechowywania. Tu, obok kategorii *orthodox* i *recalcitrant*, wydziela się jeszcze pośrednią kategorię (*intermediate*), obejmowaną też nazwą *suborthodox*. Nasiona większości gatunków tej kategorii cechuje bardzo duża zawartość lipidów. Tolerują one wprawdzie odwodnienie, jednak przechowywane w temperaturze ujemnej tracą szybko żywotność. Nasiona niektórych z nich nie są odporne na oddziaływanie temperatury z zakresu -10° do -40°C czy temperatury ciekłego azotu. W kategorii tej mieszczą się nasiona takich gatunków, jak czereśnia ptasia czy buk zwyczajny, a także nasiona niektórych gatunków kawy. Dyskusja dotycząca tej zróżnicowanej i niejednolicie zachowującej się kategorii nasion ciągle jeszcze trwa, tu jednak sygnalizujemy fakt jej wyraźnego odróżniania od obydwu wcześniej wspomnianych kategorii.

Jeszcze innym sposobem podziału jest odróżnienie gatunków z nasionami wolnymi od stanu spoczynku od gatunków z nasionami spoczynkowymi. Spoczynek nasion jest właściwością o doniosłym znaczeniu dla przetrwania gatunków w środowisku naturalnym. Jest to cecha uniemożliwiająca kiełkowanie nasion w warunkach skądinąd sprzyjających temu procesowi. Siewki z nasion dojrzewających latem lub jesienią nie drewniałyby w stopniu zadowalającym przed zimą i padałyby ofiarą niskiej temperatury zimowej. Ginęłyby też na skutek niemożności pobierania wody z zamrożonej gleby (fizjologiczna susza). Stan spoczynku nasion chroni je przed takimi sytuacjami.

* Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk w Kórniku

Opisane sposoby podziału gatunków nie są powiązane żadnymi wzajemnymi zależnościami. W obrębie tego samego rodzaju (np. rodzaju klon – *Acer*) natrafiamy na gatunki z nasionami spoczynkowymi z kategorii *orthodox* (klon zwyczajny – *Acer platanoides*) i *recalcitrant* (klon jawor – *Acer pseudoplatanus*). Istnieją też w tym rodzaju gatunki z nasionami wolnymi od spoczynku, a należącymi do kategorii *recalcitrant* (klon srebrzysty – *Acer saccharinum*). Wszystkie możliwe warianty tych układów przedstawiono na rycinie 1.



Ryc. 1. Kategorie nasion roślin drzewiastych wydzielone w zależności od odporności na odwadnianie i obecność lub brak spoczynku

Nasiona nie zapadające w stan spoczynku nie sprawiają trudności w produkcji szkółkarskiej. Wysiewa się je wiosną do wilgotnej, nagrzanej gleby, w porze zmniejszonego ryzyka zniszczenia przez spóźnione przymrozki, korzystając z posiadanych i przechowywanych zapasów ze zbioru własnego lub zakupionych.

Ustępowanie spoczynku nasion

Inaczej postępuje się w przypadku dojrzałych nasion znajdujących się w stanie spoczynku. Przewyciężenie tego stanu wymaga długotrwałego oddziaływania na napęczniałe nasiona przed ich wysiewem odpowiednią temperaturą – stałą niską lub zróżnicowaną w określonej kolejności, w którym to przypadku temperatura oddziałująca najpóźniej powinna być zawsze temperaturą niską. Spoczynek nasion (w istocie zarodków zawartych w nasionach) gatunków pochodzących ze strefy klimatu umiarkowanego ustępuje zawsze w chłodzie – w temperaturze 1–5°C (najlepiej 3°C), oddziałującej zwykle przez kilkanaście tygodni, czasem krócej lub dłużej.

Jeśli w przypadku nasion danego gatunku konieczne jest wstępne oddziaływanie temperatury wyższej (zwykle w zakresie 20–25°C), to spełnia to rolę pomocniczą, gdyż pociąga za sobą likwidację przyczyn uniemożliwiających prawidłową reakcję na oddziaływanie chłodu. Chodzi tu o takie przyczyny, jak utrudniona przepuszczalność okryw nasiennych (niekiedy również owocni) dla wody i gazów, niedorozwój lub niewyrośnięcie zarodka, mechaniczny opór owocni lub jej warstwy wewnętrznej zwanej endokarpem, niekiedy o łączne oddziaływanie kilku takich czynników.

Stratyfikacja nasion

Zabieg stwarzający warunki korzystne dla procesu ustępowania spoczynku nasion nazywany jest stratyfikacją. Termin ten nie oddaje jednak istoty działania zmierzającego do likwidacji spoczynku i ma dziś już znaczenie tylko historyczne. Przebieg procesu biologicznego – ustępowania spoczynku – nie zależy od ułożenia nasion na przemian warstwami (czyli stratyfikacji) z wilgotnym piaskiem, jak zalecano dawniej. W istocie ważne jest, aby nasiona znalazły się w wilgotnym środowisku zapewniającym im dostęp do wody i jej pobieranie, wystarczająco przewiewnym, by możliwa była wymiana gazowa pomiędzy oddychającymi nasionami a powietrzem otoczenia (pobieranie tlenu, usuwanie dwutlenku węgla) i na tyle mającym kontakt z nasionami, by przejąć wydzielaną przez nie wodę i rozproszyć ciepło – pozostałe produkty procesu oddychania. Rolę tę spełnia znakomicie wilgotna (ale nie mokra) mieszanina (stosunek objętościowy 1:1) czystego, drobnoziarnistego, kopanego piasku i przetartego na miał torfu ogrodniczego z torfowiska wysokiego (o odczynie kwaśnym). Z takim podłożem miesza się nasiona w proporcji 1:4 (objętościowo), a nie układa ich w nim warstwami, i przetrzymuje, mieszając w celu przewietrzenia w regularnych odstępach czasu (np. co tydzień), uzupełniając przy tym ubytki wody wynikające z parowania. W rzeczywistości celem tak pojętej stratyfikacji jest symulacja warunków istniejących w wilgotnej glebie – chłodnej wiosną i jesienią, zamarzającej często zimą, cieplej latem – lecz długo lub trwale chroniącej zagłębione w niej nasiona. Osłonę tę polepsza w warunkach naturalnych pokrycie powierzchni gleby najpierw opadłymi liśćmi lub igliwem (ściółką), a potem śniegiem. W ten sposób gleba spełnia rolę termostatu, a sama na głębokości umożliwiającej jeszcze wschody nasion nie zamarza lub zamarza rzadko. W trakcie zabiegu stratyfikacji staramy się o odtworzenie warunków naturalnych (rezygnując z temperatury $< 0^{\circ}\text{C}$). Osiąga się to, umieszczając pojemniki z mieszaniną podłoża i nasion w ciepłych lub chłodnych komorach, zgodnie z normalnym następstwem warunków cieplnych w glebie w warunkach naturalnych. Ważne jest zatem, aby nasiona, tak jak dzieje się to w naturze, po rozsianiu znalazły się pod powierzchnią gleby. Tylko tam może być trwale zachowana odpowiednia wilgotność. W nasionach odwodnionych (suchych) nie przebiegają żadne procesy zmierzające do ustąpienia spoczynku.

Pora dojrzewania nasion i ich wymagania cieplne niezbędne do ustąpienia spoczynku

Nasiona osiągają dojrzałość, w zależności od gatunku, wiosną, latem lub jesienią. Nasiona dojrzewające i rozsiewające się wiosną (większość gatunków wierzby lub topoli, klon srebrzysty, gatunki wiązu, dojrzałe już wcześniej, lecz zamknięte w szyszkach nasiona niektórych gatunków sosny, świerka i modrzewia) są wolne od spoczynku (nasiona iglastych dopiero wtedy, gdy znajdują się pod wpływem światła naturalnego po wypadnięciu z szyszek). Nasiona większości gatunków dojrzewające latem lub jesienią znajdują się zazwyczaj w stanie spoczynku (nasiona dębów rodzimych są tu wyjątkiem), a ich przebywanie w glebie przed skielkowaniem przebiega najpierw w podwyższonej temperaturze lata lub wczesnej jesieni, a dopiero potem w chłodzie – w okresie od późnej jesieni do wczesnej wiosny, przedzielonym mniej lub bardziej mroźną zimą. W zamarzniętej glebie spoczynek na ogół nie ustępuje, jest to jakby przerwa w życiu nasion. Nasiona spoczynkowe dojrzewające późną jesienią łądzą, po opadnięciu, w chłodnej już glebie lub na jej powierzchni

i po przetrwaniu w niej do końca wiosny zazwyczaj nie kiełkują. Do kiełkowania stają się bowiem zdolne dopiero podczas następnej wiosny. Jeśli wymagają najpierw ciepła, to oddziałuje ono dopiero późną wiosną i latem, a niezbędny do likwidacji spoczynku okres oddziaływania chłodu następuje dopiero w kolejnym okresie jesienno-wiosennym. Chłód pierwszej zimy pozostaje bez efektu, gdyż najpierw muszą ustąpić wymienione wyżej przyczyny utrudniające osiągnięcie pełnej gotowości do reagowania na czynnik chłodu, to zaś wymaga wprawdzie oddziaływania ciepła.

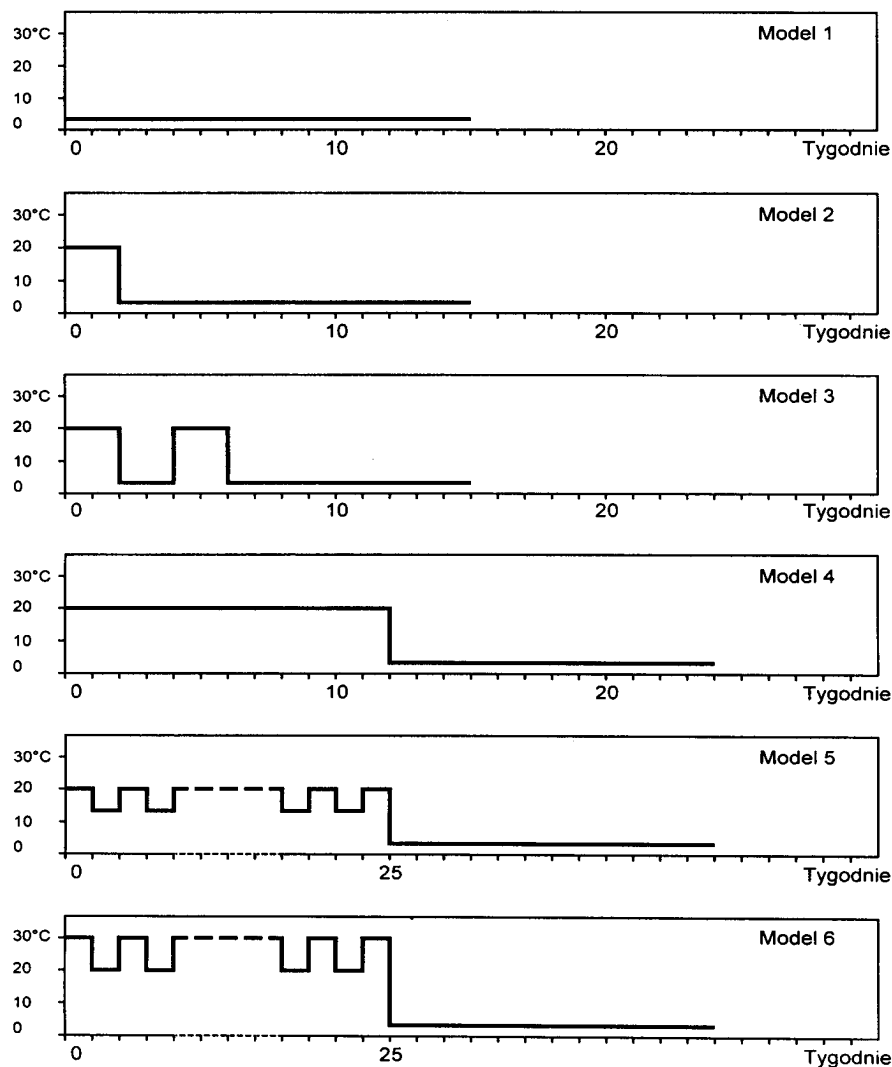
Stratyfikując nasiona, zastępujemy naturalne warunki panujące w cyklu rocznym w glebie warunkami tworzonymi sztucznie, zapewniającymi również dostęp wilgotności, przewodność i uniemożliwiający akumulację ciepła w otoczeniu nasion. Czynniki podstawowy – oddziaływania cieplne odbiega od panujących w glebie i tam podlegających zmienności dobowej i zgodnej z porami roku. W warunkach sztucznych czynnik ten zastępowany jest przez temperaturę stałą lub zmienną o przebiegu uproszczonym do minimum i łatwą do odtworzenia dzięki współczesnej technice grzewczej lub chłodniczej.

Modele stratyfikacji

Z prac badawczych prowadzonych od wielu lat w Pracowni Biologii Nasion Instytutu Dendrologii PAN wynika, że uproszczonych wzorców (modeli) oddziaływań cieplnych na nasiona w stanie spoczynku jest niewiele. Poznane dotychczas modele przedstawiono na rycinie 2. Na szczególną uwagę zasługuje w nich to, że ostatnia faza stratyfikacji przebiegać musi zawsze w chłodzie, najlepiej w temperaturze 3°C, oddziałującym, w zależności od gatunku, przez 10–16 tygodni. Symuluje to dłuższy lub krótszy okres jesienno-wiosenny. Faza ciepła przebiega w temperaturze stałej wynoszącej 20–25°C lub w temperaturze zmiennej w cyklu dobowym, co imituje warunki cieplne panujące w glebie od późnej wiosny do wczesnej jesieni. Czas trwania faz ciepłych i chłodnych zależy od potrzeb poszczególnych gatunków.

Do poszczególnych modeli stratyfikacji przedstawionych na rycinie 2 przypisane są odpowiadające im gatunki drzew i krzewów. Poddanie ich stratyfikacji według zalecanego dla nich wzorca zapewnia uzyskanie bardzo dobrych wyników. Oznacza to, że po takiej stratyfikacji nasiona danej partii osiągają gotowość do kiełkowania i kiełkują w maksymalnym procencie. Jeśliby obniżoną temperaturę końcowej fazy chłodnej zachować bez zmian, doszłoby do skiełkowania większości nasion. Kiełkowanie to przebiegałoby jednak rozwlekle, trwając od skiełkowania pierwszych do skiełkowania ostatnich nasion około 8–10, a nawet więcej tygodni; nasiona kiełkujące najwcześniej wytworzyłyby zbyt długie i poskręcane kiełki (korzenie).

Każdy szkółkarz winien zmierzać do wysiewu nasion w jednym terminie, co zapewni szybkie wschody jak największej liczby nasion. Ich wysiew powinien nastąpić wtedy, gdy przejawy kiełkowania (krótkie kiełki) będą widocznie u co najwyżej 10% nasion. Stratyfikuje się je tylko do tego momentu, po czym przeznaczają do siewu. Jeśli nie można ich wysiać natychmiast, należy kiełkowanie powstrzymać przez zamrożenie nasion w temperaturze -3°C, w razie potrzeby nawet na kilka tygodni.



Czas trwania stratyfikacji

Model 1 – stratyfikacja wyłącznie chłodna; Model 2 – stratyfikacja ciepło-chłodna z krótkotrwałą fazą ciepłą (2–4 tygodnie); Model 3 – stratyfikacja ciepło-chłodna, z powtórzonymi dwiema 2-tygodniowymi fazami ciepłymi, przedzielonymi jedną 2-tygodniową fazą chłodną; Model 4 – stratyfikacja ciepło-chłodna z długotrwałą fazą ciepłą (8–16 tygodni); Model 5 – stratyfikacja ciepło-chłodna z fazą ciepłą długotrwałą (24–26 tygodni) w temperaturze cyklicznie zmiennej o małej amplitudzie wahań w zakresie 15–20°C (cykle 24- lub 48-godzinne); Model 6 – stratyfikacja ciepło-chłodna z fazą ciepłą długotrwałą w temperaturze cyklicznie zmiennej o poszerzonej amplitudzie wahań w zakresie 10–25°C, 15–25°C lub 20–30°C (cykle 24- lub 48-godzinne)

Ryc. 2. Modele stratyfikacji spoczynkowych nasion drzew i krzewów ze strefy klimatu umiarkowanego (końcowa faza chłodna stratyfikacji trwa do pojawienia się 5–10% nasion z krótkimi kielkami)

Z załączonego wykazu wynika, którym gatunkom drzew lub krzewów najbardziej odpowiadają przedstawione modele stratyfikacji nasion, jeśli przeznaczają się do niej nasiona świeżo pozyskane lub podsuszone, przechowywane uprzednio w chłodni nawet przez wiele lat.

Model 1

Buk zwyczajny – *Fagus sylvatica* (stratyfikacja bez podłoża)
Dąb czerwony – *Quercus rubra*
Grusza pospolita – *Pyrus communis*
Jabłoń dzika – *Malus silvestris*
Jarząb brząk – *Sorbus torminalis*
Jarząb mączny – *Sorbus aria*
Jarząb szwedzki – *Sorbus intermedia*
Jodła zwyczajna – *Abies alba* (stratyfikacja bez podłoża przez min. 10–12 tygodni)
Kasztanowiec zwyczajny – *Aesculus hippocastanum*
Klon zwyczajny – *Acer platanoides*
Klon jawor – *Acer pseudoplatanus*
Leszczyna pospolita – *Corylus avellana*
Orzech włoski – *Juglans regia*
Pigwowiec japoński – *Chaenomeles japonica*

W przypadku leszczyny i orzecha włoskiego stratyfikuje się całe orzechy po przechowaniu w stanie podsuszonym, a siewie późną wiosną. Orzeszki buka wymagają stratyfikacji bez podłoża przez okres dostosowany do każdej partii oddzielnie, określony na podstawie chłodnej stratyfikacji próbnej w podłożu.

Model 2

Brzoskwinia – *Prunus persica*
Czereśnia ptasia – *Prunus avium*
Grab pospolity – *Carpinus betulus* (faza ciepła 4 tygodnie)
Jarząb pospolity – *Sorbus aucuparia*
Śliwa wiśniowa (ałyca) – *Prunus cerasifera*
Morela – *Prunus armeniaca*
Pigwa pospolita – *Cydonia oblonga*
Wiśnia wonna (antypka) – *Prunus mahaleb*

Model 3

Czereśnia ptasia – *Prunus avium* (wyniki znacznie lepsze niż w przypadku modelu 2)

Model 4

Bez czarny – *Sambucus nigra*
Bez koralowy – *Sambucus racemosa*
Jesion wyniosły – *Fraxinus excelsior* (obie fazy po 16 tygodni)
Kalina koralowa – *Viburnum opulus* (oddziaływania cieplne po wysiewie)

Klon polny – *Acer campestre*
Lipa drobnolistna – *Tilia cordata*
Róża dzika – *Rosa canina*
Róża pomarszczona – *Rosa rugosa*
Sosna limba – *Pinus cembra*
Trzmielina pospolita – *Euonymus europaeus*

Nasiona kaliny należy wysiewać do skrzynki, nie wzruszać podłoża po wysiewie. Całą skrzynkę przetrzymuje się w ciepłe, a potem przenosi do chłodu, wschody w ciepłe i na światło. Podłoże siewne w skrzynkach utrzymuje się w stanie stałej wilgotności.

Model 5

Cis pospolity – *Taxus baccata* (faza ciepła 24–26 tygodni, faza chłodna 12 tygodni)

Model 6

Dereń właściwy – *Cornus mas* (20~30°C/3°C)
Głóg jednoszyjkowy – *Crataegus monogyna* (20~30°/3°C lub 15~25°/3°C)
Oczar wirginijski – *Hamamelis virginiana* (10~25°/3°C lub 15~25°/3°C)

Informacje o nasionach jarzębu mącznego, oczaru wirginijskiego, bzów czarnego i koralowego oraz leszczyny pochodzą z prac dr hab. T. Tylkowskiego (1982, 1996, 1999, 2000). Niepublikowane dane dotyczące głogu jednoszyjkowego udostępniła autorowi mgr. B. Bujarska-Borkowska (2000), a dane dotyczące jodły i róży pomarszczonej udostępnił dr J. Suszka (2000). Wszyscy wymienieni autorzy są pracownikami Instytutu Dendrologii PAN w Kórniku.

Postępowanie z nasionami stratyfikowanymi

Nasiona wolne od spoczynku, nie poddawane stratyfikacji

Nasiona wolne od spoczynku nie wymagają traktowania przedsiewnego (przysposobiania do siewu), jest też bez znaczenia, czy nasiona te po zbiorze przechowywano krócej (np. do pierwszej wiosny po pozyskaniu) czy dłużej (przez kilka zim), jeśli tylko warunki ich przechowywania były poprawne. Do siewu takich nasion przystępuje się z reguły wiosną, zapewniając im – niezbędne do skielkowania – wilgotne podłoże, podwyższoną temperaturę stałą, zbliżoną do 20°C lub zmienną (np. 3~20°C), a także odpowiednią głębokość siewu. W taki sposób postępuje się z nasionami wielu gatunków iglastych (sosna zwyczajna, czarna lub kosówka, świerk pospolity, modrzewie) i liściastych (brzozy, olsze, wiązy, większość gatunków wierzby i topoli, dęby rodzime, liczne gatunki z rodziny motylkowych, np. grochodrzew lub karagana). Ze względu na występujące u drzewiastych roślin motylkowych zjawisko „twardości” nasion zaleca się ich skaryfikację przez wrzucenie do wrzącej wody w celu przywrócenia przepuszczalności łupin nasiennych dla wody i gazów i pozostawienie w niej aż do całkowitego jej wystygnięcia i pojawienia się u nasion objawów pęcznienia.

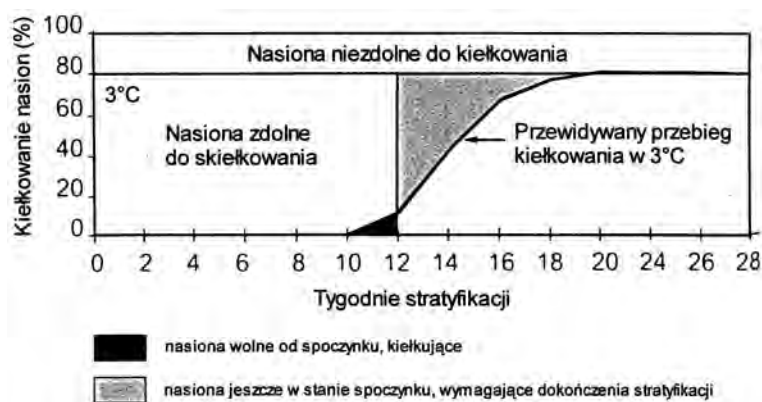
Likwidacja głębokiego spoczynku

W przypadku nasion większości gatunków drzew i krzewów niezbędne jest ich przed-siewne przysposobienie przez stratyfikację, zmierzającą do likwidacji głębokiego spoczynku. Zjawisko to może mieć różne przyczyny (nieprzepuszczalność łupiny nasiennej, mechaniczny opór zdrewniałego endokarpu, niewyrośnięcie zarodka), lecz u jego podstaw leży fizjologiczny stan zarodka, a konkretnie stożków wzrostu niezdolnych do podjęcia podziałów i aktywnego wzrostu. Najczęściej dotyczy to stożka wzrostu pędu, niekiedy również i korzenia. Spoczynek ustępuje dopiero po wystarczająco długotrwałym oddziaływaniu na napęczniałe nasiona chłodu, który dla nasion niektórych gatunków musi być poprzedzony oddziaływaniem podwyższonej temperatury (20–25°C).

Spoczynek wtórny

Spoczynek poszczególnych nasion dowolnej ich partii nie ustępuje równocześnie, gdyż różnią się one wymaganiami pod względem czasu oddziaływania niezbędnej niskiej temperatury. Jest to ważnym i korzystnym przystosowaniem do zmiennej (z roku na rok lub w różnych klimatach lokalnych) długości czasu oddziaływania chłodu na nasiona znajdujące się zimą w glebie. Zmienność w osiągnięciu przez nasiona stanu gotowości do aktywnego wzrostu odzwierciedla każda krzywa przebiegu kiełkowania wszystkich zdolnych do tego nasion, jeśli pozostawić je podczas stratyfikacji w obniżonej temperaturze (3°C) do końca kiełkowania (ryc. 3). Zmienność ta sprawia, że podczas gdy jedne nasiona podjęły już kiełkowanie i ich korzenie się wydłużają, inne mogą w tym samym czasie znajdować się dopiero w początkowej fazie kiełkowania lub pozostawać jeszcze w stanie spoczynku.

Uświadomienie sobie faktu nierównoczesności wychodzenia poszczególnych nasion dowolnej partii ze stanu spoczynku ma dla szkółkarza podstawowe znaczenie, ponieważ decyduje o wyborze najlepszego terminu siewu wiosennego. Okazało się bowiem, że dopóki stan spoczynku nie został jeszcze w danym nasieniu całkowicie przewyciężony, dopóty jest ono niezwykle podatne na oddziaływanie podwyższonej temperatury (z zakresu 15–25°C, niekiedy wyższej), która może zablokować jego kiełkowanie w glebie po wiosennym wysiewie. Zjawisko to nosi nazwę spoczynku wtórnego, który jest indukowany w cieple i prawie całkowicie eliminuje skutki dotychczasowego oddziaływania chłodu. Sprawia to, że niezbędne staje się powtórzenie pełnego okresu oddziaływania chłodu, by nasiona mogły kiełkować. Zdarza się, że niejeden szkółkarz wysiał stratyfikowane nasiona zbyt późno, w nagrzaną już glebę, lub wiosenne ocieplenie nastąpiło zbyt wcześnie, wskutek czego kiełkowały i weszły tylko nieliczne nasiona lub też w ogóle nie doszło do wschodów. Tak pozostawione zasiewy skutkowały bardzo gęstymi wschodami dopiero podczas następnej wiosny, gdy w glebie przeszły ponownie, tym razem pełny, okres zimowego chłodu. W rzeczywistości nasiona zapadły w stan spoczynku wtórnego, gdyż nie były jeszcze całkowicie i do końca przestratyfikowane w chłodzie, a wiosenne ciepło zadziało na nie, gdy stan spoczynku jeszcze w nich nie ustąpił lub ustąpił dopiero w najwcześniej przysposobionych nasionach. W trakcie specjalnych badań okazało się, że już dwa tygodnie oddziaływania ciepła (15–25°C) na niedostatecznie jeszcze przestratyfikowane w chłodzie nasiona są w stanie zaindukować spoczynek wtórny we wszystkich jeszcze nie kiełkujących nasionach danej partii.



Ryc. 3. Przykładowa krzywa przebiegu kiełkowania nasion jednej z proveniencji buka zwyczajnego podczas chłodnej stratyfikacji w podłożu o temperaturze 3°C, kontynuowanej aż do skiełkowania wszystkich żywotnych nasion; sytuacja w dwunastym tygodniu stratyfikacji

Okazało się też, że między temperaturą sprzyjającą ustępowaniu spoczynku nasion (1–5°C) a temperaturą indukcji spoczynku wtórnego (15–25°C) mieści się zakres temperatury pod tym względem nieaktywnej, nazywanej temperaturą kompensacji. W tych warunkach spoczynek nie ustępuje, a spoczynek wtórny nie jest indukowany, stanowi to dla nasion już wysianych czas jakby stracony. W rzeczywistości taka temperatura panuje w glebie w okresie przejścia od ciepła do chłodu późną jesienią i w okresie wiosennego wzrostu temperatury gleby. Szerokie pasmo temperatury nieaktywnej chroni wtedy nasiona, zwłaszcza te najbardziej wiosną zaawansowane w procesie wychodzenia ze stanu spoczynku, przed zapadnięciem w stan spoczynku wtórnego.

Zauważono też, że zjawisko zapadania w stan spoczynku wtórnego i wychodzenia z niego jest odwracalne, co na dodatek może następować kolejno kilka, a nawet kilkanaście razy po sobie. Mamy tu do czynienia, przynajmniej w odniesieniu do niektórych gatunków drzew i krzewów, ze znakomitym zabezpieczeniem ich trwania w glebie w postaci nasion, nawet przez długi czas bez utraty żywotności. Ma to szczególne znaczenie na krańcach zasięgu, wyznaczanych przecież w zależności od roku przez warunki cieplne, korzystne lub niekorzystne nie tylko dla wzrostu i przetrwania osobników (drzew czy krzewów) danego gatunku, ale też dla jego nasion znajdujących się w glebie i poddanych w niej innym układom warunków cieplnych niż nadziemne organy roślin. W takich krańcowych warunkach może się zdarzyć, że nastaną warunki cieplne sprzyjające ustąpieniu spoczynku. Wtedy nasiona kiełkują i wschodzą.

Postępowanie z nasionami w warunkach kontrolowanych

W obliczu określonych reakcji nasion na warunki zewnętrzne dla szkółkarza niezwykle istotne jest uchronienie wysianych nasion przed zapadnięciem ich w stan spoczynku wtórnego, a równocześnie wyprowadzenie większości nasion ze stanu spoczynku w ogóle, a więc całkowite ich uodpornienie na oddziaływanie podwyższonej temperatury, tj. mieszczącej się w przedziale 15–25°C. W warunkach naturalnych następuje to dzięki typowym wczesną wiosną cyklicznym zmianom temperatury gleby, zachodzącym pomiędzy nocą

a dniem. W marcu i kwietniu w naszych warunkach klimatycznych dochodzi, zwłaszcza nocą, do znacznego ochłodzenia, a nawet zamarznięcia górnej warstwy gleby, w której znajdują się wysiane nasiona, a w ciągu dnia – w godzinach silnego nasłonecznienia – do znacznego jej nagrzania się. Warunki cieplne gleby cechuje więc w tym okresie wyraźna cykliczność przemiennego następowania po sobie chłodu nocnego i ciepła dnia. Jeśli chłód nocny w kolejnych dobach oddziałuje na nasiona pozostające jeszcze w stanie spoczynku wystarczająco długo, a nagrzanie się gleby w godzinach południowych trwa krótko, proces ustępowania spoczynku w nasionach postępuje. Wyższa niż w nocy temperatura dnia nie przeszkadza temu procesowi, pobudza jednak nasiona już pozbawione spoczynku do kiełkowania i wzejścia. W warunkach doświadczalnych okazało się, że stosując temperatury przemiennie (np. 3~20°C lub 3~25°C), taki efekt zapewnić można tylko wtedy, gdy faza chłodna trwa w ciągu doby szesnaście godzin, a ciepła – osiem godzin. Odwrócenie kolejności oddziaływania obu tych faz cieplnych niweczy całkowicie zamierzony efekt.

W miejscach, w których można całkowicie kontrolować temperaturę (np. w stacjach nasiennych Lasów Państwowych), po pojawieniu się pierwszych nasion kiełkujących w obniżonej temperaturze chłodnej stratyfikacji (3°C), poddaje się je (nadal w wilgotnym podłożu stratyfikacyjnym) temperaturze cyklicznie zmiennej: 3~20°C lub 3~25°C w układzie 16 + 8 godzin na dobę. Prowadzi to do szybkiego i masowego kiełkowania, po czym można nasiona z krótkimi jeszcze kiełkami wysiać do gruntu lub do pojemników. Produkcja siewek w kontenerach wymaga ustawienia pojemników na kilka tygodni w klimatyzowanych, ciepłych namiotach foliowych, zanim nie zostaną przeniesione na zewnątrz na pola zraszania.

Wysiew nasion do gruntu

Dla wysiewów gruntowych zalecić można inny nieco sposób postępowania z nasionami stratyfikowanymi, wypróbowany z powodzeniem w Instytucie Dendrologii PAN w Kórniku w przypadku nasion podkładek drzew owocowych: czereśni ptasiej, ałyczy, antypki, jabłoni 'Antonówki' i gruszy kaukaskiej. Sposób ten polega na poddaniu nasion poszczególnych gatunków odpowiedniej dla nich stratyfikacji (ciepło-chłodnej dla nasion pestkowych i wyłącznie chłodnej dla nasion ziarnkowych), w terminie właściwym dla każdego gatunku. Stratyfikację rozpoczynano tak, by kiełkowanie nasion rozpoczynało się w marcu. Przed stratyfikacją nasiona przechowywano w chłodni w szczelnie zamkniętych pojemnikach w stanie podsuszonym (wilgotność 8–10%).

W pierwszej dekadzie marca przygotowano zagony siewne w szkółce z glebą gliniasto-piaszczystą z zamiarem rozpoczęcia siewu nasion poszczególnych gatunków po obechnięciu gleby, około 12 marca. Nasiona wysiano (fot. 1) w kolejności podanej powyżej (tj. rozpoczynając od czereśni ptasiej, a kończąc na gruszy kaukaskiej), przy czym siew nasion ostatniego z tych gatunków kończono w trzeciej dekadzie marca. Natychmiast po siewie w głębsze (dla pestkowych) lub płytsze (dla ziarnkowych) bruzdy nasiona zasypywano glebą i jeszcze tego samego dnia lekko zagrabioną powierzchnię zagonów wraz ze ścieżkami pokrywano 10-centymetrową warstwą słomy z bałotów. Słomę zabezpieczano przed wywianiem przez gwałtowne, wiosenne wiatry. Deszcze i topniejący śnieg zwilżały poprzez ściółkę powierzchnię gleby, która nigdy nie wysychała i zachowywała bez zmian swą korzystną strukturę. Pod koniec kwietnia obserwowano pojawienie się pod słomą pierwszych liścieni siewek, po czym na początku maja słomę usuwano, by nie dopuścić do ich deformacji. Następowywały bujne i gęste wschody (fot. 2); jesienią wszystkie podkładki nadawały się do wykopania, posortowania i zadołowania do następnej wiosny.



Fot. 1. Wysiew stratyfikowanych nasion w szkółce w marcu (natychmiast po wysiewie następuje pokrycie zagonów słomą) i rozpostarcie nad zagonami siewnymi sieci rybackiej w celu ochrony zasiewów i wschodów przed ptactwem



Fot. 2. Szkółka siewna w czerwcu (ściółka ze słomy została usunięta na początku maja)

Pomiary temperatury prowadzone w glebie na głębokości siewu na powierzchniach ściółkowanych i nieściółkowanych pozwoliły stwierdzić, że osłonięcie gleby obniżyło jej temperaturę o około 10°C. Temperatura tak izolowanej gleby nigdy nie weszła w zakres wahań sprzyjających indukcji wtórnego spoczynku nasion, co najwyżej wzrastała niekiedy do poziomu temperatury kompensacji, nie przyczyniającej się do indukcji spoczynku wtórnego. W niskiej temperaturze dodatniej był kontynuowany proces ustępowania spoczynku u tych nasion, które w momencie siewu nie osiągnęły jeszcze gotowości do kiełkowania. Stąd osiągnięto pełny sukces tak przeprowadzonych siewów wiosennych nasion uprzednio stratyfikowanych.

Opisany powyżej sposób postępowania z nasionami i zasiewami nadaje się dla wielu gatunków wymagających stratyfikacji. Warunkiem powodzenia jest znajomość wymagań cieplnych nasion podczas stratyfikacji i taki dobór terminu jej początku, by do siewu nasion kiełkujących w nieznacznym dopiero procencie (nie więcej niż 10%) móc przystąpić jeszcze w marcu, co jest zazwyczaj możliwe w Polsce zachodniej. Przedwczesne kiełkowanie nasion podczas stratyfikacji można zawsze zablokować przez przeniesienie pojemników ze stratyfikowanym materiałem nasiennym do pomieszczenia o temperaturze -3°C. Podłoże stratyfikacyjne wtedy zamarza, a nasiona w tej temperaturze nie kiełkują. W terminie odpowiednim do wczesnego siewu podłoże można rozmrozić w chłodnym miejscu, a nasiona niezwłocznie wysiać.

Pominięto tu opis chłodnej stratyfikacji nasion bez podłoża przy stałym i regulowanym poziomie wilgotności, umożliwiającym przedłużenie czasu trwania tego zabiegu do ustąpienia spoczynku we wszystkich nasionach tak traktowanej partii. Przy wilgotności nie podwyższonej do poziomu cechującego pełne napęcznienie podczas stratyfikacji w wilgotnym podłożu nie są one w stanie skiełkować, lecz zwolna dochodzi w nich do ustąpienia spoczynku. Metoda ta znajduje w Polsce rozległe zastosowanie w stacjach nasiennych Lasów Państwowych do stratyfikacji orzeszków buka, wysiewanych później do gruntu lub do kontenerów w tunelach foliowych.

W Dodatku B (zestawienie I) zamieszczono w kolejności według rodzajów roślin drzewiastych wykaz publikacji pracowników Zakładu Biologii Nasion ID PAN w Kórniku, dotyczących przedsięwzięcia przysposobienia nasion i krzewów do kiełkowania.

Przedsięwzięcie przysposabianie nasion wybranych gatunków drzew i krzewów leśnych

Tadeusz Tylkowski*

Na przełomie XX i XXI wieku wystąpiły w Polsce dotkliwe klęski żywiołowe i ekologiczne. W tzw. Czarnym Trójkącie (pogranicze Czech, Polski i Niemiec), w wyniku emisji do atmosfery szkodliwych związków siarki (około 3 mln ton rocznie) i związków azotu (około 1 mln ton rocznie) emitowanych przez zakłady przemysłowe (16 wielkich elektrowni spalających węgiel brunatny), kwaśne deszcze przyczyniły się w Górach Izerskich do katastrofalnego zakwaszenia gleby ($\text{pH} < 3$) i masowego wymierania drzewostanów świerkowych na powierzchni wielu tysięcy hektarów. Wskutek suszy i trudnych do ugaszenia pożarów na wielkim obszarze zniszczeniu uległy m.in. lasy w Wielkopolsce (Nadleśnictwo Potrzebowice) i na Śląsku (Nadleśnictwo Rudy Raciborskie). W 2002 r. huraganowe wiatry zmiotły z powierzchni większą część lasów Puszczy Piskiej.

Skutki opisanych kataklizmów oraz przeznaczenie do zalesienia dużych arealów gruntów porolnych spowodowały wzrost zapotrzebowania na leśny materiał sadzeniowy. Zbieg tych wszystkich okoliczności ułatwił administracji leśnej podjęcie szeroko zakrojonych działań zmierzających do lepszego wykorzystania bazy nasiennej, zmodernizowania starych i budowy nowych przechowalni nasion oraz budowy nowoczesnych szkółek kontenerowych.

Zwiększenie wydajności produkcji sadzonek drzew i krzewów leśnych, zwłaszcza gatunków produkujących nasiona spoczynkowe, należy częściowo przypisać wprowadzeniu nowych technologii przysposabiania nasion do siewu [Suszka B. 2000]. Duże znaczenie ma w tym przypadku wiedza z zakresu znajomości warunków cieplnych stratyfikacji nasion poszczególnych gatunków. Można z dużą pewnością powiedzieć, że wiedza na ten temat jest kluczem do sukcesu w produkcji wysokiej jakości materiału szkółkarskiego.

Szczegółowe wymagania cieplne odnoszące się do przedsięwzięcia przysposabiania nasion wybranych gatunków drzew i krzewów ustalone zostały na podstawie wieloletnich badań nad nasionami roślin drzewiastych, prowadzonych w Instytucie Dendrologii PAN w Kórniku i finansowanych częściowo przez Generalną Dyрекcję Lasów Państwowych. Wiele wniosków wynikających z tych badań zostało wdrożone do stosowania w praktyce.

***Abies alba* Mill. – jodła pospolita**

Nasiona jodły pozyskuje się z szyszek zrywanych ze stojących drzew w drugiej połowie września i w październiku, przed ich naturalnym uwolnieniem. Dojrzałe szyszki tego gatunku osiągają długość 10–20 cm i grubość 3–5 cm. Obfity urodzaj nasion powtarza się co trzy, cztery lata.

Zerwane szyszki rozkłada się w cienkiej warstwie, w przewiewnym miejscu i często szufluje, co zapobiega ich pleśnieniu. Na skutek wysychania szyszek najpierw rozchylają się łuski, a następnie szyszki rozpadają się całkowicie, uwalniając oskrzydłone nasiona.

* Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk w Kórniku

Na sitach oddziela się nasiona od łusek i trzpieni. Obecność żywicy powoduje sklejanie się łusek i skrzydełek, przez co utrudnione jest pozyskanie czystych nasion. Ze 100 kg szyszek można pozyskać 10–15 kg nasion. Masa tysiąca nasion wynosi średnio około 55 gramów.

W praktyce najkorzystniej jest wysiewać nasiona jesienią, wkrótce po zbiorze. Można je też podsuszyć do wilgotności 12–13% i przechowywać przez kilka lat w szczelnie zamkniętych pojemnikach w temperaturze -3 lub -10°C. Określenie wilgotności nasion jest kłopotliwe ze względu na występowanie na powierzchni okryw nasiennych licznych pęcherzyków żywicznych, które jest trudno usunąć. Z kolei ich uszkodzenie lub usunięcie niekorzystnie wpływa na jakość przechowywanych nasion. Żywica rozlana z uszkodzonych pęcherzyków na ich powierzchni stanowi pożywkę dla szkodliwych bakterii i grzybów.

Po przechowaniu nasiona należy przysposobić do kiełkowania przez stratyfikację w wilgotnym podłożu (piasek z torfem, 1:1) lub bez podłoża w workach foliowych. Nasiona jodły pospolitej charakteryzują się mniej lub bardziej głębokim spoczynkiem i na ogół wystarczający jest okres 6–8 tygodni (rzadziej 12 tygodni) stratyfikacji w temperaturze 3°C, niekiedy jednak trafiają się partie nasion wymagające znacznie dłuższego czasu stratyfikacji, nawet do 20 tygodni. Po stratyfikacji nasiona lepiej kiełkują w temperaturze cyklicznie zmiennej 3–10 niż 3–15°C (16 + 8 godz./dobę), lecz do uwolnienia się i wzrostu liścieni potrzebna jest temperatura wyższa, np. 20°C [Tylkowski 1999a].

Nasiona przysposobione do siewu na wiosnę najczęściej wysiewa się rzutowo (100–200 g na 1 m²) lub w rowki siewne (10–20 g na m²) na głębokość 1 cm. Bardzo dobre warunki wschodzenia nasion i dalszy wzrost siewek zapewnia metoda Dünemanna, polegająca na siewie nasion w inspektach na grubej warstwie mocno ubitej ściółki świerkowej [Poleno i Moisl 1965] lub w szkółce pod okapem drzewostanu. Do przykrycia wysianych nasion można stosować ściółkę świerkową, piasek lub trociny. Zastosowanie trocin niesortowanych, z dużym udziałem frakcji pylastej, często powoduje pilśnienie górnej warstwy, która staje się nieprzepuszczalna dla wody, a ponadto silnie utrudnia wschody i jest przyczyną deformacji siewek.

Siewki jodły rosną bardzo wolno i wymagają umiarkowanego cieniowania i podlewania. Po drugim roku, w kwietniu, należy siewki przepikować lub podciąć ich system korzeniowy na głębokości 6–8 cm.

***Juniperus communis* L. – jałowiec pospolity**

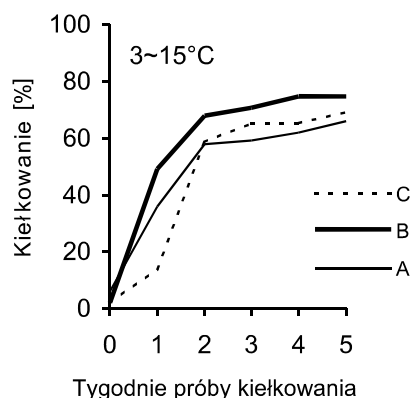
Podobnie jak u sosny zwyczajnej, nasiona jałowca dojrzewają dopiero w drugim roku po kwitnieniu. Zwykle po trzy nasiona (nibynasiona) znajdują się wewnątrz szyszkojagód, które dojrzewają w końcu lata, przebarwiając się na kolor granatowy. Udział w plonie nasion pełnych jest często niewielki – od 0 do 20%. Licznie występują nasiona płone oraz uszkodzone przez owady.

Nasiona należy wydobyć z szyszkojagód. Rozgniatając szyszkojagody, należy uważać, aby nie uszkodzić nasion. Po przetrzaniu wraz z piaskiem w płóciennych woreczkach (usuwane są m.in. pęcherzyki żywiczne z powierzchni okrywy nasiennej) nasiona łatwo można oddzielić najpierw na sicie, a następnie w wodzie. Nasiona pełne są cięższe od wody. Średnia wydajność nasion wynosi 18–25%.

Na przekroju podłużnym, na tle mięsistego prabiela zarodki są słabo widoczne nawet pod binokulem. Ocena żywotności zarodków jałowca metodą tetrazolinową jest mało wiarygodna.

Nasiona podsuszone do wilgotności 8–10% można przechowywać przez kilka lat w zamkniętych pojemnikach w temperaturze -3°C. Masa 1000 nasion wynosi 8,7–14,6 g.

Na 25–27 tygodni przed wiosennym siewem do gruntu (wysiew w połowie kwietnia) nasiona należy poddać stratyfikacji ciepło-chłodnej w podłożu, najpierw przez 14–15 tygodni w temperaturze 15°C, a następnie przez 11–12 tygodni – w 3°C. Po tym czasie nasiona zaczynają kiełkować. Zastosowanie temperatury cyklicznie zmiennej 3~15°C (16 + 8 godz./dobę) przyspiesza kiełkowanie nasion (ryc. 1).



Ryc. 1. *Juniperus communis*. Przebieg kiełkowania nasion w temperaturze 3~15°C (16 + 8 godz./dobę), po stratyfikacji ciepło-chłodnej w temperaturze 15°/3°C w podłożu piaskowo-torfowym; faza ciepła stratyfikacji; A – 12 tygodni, B – 14 tygodni, C – 16 tygodni; faza chłodna 11 tygodni

***Taxus baccata* L. – cis pospolity**

Owoce cisa dojrzewają we wrześniu i w październiku. Jajowate, początkowo zielone, później oliwkowo-brązowe nasiona, o twardej łupinie, otoczone są kubkowatą, mięsistą, szkarłatnoczerwoną, o galaretowatej konsystencji, bogatą w cukry, jadalną osnówką (arillus) o średnicy 8–10 mm. Nasiona, podobnie jak pozostałe części rośliny (oprócz osnówki), zawierają silnie trujący alkaloid – taksynę. Po wydobyciu z osnówki nasiona można podsuszyć do wilgotności około 10% i przechowywać przez kilka lat w temperaturze -3°C. Masa 1000 nasion mieści się w przedziale 43–59 g.

W warunkach naturalnych osnówki wraz z nasionami są chętnie zjadane przez ptaki (np. kosy, kwiczoły, kowaliki), które przyczyniają się do rozsiewania nasion.

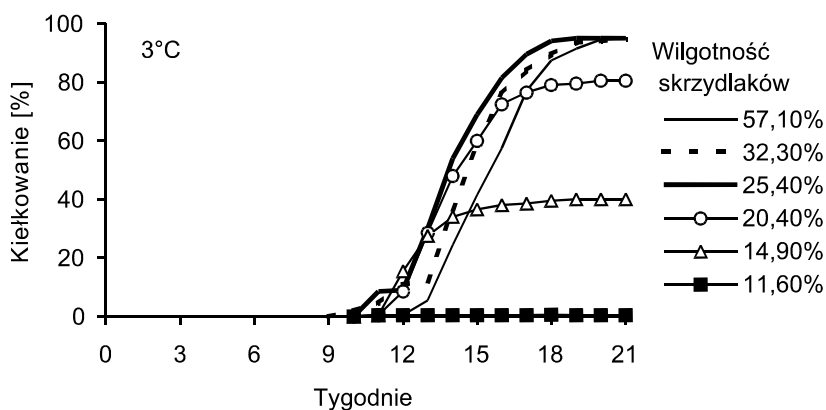
Nasiona cisa charakteryzują się wyjątkowo głębokim spoczynkiem, wynikającym m.in. z nie w pełni wyrosniętego zarodka, który u dojrzałych nasion osiąga długość 1,2–1,8 mm. Spoczynek nasion ustępuje podczas długotrwałej, trwającej prawie rok, ciepło-chłodnej stratyfikacji. Faza ciepła powinna przebiegać w temperaturze zmieniającej się cyklicznie, w układzie 15~20°C (24 + 24 godz./cykl) przez 6,5 miesiąca. Po zakończeniu fazy ciepłej stratyfikację nasion należy kontynuować w temperaturze 3°C przez 4–4,5 miesiąca, po czym nasiona należy wysiać wiosną do gruntu [Devillez 1978, Suszka 1985]. Tak przysposobione do siewu nasiona można też wysiewać wiosną do pojemników w szkółce kontenerowej.

Możliwe jest przechowywanie nasion częściowo stratyfikowanych, tj. podsuszonych po ciepłej fazy stratyfikacji. Po przechowaniu należy jednak dokończyć brakującą fazę chłodną, po czym nasiona wysiać.

***Acer campestre* L. – klon polny, *A. platanoides* L. – klon zwyczajny, *A. pseudoplatanus* L. – klon jawor**

Owoce klonów jest rozłupnia, która w stanie dojrzałym rozpada się na dwa pojedyncze oskrzydłone orzeszki, tzw. skrzydłaki. Skrzydłaki omawianych tutaj klonów dojrzewają jesienią, we wrześniu i w październiku.

Nasiona jaworu zaliczane są do kategorii *recalcitrant*, dlatego też nie można ich po zbiorze zbyt mocno podsuszać. Nasiona zaczynają tracić żywotność już przy wilgotności około 24% (ryc. 2), a przy wilgotności około 12% zamierają wszystkie nasiona. Przechowywanie tak silnie uwodnionych nasion jaworu jest możliwe przez stosunkowo krótki okres, najwyżej 2–3 lata, w temperaturze nie niższej od -3°C (ryc. 3). Po trzecim roku nasiona prawie całkowicie tracą żywotność.

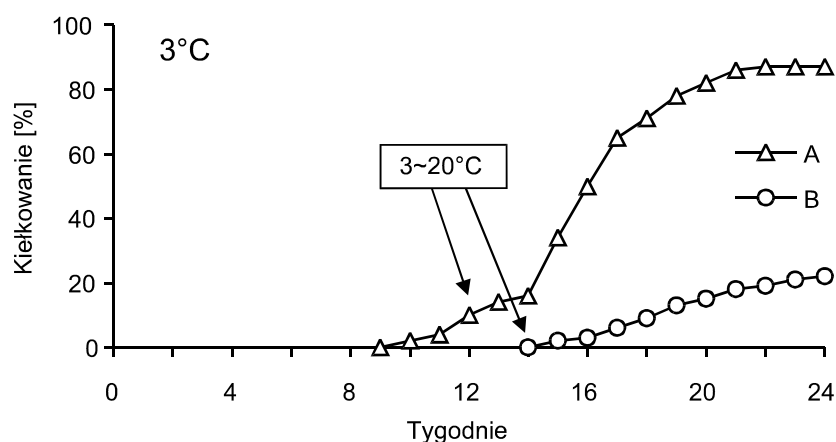


Ryc. 2. *Acer pseudoplatanus*. Wpływ wilgotności skrzydłaków na ustępowanie spoczynku i zdolność kielkowania nasion w temperaturze 3°C

Nasiona/skrzydłaki pozostałych gatunków można podsuszyć do wilgotności 8–10%, bez utraty żywotności nasion. Można je przechować przez kilka lat w temperaturze -3°C .

Nasiona omawianych gatunków charakteryzują się mniej lub bardziej głębokim spoczynkiem, wymagają zatem stratyfikacji chłodnej lub ciepło-chłodnej (patrz tabela). Skrzydłaki można przysposobić do siewu przez stratyfikację w podłożu (po stratyfikacji bez podłoża nasiona często kielkują w niższym procencie). W praktyce szkółkarskiej stosuje się jesienny siew skrzydłaków do gruntu. Spoczynek nasion ustępuje wówczas w warunkach naturalnych, ale podczas surowych zim nasiona mogą ulec obumarciu.

Optymalna temperatura kielkowania i wschodzenia nasion klonu zwyczajnego, jaworu i klonu polnego jest stosunkowo niska, mieści się w zakresie $3-8$ lub $3-15^{\circ}\text{C}$ ($16 + 8$ godz./dobę), dlatego też nasiona stratyfikowane powinny być wysiewane pod koniec zimy lub wczesną wiosną, gdyż w przeciwnym razie pod wpływem wysokiej temperatury nasiona zapadną w stan spoczynku wtórnego.



Ryc. 3. *Acer pseudoplatanus*. Kielkowanie nasion w temperaturze 3–20°C (16 + 8 godz./dobę) po stratyfikacji skrzydlaków w temperaturze 3°C w podłożu; A – po zbiorze (całe skrzydlaki podsuszone do wilgotności 30%), B – po przechowaniu przez 3 lata w temperaturze -3°C; strzałki wskazują zakończenie stratyfikacji i rozpoczęcie próby kielkowania

Charakterystyka nasion wybranych gatunków z rodzaju *Acer*

Gatunek	Masa 1000 skrzydlaków [g]	Kategoria nasion	Układ cieplny stratyfikacji	
			°C	tyg.
<i>A. campestre</i>	75–100	<i>orthodox</i>	20°/3°	5 (7) + 21
<i>A. platanoides</i>	97–357	<i>orthodox</i>	3°	9 (16)
<i>A. pseudoplatanus</i>	63–155	<i>recalcitrant</i>	3°	7 (12)

Carpinus betulus L. – grab zwyczajny

Orzeszki grabu dojrzewają na przełomie września i października, przebarwiając się na kolor oliwkoszary. Owocostany zrywa się z drzew i po rozłożeniu w cienkiej warstwie podsusza się je w miejscu przewiewnym i zacienionym. Orzeszki oddziela się mechanicznie od trójdzielnych skrzydełek. Masa 1000 orzeszków, o charakterystycznej, silnie zdewidniałej i karbowanej okrywie, wynosi od 35 do 45 g.

Podsuszone do wilgotności 8–10% nasiona/orzeszki można przez kilka lat przechowywać w temperaturze -3°C. Przed siewem nasiona należy poddać ciepło-chłodnej stratyfikacji w podłożu w temperaturze 20°/3°C, przez odpowiednio 4 + 16 (do 17) tygodni. Nie zaleca się stratyfikować nasion/orzeszków bez podłoża ze względu na nieprzewidywalne z góry i niewyjaśnione dotąd zróżnicowane ustępowanie spoczynku różnych partii nasion.

Nasiona grabu są bardzo wrażliwe na częściowe odwodnienie po stratyfikacji. Przejawia się to silnym spadkiem ich zdolności kielkowania i wschodzenia w porównaniu

z nasionami niepoduszonymi. Spadek ten jest tym większy, im nasiona podsuszono do mniejszej wilgotności. Tylko nieznaczne podsuszenie orzeszków grabu po stratyfikacji, do wilgotności 16–21%, stymuluje wschody w warunkach temperatury regulowanej (3~15°C) i w warunkach niekontrolowanych w szkółce leśnej.

Powstrzymywanie kiełkowania nasion przez zamrażanie stratyfikowanych orzeszków wraz z podłożem w temperaturze -3 lub -10°C wpływa niekorzystnie na ich późniejsze kiełkowanie i wschody [Tylkowski 1999a].

Po stratyfikacji nasiona grabu lepiej jest wysiewać w warunkach kontrolowanych, np. w namiocie foliowym, niż w szkółce odkrytej.

***Cornus mas* L. – dereń jadalny**

Wydłużone, śliwkowate pestkowce, o szkarłatnoczerwonej barwie, dojrzewają w końcu lata. Pestki należy wydobyc z owoców i podsuszyć do wilgotności 11–12%. Można je przy tej wilgotności przechowywać przez kilka lat w chłodni.

Dojrzałe nasiona znajdują się w stanie głębokiego spoczynku, dlatego przed siewem wymagają długiego (33–36 tygodni) traktowania w specyficznych warunkach cieplnych stratyfikacji. Spoczynek nasion, pozostawionych w całych pestkach, ustępuje po zastosowaniu ciepło-chłodnej stratyfikacji, z 18-tygodniową fazą ciepłą w temperaturze cyklicznie zmiennej 15~25 lub 20~30°C, z temperaturą zmienianą co 24 godziny. Po fazie ciepłej pestki stratyfikuje się w temperaturze 3°C przez kolejne 15–18 tygodni. Tak przysposobione nasiona wysiane w końcu kwietnia w szkółce wschodzą szybko w ponad 80% [Tylkowski 1991].

***Cornus sanguinea* L. – dereń świdwa**

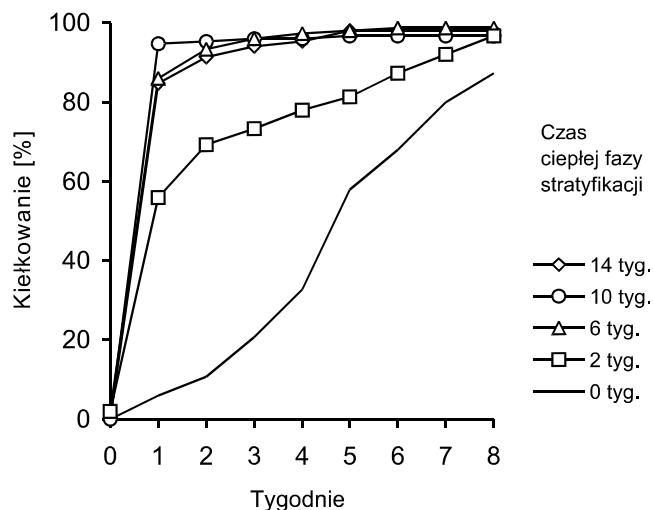
Czarno zabarwione owoce, dojrzewające w sierpniu, zawierają kulistą karbowaną pestkę. Owoce są chętnie zjadane przez ptaki (kosi, kwiczoły, szpaki). Pestki należy wydobyc z owoców i podsuszyć do wilgotności 10–11%. Można je przechowywać przez kilka lat w szczelnie zamkniętych pojemnikach w temperaturze -3°C.

Pestki są dwukomorowe, w większości z jednym nasieniem. Jednak około 40% pestek zawiera po dwa nasiona, dlatego też liczba siewek może być niekiedy większa od liczby wysianych pestek. Głęboki spoczynek nasion ustępuje podczas długiej, ciepło-chłodnej stratyfikacji, z fazą ciepłą w temperaturze cyklicznie zmiennej 15~20°C (24 + 24 godz./cykl) przez co najmniej 6 tygodni, po której powinna nastąpić faza chłodna w 3°C przez 21–22 tygodnie. Po ustąpieniu spoczynku nasiona kiełkują równie szybko w temperaturze 3°C (ryc. 4) jak i w temperaturze 3~15°C (16 + 8 godz./dobę) [Tylkowski 2002a].

***Corylus avellana* L. – leszczyna pospolita**

Orzechy leszczyny pospolitej dojrzewają i opadają we wrześniu. Jeśli są podsuszone do wilgotności około 11%, to mogą być przechowywane w szczelnie zamkniętych pojemnikach w chłodni, w temperaturze -3°C, przez ponad trzy lata.

Nasiona pozostawione w orzechach wymagają 12-tygodniowej stratyfikacji w temperaturze 3°C, w wilgotnym podłożu piaskowo torfowym. Po zakończeniu stratyfikacji orzechy należy wysiać wiosną do szkółki. Takie traktowanie zapewnia wschody nasion w wysokim procencie.



Ryc. 4. *Cornus sanguinea*. Przebieg kiełkowania nasion w temperaturze 3°C, po stratyfikacji ciepło-chłodnej, z fazą ciepłą w temperaturze cyklicznie zmiennej 15~20°C przez 0, 2, 6, 10 lub 14 tygodni i następującą po niej fazą chłodną w temperaturze 3°C przez 20 tygodni

Nasiona przechowywane dłużej niż rok powinny być przed stratyfikacją potraktowane stymulatorami kiełkowania. Całe orzechy przez 20 godzin należy moczyć w 0,8 procentowym roztworze gibereliny A₃ z 1-procentowym tiomocznikiem, następnie stratyfikować je w takich samych warunkach jak opisane powyżej [Tylkowski 1999b].

***Crataegus monogyna* Jacq. – głóg jednoszyjkowy**

Czerwone, elipsoidalne owoce o zmiennej wielkości, z mączystym jadalnym miąższem zawierają jedną, rzadziej dwie, twardą pestkę.

Z badań nad ustępowaniem spoczynku nasion głogu jednoszyjkowego [Bujarska-Borkowska 2002] wynika, że wczesny zbiór owoców (początek przebarwiania skórki, tzw. owoców zapalonych), w sierpniu, nie sprzyja ustępowaniu spoczynku nasion. Warunkiem dużej skuteczności w przewyciężaniu spoczynku nasion tego gatunku jest ich pełna dojrzałość w okresie zbioru (koniec września). Największą zdolność kiełkowania osiągały te nasiona, które po wydobyciu z owoców podsuszono i wkrótce potem poddano stratyfikacji ciepło-chłodnej, napierw w temperaturze cyklicznie zmiennej: 20~30°C (16 + 8 godz./cykl) przez 8 lub 16 tygodni, a następnie w temperaturze 3°C przez około 15 tygodni. Zastosowanie podczas ciepłej fazy stratyfikacji temperatury cyklicznie zmiennej okazało się najbardziej skuteczne w przewyciężaniu spoczynku badanych partii nasion.

Podsuszenie pestek w temperaturze pokojowej do wilgotności 10% (po stratyfikacji) pozostawało bez wpływu na zdolność kiełkowania nasion w temperaturze 3~15°C (16 + 8 godz./dobę).

Pestki prawidłowo podsuszone po zbiorze można z powodzeniem przechowywać w zamkniętych pojemnikach w temperaturze -3°C nawet przez 20 lat bez spadku zdolności kiełkowania nasion.

***Euonymus europaeus* L. – trzmielina zwyczajna**

Owoce są podobne do owoców trzmieliny brodawkowatej. W okresie dojrzewania, we wrześniu i październiku, z rozchylonych torebek zwisają na krótkich nitkowatych sznurkach nasiona całkowicie otoczone pomarańczową osnówką. Po usunięciu osnówki widoczne są nasiona o kremowo-białej łupinie. Masa 1000 nasion wynosi około 40 g.

Nasiona podsuszone do wilgotności 7–8% można przechowywać w szczelnie zamkniętych pojemnikach, w temperaturze -3°C , przynajmniej przez rok.

Spoczynek większości nasion ustępuje po ciepło-chłodnej stratyfikacji w podłożu, gdy faza ciepła przebiega w temperaturze 10, 15 lub 20°C przez 12 tygodni, a faza chłodna w temperaturze 3°C przez dalsze 15–19 tygodni. Po stratyfikacji nasiona dobrze kiełkują w zakresie temperatur stałych ($10\text{--}15^{\circ}\text{C}$) i cyklicznie zmiennych ($3\text{--}10$, $3\text{--}15$ i $3\text{--}20^{\circ}\text{C}$).

***Euonymus verrucosus* Scop. – trzmielina brodawkowata**

Owocem jest 4-nasienna torebka, kształtem przypominająca bilet. W końcu sierpnia, w okresie dojrzewania, torebki zabarwione na ładny różowy kolor pękają i uwalniają nasiona. Nasiona są częściowo okryte pomarańczową osnówką i zwisają z rozchylonych torebek na nitkach o długości 2–3 cm. Łupina nasienna nieokrytej części nasion jest czarna, a pod osnówką kremowo-biała.

Nasiona należy po zbiorze oczyścić z osnówki i podsuszyć w temperaturze pokojowej do wilgotności 7–8%. Masa 1000 nasion wynosi około 20 g.

Nasiona znajdujące się w stanie głębokiego spoczynku wymagają dłużej (26–32 tygodni) stratyfikacji ciepło-chłodnej w układzie cieplnym $15^{\circ}/3^{\circ}\text{C}$, tj. przez 10–12 tygodni w temperaturze 15°C , następnie przez 16–20 tygodni w temperaturze 3°C .

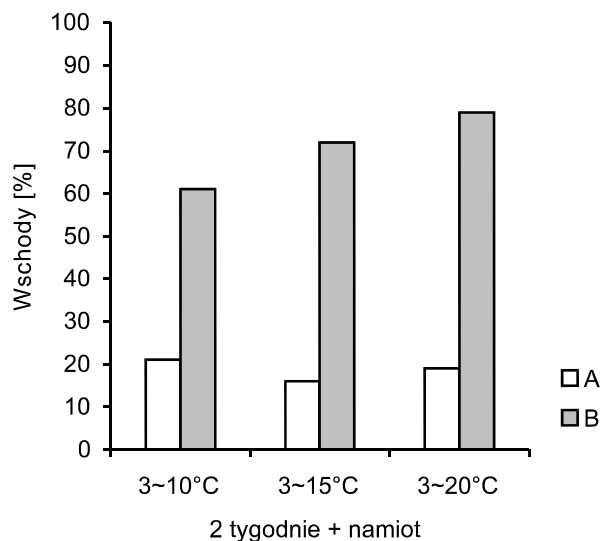
Po siewie nasion stratyfikowanych do podłoża w uprawie pojemnikowej pod namiotem foliowym uzyskuje się wysoki procent wschodów. Traktowanie zasiewów przez 2 tygodnie w temperaturze cyklicznie zmiennej: $3\text{--}20^{\circ}\text{C}$ (16 + 8 godz./dobę) przed umieszczeniem pojemników z wysianymi nasionami w namiocie foliowym korzystnie wpływa na poziom wschodów (ryc. 5).

***Fagus sylvatica* L. – buk zwyczajny**

Dojrzałe orzeszki (tzw. bukiew) opadają z drzew w końcu września i w październiku. Zawarte w nich nasiona są bogate w tłuszcze i są chętnie zjadane przez ptaki i ssaki. Przebiegająca masa tysiąca orzeszków wynosi około 250 g.

Bukiew można zbierać na rozłożone pod drzewami siatki po opadnięciu orzeszków płonnych. Oprócz ułatwionego zbierania unika się też zbyt silnego skażenia nasion grzybami patogenicznymi. Zbiór gospodarczy w lasach można przyspieszyć przez strąsanie bukwi z drzew za pomocą nisko latającego helikoptera w okresie dojrzewania nasion.

Bukiew podsuszoną po zbiorze do wilgotności około 8% można przechować w szczelnie zamkniętych pojemnikach w temperaturze np. -10°C przez co najmniej 5 lat bez spadku żywotności nasion [Suszka i in. 1994]. Dłuższe przechowywanie, pomimo dużej zdolności kiełkowania obserwowanej w warunkach laboratoryjnych, powoduje, że procent wschodów jest mniejszy niż w przypadku nasion przechowywanych krócej. Warunkiem niezbędnym do



Ryc. 5. *Euonymus verrucosus*. Wschody nasion w namiocie foliowym w kasetach po stratyfikacji ciepło-chłodnej zasiewów w temperaturze 10°/3°C (A) lub 15°/3°C (B) przez 12 + 17 tygodni

długoterminowego zachowania żywotności nasion jest ich bardzo duża początkowa zdrowotność określona po zbiorze. Partie nasion o słabej zdrowotności można ustalić, poddając próbkę nasion testowi wigorowemu [Tylkowski 2002b], który polega na określeniu odsetka nasion zepsutych po ich inkubacji między dwiema warstwami wilgotnej bibuły, przez 120 godzin w temperaturze 25°C.

Dobre, pełne wschody uzyskuje się na pierwszą wiosnę po siewie jesienią, bezpośrednio po zbiorze nasion. Można też bukiw po zbiorze stratyfikować i wysiać na wiosnę. Przedwczesne kiełkowanie nasion można powstrzymać przez zamrożenie orzeszków, zmieszanych wraz z podłożem stratyfikacyjnym, na kilkanaście tygodni w temperaturze -3°C [Suszka J. 2002].

Na 1 metr rowka siewnego wysiewa się 12–14 gramów orzeszków, na głębokość 2–3 cm. Wiosną, po wschodach siewki trzeba chronić przed spóźnionymi przymrozkami oraz cieniować, gdyż cierpią od zgorzeli słonecznej.

Nasiona w stanie spoczynku wymagają przedsiewnego traktowania przez chłodną stratyfikację w podłożu lub bez podłoża przy wilgotności regulowanej na poziomie 30–32%. W zależności od proveniencji nasion i przebiegu warunków pogodowych podczas ich dojrzwania traktowanie przedsiewne może trwać od 2 do ponad 20 tygodni. Z tego względu nie należy mieszać ze sobą różnych partii nasion zebranych spod różnych drzewostanów. Nasiona przysposobione do kiełkowania wschodzą szybko i energicznie w temperaturze cyklicznie zmiennej, np. 3~20°C, natomiast w temperaturze stałej, np. 20°C, część z nich zapada w stan spoczynku wtórnego. Należy je zatem wysiewać stosunkowo wcześniej, najlepiej w końcu kwietnia.

***Frangula alnus* Mill. – kruszyna pospolita**

Pierwsze owoce dojrzewają już w końcu lipca, a proces dojrzewania poszczególnych owoców rozciąga się do późnej jesieni. Latem na krzewie spotyka się jednocześnie kwiaty i owoce w różnym stadium dojrzałości. W miąższu czarnych dojrzałych, kulistych owoców o wielkości grochu znajdują się zwykle 2, 3 spłaszczone pestki. Dojrzałe pestki są fioletowo-czarne. Masa 1000 sztuk pestek wynosi około 22 g.

Część nasion zebranych wcześniej, w sierpniu, po wysiewie do gruntu wschodzi na pierwszą wiosnę, reszta nasion przeleguje do następnej wiosny. Nasiona podsuszone do wilgotności 8% można przechowywać w zamkniętych pojemnikach w chłodni. Po przechowaniu należy je przysposobić do siewu przez ciepło-chłodną stratyfikację w podłożu. Wschody w wysokim procencie (około 90%) uzyskano po stratyfikacji nasion w temperaturze 20°/3°C z fazą ciepłą przez 8, 12 lub 16 tygodni i fazą chłodną w 3°C, odpowiednio przez 20, 16 i 12 tygodni (łączny czas stratyfikacji wynosił 28 tygodni). Po stratyfikacji nasiona kruszyny wschodziły energicznie i w wysokim procencie w temperaturze 3~25°C (8 + 16 godz/dobę) (Suszka J., dane niepublikowane).

***Fraxinus excelsior* L. – jesion wyniosły**

Owocem jest płaski, wydłużony orzeszek, oskrzydłony jęczminkowatym skórzastym skrzydełkiem. Skrzydłaki zebrane w kiście są bardzo zmienne, dojrzewają w październiku. W Polsce, w okresie dojrzałości zbiorczej zarodek jesionu wyniosłego jest dobrze wykształcony, lecz nie w pełni wyrośnięty, osiąga 0,4–0,6 długości nasienia. Masa tysiąca skrzydłaków wynosi od 65 do 100 g.

Nasiona charakteryzują się głębokim spoczynkiem i wymagają długotrwałej ciepło-chłodnej stratyfikacji w podłożu lub bez podłoża. Skrzydłaki podsuszone do wilgotności około 10% można z powodzeniem przechować bez utraty żywotności w szczelnie zamkniętych pojemnikach w chłodni, np. w temperaturze -3°C przez kilkanaście lat. Po przechowaniu, na początku sierpnia całe skrzydłaki najlepiej jest poddać stratyfikacji bez podłoża [Tylkowski 1998], najpierw w temperaturze 15°C przez 16 tygodni, a następnie w temperaturze 3°C przez kolejne 16 tygodni. Skrzydłaki moczy się w wodzie przez jedną godzinę, podczas ciepłej fazy stratyfikacji w temperaturze 15°C co tydzień, a w fazie chłodnej, w temperaturze -3°C, co dwa tygodnie. Po moczeniu pozostawia się je wilgotne w pojemnikach, w odpowiedniej temperaturze, aż do następnego zabiegu. Podczas moczenia ze skrzydłaków wymywane są inhibitory oraz usuwane strzępki i zarodniki grzybów. Stratyfikację nasion/skrzydłaków można też przeprowadzić w wilgotnym podłożu w takim samym układzie cieplnym. Termin siewu skrzydłaków w szkółce powinien przypadać wcześniej, już w połowie marca, gdy tylko gleba rozmarznie i pozwolą na to warunki. Nasiona jesionu wyniosłego są szczególnie wrażliwe na indukcję spoczynku wtórnego przez podwyższoną temperaturę.

Możliwe jest przysposobienie do siewu skrzydłaków na pierwszą wiosnę po tzw. zbiorze na zielono, w końcu sierpnia. Należy je wówczas zaraz po zbiorze poddać stratyfikacji bez podłoża, w takich samych warunkach cieplnych, w jakich przysposabia się skrzydłaki przechowywane, i wiosną wysiać do gruntu. Stosowany do niedawna siew jesienny skrzydłaków zbieranych „na zielono” nie zapewnia spodziewanych wschodów na wiosnę, gdyż

warunki pogodowe jesienią i zimą rzadko zaspokajają wymagania ciepłe konieczne do ustąpienia spoczynku i nasiona przelegują w glebie szkółki do następnej wiosny.

Przysposobione do kiełkowania przez stratyfikację bez podłoża skrzydlaki jesionu wyniosłego można podsuszyć w temperaturze 20–25°C. Szybkie podsuszenie skrzydlaków do wilgotności 9–13% w suszarni, o wilgotności względnej powietrza suszącego na poziomie 30%, w pełni utrzymuje w nasionach stan likwidacji spoczynku. Nasiona tak traktowane można przechowywać przez 2 lata w temperaturze -3 lub -10°C i po przechowaniu wysiać w szkółce bez ryzyka niewystąpienia wschodów. Powolne natomiast podsuszanie skrzydlaków w niskiej temperaturze wpływa niekorzystnie na kiełkowanie nasion.

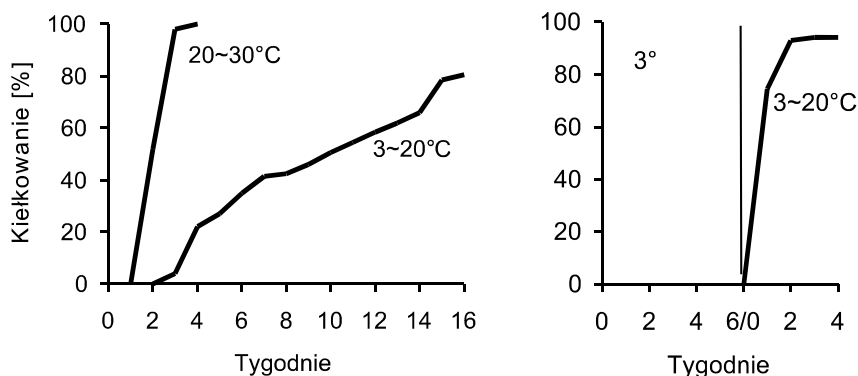
Po stratyfikacji nasiona reagują negatywnie na podwyższoną temperaturę prób kiełkowania. Stwierdzono, że w temperaturze cyklicznie zmiennej: 3~15°C (16 + 8 godz./dobę) nasiona kiełkują w najwyższym procencie. W temperaturze 3~20°C lub 3~25°C oraz w temperaturze stałej powyżej 10°C w nasionach indukowany jest spoczynek wtórny.

Hippophaë rhamnoides L. – rokitnik zwyczajny

Owocem są podługne pestkowce o pomarańczowo zabarwionym miąższu, ułożone gęsto na krótkich szypułkach wokół pędów. Owoce dojrzewają we wrześniu i długo utrzymują się na pędach. Czarne, błyszczące owalne nasiona otoczone są skórzastym mezokarpem oddzielającym je od soczystego, bogatego w witaminę C egzokarpu.

Nasiona rokitnika nie mają spoczynku. Do kiełkowania wymagana jest jednak stosunkowo wysoka temperatura, np. cyklicznie zmienna: 20~30°C (16 + 8 godz./dobę).

W temperaturze niższej (np. 3~20°C, 16 + 8 godz./dobę) kiełkowanie nasion rozciąga się w czasie, nie jest równomierne (ryc. 6). Stratyfikacja nasion w podłożu w temperaturze 3°C przez 6–8 tygodni silnie wzmacnia ich kiełkowanie w temperaturze 3~20°C. Po wysiewie nasion procent wschodów w szkółce otwartej jest kilkakrotnie mniejszy niż procent wschodów po wysiewie w namiocie foliowym (ryc. 6).

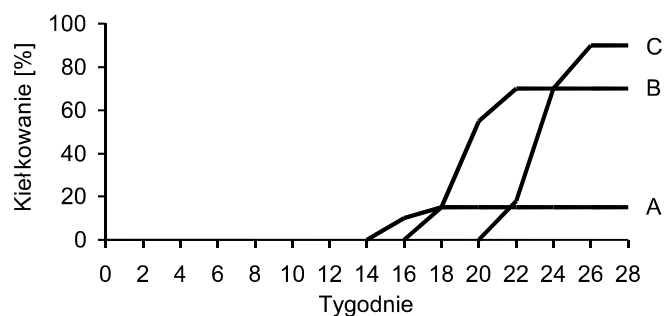


Ryc. 6. *Hippophaë rhamnoides*. Wpływ temperatury prób kiełkowania i 6-tygodniowej stratyfikacji nasion w podłożu w 3°C na przebieg kiełkowania

Prunus avium L. – czereśnia ptasia (trześnia)

Termin dojrzewania nasion/owoców przypada na pierwszą połowę lipca. Barwa skórki dojrzałych owoców jest u poszczególnych drzew różna, owoce mogą być żółte, jasno lub ciemnoczerwone, nawet granatowe. Smak owoców także jest różny, od słodkiego do gorzkiego. Nasiona powinno się pozyskiwać z drzew zdrowych (nieporażonych przez raka bakteryjnego, bez objawów gumozy i uszkodzeń mrozowych), o późno dojrzewających owocach, ze względu na dobrze wtedy wykształcony zarodek. Dojrzałe owoce zrywa się z drzew i możliwie szybko wydobywa się z nich pestki. Należy unikać fermentacji owoców, gdyż wpływa to niekorzystnie na zachowanie wysokiej jakości nasion. Pestki oczyszczone z resztek miąższu sypawia się w wodzie i odrzuca puste (pływające). Pestki pełne podsusza się przez kilka dni w miejscu ocienionym i przewiewnym, w temperaturze poniżej 20°C.

Pestki o wilgotności 8–10% można przechowywać w szczelnie zamkniętych pojemnikach w chłodni, w temperaturze np. -3°C, nawet przez kilka lat bez utraty żywotności nasion. Nasiona/pestki przeznaczone do siewu wymagają ciepło-chłodno-ciepło-chłodnej stratyfikacji w podłożu, w temperaturze 25°/3°/25°/3°C przez odpowiednio 2 + 2 + 2 + 14 tygodni, która zapewnia wysoką skuteczność w przewyciężaniu spoczynku nasion [Suszka 1967; ryc. 7].



Ryc. 7. *Prunus avium*. Dynamika kiełkowania nasion stratyfikowanych w różnych układach cieplnych; A – 3°C; B – 20°/3°C (faza ciepła 2 tygodnie); C – 20°/3°/25°/3°C (dwie fazy ciepłe po 2 tygodnie, przerwane 2-tygodniową fazą chłodną)

We Francji z powodzeniem stosuje się stratyfikację bez podłoża, przy wilgotności pestek regulowanej na poziomie 28–30%. Wilgotność pestek utrzymuje się przez spryskiwanie wodą dwa razy dziennie przez 8 dni w temperaturze 3°C oraz zaprawia oksychinolinianem miedzi, w dawce 0,5g · kg⁻¹ pestek. Przyjęty poziom wilgotności pestek uniemożliwia skielkowanie nasion, dlatego też by po siewie uniknąć możliwości indukcji spoczynku w nasionach, ostatnią chłodną fazę stratyfikacji bez podłoża należy wydłużyć o 3–4 tygodnie, w porównaniu ze stratyfikacją w podłożu [Suszka i in. 1994].

Rozpoczęcie kiełkowania nasion podczas stratyfikacji w podłożu jest sygnałem do jej przerwania i wysiewu pestek do gruntu. Nasiona czereśni ptasiej powinno się wysiewać wczesną wiosną, w nieogrzaną glebę, ponieważ są one podatne na indukcję spoczynku wtórnego przez temperaturę powyżej 15°C.

Zasiewy należy cieniować, np. 10-centymetrową warstwą słomy, która ogranicza nagrzewanie się wierzchniej warstwy gleby o około 10°C, w porównaniu z glebą niecienioną. Słoma zabezpiecza też glebę przed utratą wilgoci, która jest niezbędna do prawidłowego kiełkowania nasion.

Podczas stratyfikacji przedwczesne kiełkowanie nasion można powstrzymać przez ich zamrożenie w temperaturze -3°C, wraz z podłożem stratyfikacyjnym, jednak nie dłużej niż na 8 tygodni. Pestki można też szybko podsuszyć w temperaturze pokojowej do wilgotności 10% i bez ryzyka obniżenia zdolności kiełkowania przechować przez kilkanaście tygodni w temperaturze -1°C.

***Prunus padus* L. – czeremcha zwyczajna**

Kuliste owoce, wielkości grochu, zebrane w gronach, dojrzewają w czerwcu i w lipcu, przebarwiając się na kolor czarny. Są wtedy chętnie zjadane przez ptaki. W owocu znajduje się jedna pestka o silnie bruzdowanej, zdrewniałej okrywie. Nasiona są często uszkodzane przez owady. Masa 1000 pestek wynosi około 50 g.

Pestki wydobyte z miąższu można podsuszyć do wilgotności około 10% i przechowywać przez kilka lat w zamkniętych pojemnikach w chłodni.

Nasiona czeremchy charakteryzują się spoczynkiem, który ustępuje, w podobnych jak w przypadku nasion czereśni ptasiej, warunkach cieplnych stratyfikacji w podłożu (25°/3°/25°/3°C przez odpowiednio 2 + 2 + 2 + 22 tygodnie).

Podsuszenie pestek po stratyfikacji do wilgotności 18–20% i 4-tygodniowe ich przechłodzenie w temperaturze -3°C silnie stymuluje kiełkowanie i wschody nasion.

***Prunus spinosa* L. – śliwa tarnina**

Owocowanie tarniny jest przemienne. Dobry urodzaj powtarza się co 2–4 lata. Owocem jest kulista, granatowa śliwka, pokryta woskowym nalotem, z jedną pestką. Owoce dojrzewają w końcu sierpnia i do zimy utrzymują się na gałązkach. Wielkość pestek jest silnie zróżnicowana w zależności od krzewu. Masa 1000 pestek wynosi około 170 g.

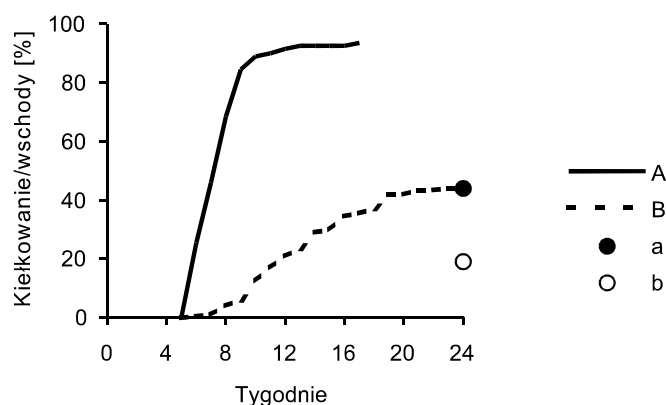
Pestki wydobyte z owoców można podsuszyć do wilgotności około 10% i przechowywać w szczelnie zamkniętych pojemnikach w temperaturze -3°C przez kilka lat. Po przechowaniu pestki należy stratyfikować. Według J. Suszki (dane niepublikowane) w celu przewyciężenia głębokiego spoczynku nasion pestki najkorzystniej jest poddać stratyfikacji ciepło-chłodnej, z fazą ciepłą o temperaturze cyklicznie zmiennej: 15~20°C (16 + 8 godz./dobę) przez 8 tygodni, następnie stratyfikacji w temperaturze 3°C przez 14 tygodni. Po takim traktowaniu nasiona wysiane w warunkach laboratoryjnych w temperaturze 3~20°C (16 + 8 godz./dobę) wschodziły energicznie w wysokim procencie (po 6 tygodniach weszło ponad 80% siewek).

***Rhamnus catharticus* L. – szakłak pospolity**

Owoce szakłaka pospolitego mają wielkość grochu, dojrzewają w sierpniu, przybierając czarne zabarwienie. W mięsistym owocu znajdują się zwykle 2–4 ciemnoszare, trójgraniaste pestki. Masa 1000 pestek wynosi około 15 g.

Po zbiorze pestki szakłaka pospolitego można podsuszyć do wilgotności 8–11% i przechować w szczelnie zamkniętym pojemniku w temperaturze -3°C. Po przechowaniu przez co najmniej 3,5 roku nasiona zachowują wysoką zdolność kiełkowania (ok. 80%).

Świeże, nie podsuszone po zbiorze, w pełni dojrzałe nasiona szakłaka cechuje brak spoczynku. Do energicznego kiełkowania nasiona wymagają stosunkowo wysokiej temperatury cyklicznie zmiennej: 20~30°C (16 + 8 godz./dobę), natomiast w temperaturze niższej kiełkowanie jest rozłożone w czasie (ryc. 8).



Ryc. 8. *Rhamnus catharticus*. Wschody nasion w temperaturze 3~25°C, po 8 tygodniach stratyfikacji w podłożu w 3°C (A) i nasion nie stratyfikowanych (B) oraz wschody w szkółce nasion stratyfikowanych (a) i nie poddanych stratyfikacji (b)

Nasiona przechowywane należy przed siewem koniecznie przysposobić do kiełkowania przez 8–12-tygodniową stratyfikację pestek w podłożu w temperaturze 3°C. Nasiona stratyfikowane są zdolne do energicznego kiełkowania w temperaturze 3~25°C (ryc. 8), a po siewie wschodzą w szkółce w 40–50%, tj. w 2–3-krotnie wyższym procencie niż nasiona nie poddane stratyfikacji. W szkółce po pierwszym roku siewki osiągają niewielką wysokość: 2–4 cm.

***Sorbus aucuparia* L. – jarząg pospolity**

Małe, kuliste owoce, barwy pomarańczowej lub czerwonej, zebrane w baldachogrona, dojrzewają od sierpnia do października. Owoce zbiera się, gdy są miękkie i łatwo można je rozgnieść. Drobne nasiona, w skórzastej łupinie, umieszcza się po 1, 2 w pięciu komorach nasiennych. Z kilograma świeżych owoców jarzębu pospolitego można uzyskać 20–40 gramów czystych nasion, o średniej masie 1000 sztuk wynoszącej około 3,5 g.

Nasiona można wysiewać we wrześniu po wydobyciu z owoców lub po przechowaniu przy wilgotności 8–12%, np. przez 6 lat w chłodni, i poddać stratyfikacji w podłożu. Zastosowanie ciepło-chłodnej stratyfikacji nasion w podłożu w układzie cieplnym 20/3°C, z 2-tygodniową fazą ciepłą w temperaturze 20°C i 18-tygodniową fazą chłodną w temperaturze 3°C, silnie wpływa na wzrost zdolności kiełkowania i wschody w temperaturze cyklicznie zmiennej: 3~20°C (16 + 8 godz./dobę) [Suszka i Bujarska-Borkowska 2002]. W szkółce nasiona należy wysiewać wczesną wiosną, na metr bieżący rowka siewnego wysiewa się 4 g nasion. W okresie poprzedzającym wschody zasiewy muszą być chronione przed zbyt wysoką temperaturą. Jarzęby wymagają żywej i dostatecznie wilgotnej gleby. Siewki pozostają w szkółce przez dwa lata. Zalecane jest podcinanie korzeni młodych siewek.

Sorbus torminalis (L.) Crantz – jarzab brekinia (brząk)

Oliwkowo-brązowe owoce, zebrane w baldachogrona, dojrzewają we wrześniu i w październiku. Są wyjątkowo chętnie zjadane przez ptaki, zwłaszcza szpaki. Przeciętnie w owocu znajdują się 2, 3 nasiona. Po zbiorze należy je szybko wydobyć z miękkiej owocni, nie dopuszczając do ich sfermentowania, gdyż wpływa to niekorzystnie na jakość nasion.

Masa 1000 nasion jest silnie zróżnicowana i w zależności od drzewa matecznego mieści się w granicach 15,7–30,1 g.

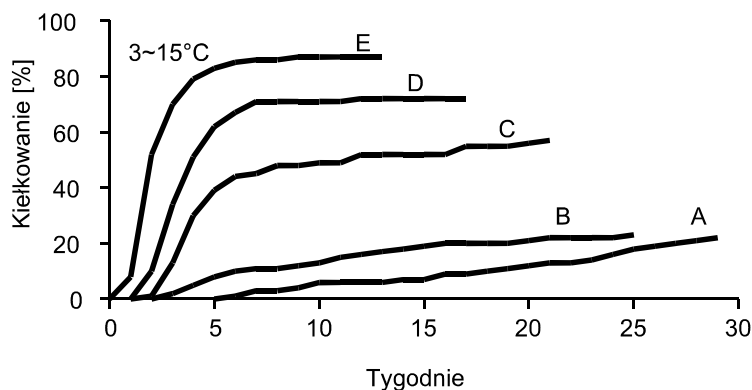
Nasiona można podsuszyć do wilgotności 8–9% i przechowywać w temperaturze -3°C przez kilka lat. Przed siewem nasiona wymagają likwidacji spoczynku, najlepiej podczas stratyfikacji w temperaturze 3°C , w podłożu stratyfikacyjnym (wilgotny piasek z torfem, 1:1) przez 12–14 tygodni. Nasiona można też wysiewać do szkółki jesienią, tuż po wydobyciu z owoców, a zimą w przypadku braku pokrywy śnieżnej zasiewy należy zabezpieczyć przed mrozami.

Tilia cordata Mill. – lipa drobnolistna

Owocami są orzeszki zebrane po kilka do kilkunastu w wierzchołki z języczkową podsadką, suche, skórzaste, gruszkowatego kształtu, o cienkiej łupinie, gładkie lub słabo żeberkowane, dojrzewające we wrześniu. Orzeszki pozyskuje się późną jesienią z drzew stojących przez otrząsanie na płachty. Zbiór najlepiej jest przeprowadzić po pierwszych przymrozkach, po opadnięciu liści, gdy na drzewach pozostały tylko owocostany. Zbioru nie powinno się opóźniać, gdyż pod wpływem silnych wiatrów większość owoców opada. Masa tysiąca orzeszków wynosi około 35 g.

Oczyszczone orzeszki należy podsuszyć w temperaturze pokojowej do wilgotności około 11%. W takim stanie można je przechowywać przez kilkanaście lat w chłodni w temperaturze -3°C .

Pomimo że zarodki wyizolowane z dojrzałych nasion podejmują w temperaturze pokojowej wzrost, gdy są umieszczone na wilgotnej bibule, to pozostawione w nasionach wymagają chłodnej stratyfikacji (ryc. 9)



Ryc. 9. *Tilia cordata*. Kiełkowanie nasion w temperaturze $3\text{--}15^{\circ}\text{C}$ po uprzedniej skaryfikacji chemicznej i stratyfikacji w 3°C bez podłoża przez: A – 0, B – 4, C – 8, D – 12, E – 16 tygodni

Przed przystąpieniem do stratyfikacji nasiona należy wpierw wydobyć ze skórzastej i łatwo pękającej owocni, wykorzystując w tym celu np. mechaniczny skaryfikator lub delikatnie przecierając orzeszki między dwiema gumowymi płaszczyznami.

W celu pozbawienia łupiny nasiennej tzw. twardości, czyli braku przepuszczalności wody do zarodka, nasiona przed stratyfikacją poddaje się 12-minutowej skaryfikacji chemicznej w stężonym kwasie siarkowym.

Po skaryfikacji nasiona należy wypłukać z resztek kwasu i pozostawić w pojemniku zalane czystą wodą przez około 20 godzin. Następnego dnia nasiona lżejsze od wody (pływające, nie w pełni wartościowe) trzeba usunąć, a do stratyfikacji bez podłoża użyć tylko nasion cięższych od wody. Po odlaniu wody wilgotne nasiona pozostawia się w pojemniku, przykrywając go w sposób zapewniający wymianę gazową, lecz utrudniający jednocześnie wysychanie nasion. Zabieg moczenia nasion w wodzie powtarza się co tydzień, zalewając nasiona czystą wodą przez jedną godzinę. Stratyfikację bez podłoża przeprowadza się w temperaturze 3°C przez 14–16 tygodni. Nasiona po skaryfikacji chemicznej umieszczone w podłożu mogłyby ulegać infekcji grzybowej.

Potraktowanie nasion po skaryfikacji roztworem kwasu giberelinowego (GA₃) skraca czas ich stratyfikacji o około 6 tygodni.

Skaryfikację chemiczną nasion lipy drobnolistnej można zastąpić długotrwałą, 18-tygodniową, stratyfikacją w podłożu w temperaturze 25°C. Zwiększona aktywność drobnoustrojów w tej temperaturze powoduje uszkodzenie zewnętrznej warstwy łupiny nasiennej, w wyniku czego ułatwiony jest dostęp wody do nasion. Po ciepłej stratyfikacji nasiona poddaje się stratyfikacji w temperaturze 3°C przez około 16 tygodni. Niekiedy obserwuje się szkodliwy wpływ ciepłej fazy stratyfikacji orzeszków na żywotność nasion.

Stratyfikowane nasiona lipy drobnolistnej, podobnie jak nasiona jesionu wyniosłego, należy wysiewać do szkółki wczesną wiosną ze względu na podatność nasion na indukcję spoczynku wtórnego pod wpływem podwyższonej temperatury.

Lekkie podsuszenie przed siewem nasion stratyfikowanych do wilgotności 17–20% działa stymulująco na wschody w porównaniu z nasionami niepodsuszonymi. Po stratyfikacji bez podłoża możliwe jest szybkie podsuszenie nasion do wilgotności około 10% w suszarni w temperaturze 15–25°C i przechowanie ich przez rok w temperaturze -3°C. Nasiona takie wysiane wiosną do pojemników kontenerowych w namiocie foliowym wschodzą w wysokim procencie.

***Ulmus laevis* Pall. – wiąz szypułkowy (limak), *Ulmus minor* Mill. – wiąz pospolity (wiąz polny), *Ulmus glabra* Huds. – wiąz górski (brzost)**

Owocem wiązów jest spłaszczony orzeszek, dookoła oskrzydłony błoniastym skrzydełkiem. Orzeszki wiązów dojrzewają już w drugiej połowie maja, niekiedy na początku czerwca. Skrzydłaki zrywa się ręcznie, gdy skrzydełka zmieniają barwę z seledynowej na jasnobrązową. Przed zbiorem należy się upewnić, czy w skrzydłakach są pełne nasiona, ponieważ często zdarza się, że u wiązu polnego i górskiego na drzewach wiszą płonne skrzydełka, a rok urodzaju może przypadać raz na 3–5 lat. Nasiona nie zapadają w stan spoczynku i po siewie w optymalnych warunkach kiełkują bez zwłoki. Skrzydłaki podsuszone po zbiorze do wilgotności 10–11% i przechowywane w temperaturze -3°C w szczelnie zamkniętych pojemnikach zachowują żywotność nawet przez 6 lat. Masa 1000 skrzydłaków wynosi średnio w przypadku wiązu szypułkowego 8 g, wiązu polnego – 12 g, a wiązu górskiego – 15 g.

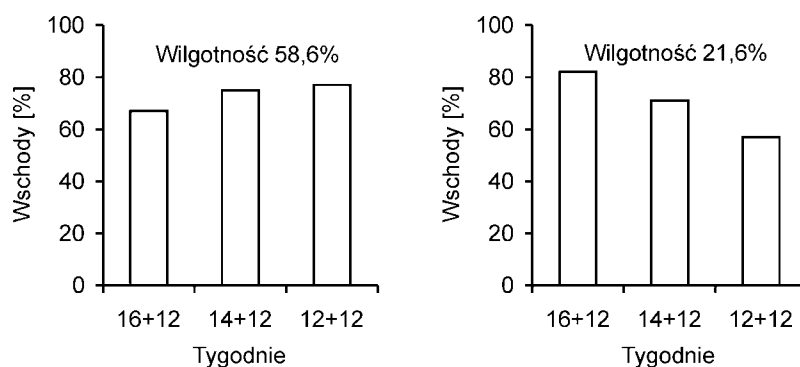
Do podjęcia kiełkowania nasiona wiązów wymagają dużej wilgotności i stosunkowo wysokiej temperatury otoczenia – 20–25°C. Po siewie na wilgotnym podłożu, najlepiej w pojemnikach zespolonych w namiocie foliowym, skrzydlaków nie należy przykrywać, lecz zapewnić im w miarę potrzeby stałą wysoką wilgotność podłoża. Nasiona wschodzą w takich warunkach masowo już w drugim tygodniu po siewie. Pod koniec sezonu wegetacyjnego siewki osiągają wysokość 20–30 cm.

Viburnum opulus L. – kalina koralowa

Zebrane w baldachogrona, mięsiste owoce, barwy czerwonej, dojrzewają we wrześniu i długo utrzymują się na krzewach. W owocu znajduje się jedna, silnie spłaszczona, okrągła pestka o zdrewniałej, kremowo-białej okrywie. Masa 1000 nasion wynosi około 40 g.

Produkcja siewek kaliny koralowej na skalę masową na pierwszą wiosnę po zbiorze jest możliwa zarówno jeśli będą do tego celu użyte nasiona świeże, niepodsuszone, jak i podsuszone i przechowywane (ryc. 10). Nasiona kaliny cechuje brak spoczynku korzenia zarodkowego, natomiast spoczynek epikotyli jest głęboki. Nasiona oczyszczone z owocni, niepodsuszone lub podsuszone do wilgotności około 20%, można wysiewać do podłoża w zespolonych kasetach na głębokość 1 cm i wraz z kasetami poddać traktowaniu ciepło-chłodnemu, najpierw w temperaturze cyklicznie zmiennej: 15~25°C (24 + 24 godz./cykl) przez 12–16 tygodni, później w temperaturze 3°C przez 11–12 tygodni. Po takim traktowaniu kasety z nasionami należy wiosną umieścić w namiocie foliowym, a po krótkim czasie pojawią się masowo wschody (ok. 80%). Po pierwszym sezonie wegetacyjnym siewki osiągają wysokość około 3 cm.

Po zbiorze oczyszczone z owocni nasiona można wysiewać do gruntu, lecz w naszych warunkach klimatycznych nasiona najczęściej przelegują do następnej wiosny.



Ryc. 10. *Viburnum opulus*. Wpływ wilgotności nasion i czasu fazy ciepłej stratyfikacji w temperaturze cyklicznie zmiennej 15~25°C (przez 12, 14 i 16 tygodni) przy jednakowo długiej fazie chłodnej w temperaturze 3°C (12 tygodni) na wschody nasion w namiocie foliowym

Literatura

- Bujarska-Borkowska B.** 2002. Germination of seeds and seedling emergence of common hawthorn (*Crataegus monyna* Jacq.). Programme and Book of Proceedings. Annual Meeting of IUFRO 2.09.00 Research Group for Seed Physiology and Technology "Tree Seeds 2002", Chania, Crete.
- Devillez F.** 1978. Influence de la température sur la postmaturation et la germination des graines de l'if (*Taxus baccata* L.). Academie Royale de Belgique. Bulletin de la Classe des Sciences 5^e série, LXIV, 203–218.
- Poleno Z., Moisl J.** 1965. Raising seedlings in spruce litter. Lesnicke Prace, 44(5), 205–209.
- Suszka B.** 1967. Studia nad spoczynkiem i kiełkowaniem nasion różnych gatunków z rodzaju *Prunus* L. Arboretum Kórnickie 12, 221–282.
- Suszka B.** 1985. Warunki ustępowania spoczynku, kiełkowania i wschodzenia nasion cisa pospolitego (*Taxus baccata* L.). Arboretum Kórnickie, 30, 285–338.
- Suszka B.** 2000. Nowe technologie i techniki w nasiennictwie leśnym. Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych w Warszawie. Bogucki Wydawnictwo Naukowe S.C., Poznań.
- Suszka J.** 2002. Doskonalenie metod przechowywania i przedsięwziętego traktowania nasion dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) i buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.). Praca doktorska, Instytut Dendrologii PAN, Kórnik (maszynopis).
- Suszka B., Bujarska-Borkowska B.** 2002. Likwidacja spoczynku nasion rodzimych jarzębów (*Sorbus aucuparia* L., *S. intermedia* Pers., *S. torminalis* Crantz.). [W:] Zagospodarowanie oraz wartość genetyczna populacji drzew gatunków domieszkowych i introdukowanych w aspekcie stabilizacji ekosystemów leśnych Karpat. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 394, ser. Sesja Naukowa, 86, 230–258.
- Suszka B., Muller C., Bonnet-Masimbert M.** 1994. Nasiona leśnych drzew liściastych od zbioru do siewu. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa–Poznań.
- Tylkowski T.** 1991. Thermal conditions for the after-ripening and germination of Cornelian cherry (*Cornus mas* L.) seeds. Arboretum Kórnickie, 36, 165–172.
- Tylkowski T.** 1998. Przewyciężanie spoczynku nasion jesionu wyniosłego (*Fraxinus excelsior* L.) i lipy drobnolistnej (*Tilia cordata* Mill.). Wydawnictwo Z. Bartkowiak, Poznań.
- Tylkowski T.** 1999a. Wpływ mrożenia nasion wybranych gatunków drzew podczas stratyfikacji na ich kiełkowanie. Referaty i doniesienia wygłoszone na XI ogólnokrajowym seminarium Grupy Roboczej „Mrozoodporność” w dniach 18–19 maja 1999 r. w Instytucie Dendrologii PAN w Kórniku koło Poznania, 76–85.
- Tylkowski T.** 1999b. Generatywne rozmnażanie leszczyny pospolitej (*Corylus avellana* L.). Arboretum Kórnickie, 44, 87–97.
- Tylkowski T.** 2002a. Thermal conditions for dormancy release of *Cornus sanguinea* L. seeds. Programme and Book of Proceedings, Annual Meeting of IUFRO 2.09.00 Research Group for Seed Physiology and Technology "Tree Seeds 2002", Chania, Crete.
- Tylkowski T.** 2002b. A vigour test for quality assessment of stored beech (*Fagus sylvatica* L.) nuts. Dendrobiology, 47 (Suppl.), 43–46.

Ocena jakości fizjologicznej sadzonek

Wojciech Wesoly*

O zdolności sadzonek do dobrego przyjmowania się i intensywnego wzrostu decydują cechy fizjologiczne określające kondycję sadzonek, często formułowaną jako ich żywotność. W rozumieniu leśnika sadzonka lub siewka jest „żywotna” wtedy, gdy dobrze się przyjmuje po posadzeniu i dobrze rośnie w pierwszym sezonie wegetacyjnym. Dobra udatność upraw jest szczególnie ważna w przypadku materiału sadzeniowego o dużej wartości genetycznej.

Doświadczenie prof. K. Urbańskiego [Urbański i Wesoly 2004, w druku], wykazało, że po czterdziestu latach w drzewostanie sosnowym tylko 1/3 drzew pochodzi z sadzonek produkowanych w większym zagęszczeniu, czyli prawdopodobnie z sadzonek o mniejszej żywotności. Jeżeli tylko jedna cecha (w tym przypadku gęstość siewu w szkółce) ma wpływ na zestaw drzew w drzewostanie 40-letnim, można się spodziewać, że żywotność sadzonek wysadzanych na uprawie nie tylko decyduje o udatności nasadzeń, ale ma także duży wpływ na ich dalszy wzrost i rozwój. Problem ten staje się szczególnie ważny obecnie, ponieważ znaczną część sadzonek wykorzystujemy w formie dosadzeń i uzupełnień. Ekonomicznie uzasadnione jest stosowanie sadzonek o zdecydowanie dobrej jakości i żywotności. Dobra wizualnie jakość materiału sadzeniowego nie zawsze koreluje z jego rzeczywistą żywotnością, co może zdecydowanie wpływać na przeżywalność sadzonek w warunkach często odbiegających od warunków zrębowych.. Dotychczasowe wyniki badań prowadzonych przez pracowników Katedry Hodowli Lasu Akademii Rolniczej im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu oraz Instytutu Dendrologii PAN w Kórniku wyraźnie wskazują na bardzo istotną zależność między zmierzoną wartością umożliwiającą scharakteryzowanie żywotności sadzonek, a możliwością ich przeżycia w trudnych często warunkach uprawy.

Ocena jakości fizjologicznej sadzonek pozwala także analizować błędy popełniane w trakcie ich produkcji oraz w okresie manipulacji od wyjęcia w szkółce do wysadzenia na uprawie. Określenie fizjologicznej jakości sadzonek pozwala na ich ocenę po okresie zimowania (stopień przemarzania korzeni), określenie wpływu nawożenia (przenawożenia) sadzonek, możliwości przechowywania ich przez zimę w chłodniach, a także szybkiej oceny wpływu mikoryzacji sadzonek w uprawach na gruntach porolnych.

O potrzebie badań nad oceną żywotności sadzonek może świadczyć fakt, że już na obecnym etapie tychże badań próbuje się wykorzystywać w praktyce gospodarczej różne sposoby oceny jakości fizjologicznej wymiennie określające kondycję (żywotność) sadzonek.

Do oceny jakości fizjologicznej (żywotności) siewek i sadzonek zaliczamy następujące techniki i metody:

- 1) REL (przewodnictwo elektrolityczne korzenia),
- 2) RGC (wydajność wzrostowa korzeni),
- 3) PMS (potencjał wodny rośliny),

* Katedra Hodowli Lasu, Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu

- 4) TTC (chlorek 2-, 3-, 5-trójfenylotetrazolinowy),
- 5) metodę enzymatyczną,
- 6) metodę pomiaru przewodnictwa elektrycznego pędu (strzałki),
- 7) test zginania (*bending test*),
- 8) pomiar fluorescencji chlorofilu,
- 9) metodę markerów biochemicznych.

Technika REL (Root Electrolyte Leakage) – przewodnictwo elektrolityczne korzenia

Technika REL polega na ocenie żywotności sadzonek poprzez dyfuzję elektrolitu i została opisana przez: Dexterę i innych [1932], Smit-Spinksa i innych [1985], Lindströma [1986], Mc Kay [1998] i innych. Stosując tę metodę, zakłada się, że uszkodzenie błon komórkowych powoduje wzrost ich przepuszczalności. Umieszczając tkankę korzeniową w odjonizowanej wodzie na dany okres (24 godz.), obserwuje się przepływ jonów z tkanki do otaczającej ją wody. Konduktywność powstałego roztworu bada się urządzeniem pomiarowym zwanym konduktometrem – im większy przepływ jonów, tym wyższa konduktywność roztworu, co oznacza duży stopień uszkodzenia błon komórkowych, a zatem małą żywotność sadzonek. Dexter i inni [1932] wykorzystując tę metodę do oceny jakości fizjologicznej siewek i sadzonek, wyróżnili w niej następujące etapy:

- krojenie części nadziemnej lub korzenia na odcinki o długości 1–1,5 lub 1–2 cm,
- umieszczenie próbek w kolbach z odjonizowaną wodą,
- poddanie próbek infiltracji pod pompą próżniową przez okres 30 minut,
- pomiar konduktywności roztworu w żywej próbce,
- zlanie roztworu z nad próbki po upływie 24 godzin,
- zalanie próbek odjonizowaną wodą i zabicie tkanki w autoklawie (10 minut),
- po upływie 24 godzin pomiar konduktywności roztworu.

Ilość jonów wypływających z tkanki określa stopień jej uszkodzenia.

Metoda RGC (Root Growth Capacity) – wydajność wzrostowa korzeni

RGC jest metodą oceny żywotności sadzonek poprzez ekspresję mierzonego stanu fizjologicznego, jakim jest zdolność sadzonek do zwiększania rozmiaru systemu korzeniowego w określonym czasie i kontrolowanym środowisku [Mattsson 1986]. W literaturze opisującej tę metodę żywotność siewek lub sadzonek określona jest przemiennie dwoma pojęciami: RRP (Root Regenerating Potential – potencjał regeneracji korzenia) oraz RGP (Root Growth Potential – potencjał wzrostu korzenia). W metodzie RGC, często stosowanej w szkółkarstwie leśnym, ocenę żywotności sadzonek na podstawie wydajności wzrostowej korzenia przeprowadza się w sposób następujący:

- próbki sadzonek umieszcza się w nierdzewnych perforowanych tacach (aby nadmiar wody mógł być swobodnie odsysany na zewnątrz za pomocą pompy), w substracie o składzie: piasek – torf (1:1),
- tace umieszcza się w nierdzewnej wannie z wodą (24 tace w jednej wannie), zamocowanej do wózka zaopatrzonego w oświetlenie,
- światło dostarczone jest do sadzonek za pośrednictwem wysokociśnieniowej lampy sodowej (SON T 400W), dającej wiązkę światła gęstości $325 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, która osadzona

jest na wysokości 1 metra ponad sadzonkami. W czasie trwania testu (21 dni) temperatura powietrza wynosi 20°C, wilgotność powietrza – 60%, oświetlenie – 18 godzin na dobę. Po upływie 21 dni korzenie, które rozwinęły się w tym czasie, są obcinane i zarejestrowane za pomocą skanera.

Oceniając żywotność sadzonek omawianą metodą, należy mieć na uwadze zmienne w sezonie wegetacyjnym czynniki wpływające na wzrost korzenia. Na determinację wzrostu korzenia mogą mieć wpływ:

- aktywność metaboliczna pędu (strzałki),
- faza rozwojowa części nadziemnej,
- czynniki glebowe (temperatura, wilgoć, tlen),
- czynniki środowiska oddziałujące na rozwój części nadziemnej (m.in. intensywność światła).

Technika PMS (Plant Moisture Stress) – pomiar potencjału wodnego pędów

Technika PMS polega na pomiarze potencjału wodnego pędów sadzonek za pomocą komory ciśnieniowej Scholandra [Sadowska i Pukacki 1997]. W technice tej uwzględnia się założenie, że przy deficycie wody potencjał wodny rośliny ulega onizowaniu. Działając na odciętą, szczytową część rośliny (sadzonyki) danym ciśnieniem, obserwuje się moment pojawienia się kropli wody na powierzchni przekroju części odciętej. Na ciśnieniomierzu odczytywana jest wartość ciśnienia potrzebnego do pokazania się kropli wody na przekroju odciętej części rośliny. Im wyższe jest ciśnienie potrzebne do zaobserwowania kropli wody, tym większa jest żywotność sadzonki. W Polsce pomiary tego typu wykonuje się w warunkach laboratoryjnych pod nazwą: „technika ciśnienia komorowego”. Wykorzystuje się w nich komorę ciśnieniową typ 600, Oregon, USA. Za granicą (USA) pomiary potencjału wodnego prowadzone są zarówno w warunkach laboratoryjnych, jak i polowych (obecnie na szeroką skalę). W zależności od gatunku badanej rośliny stosuje się ciśnieniomierze różnych typów. Do pomiarów w terenie używa się specjalnych stelaży, na których zamocowane jest oprzyrządowanie.

Metoda TTC (Triphenyl Tetrazolinum Chloride Reduction)

– metoda redukcji chlorkiem tetrazoliny

Metodę pomiaru zdolności tkanki do redukcji (TTC) opisali Steponkus i Lanphear [1967] oraz Pukacki [1973]. Potwierdzono wysoką korelację wyników uzyskanych za pomocą metody TTC z wynikami uzyskanymi metodą przewodnictwa elektrolicznego korzenia [Lindström i Mattsson 1994].

Metoda redukcji TTC polega na wykonaniu następujących czynności:

- badane odcinki pędów pokrojone w plastry o grubości 1 mm i masie 100 mg umieszcza się w probówkach i zalewa się 3 ml roztworu stosowanego w omawianej metodzie o stężeniu 0,6%, utrzymując pH równe 7,4,
- po 15-minutowej infiltracji pod pompą próżniową próbki poddaje się inkubacji w termostacie w temperaturze 30°C przez okres 15 godzin,
- po inkubacji skrawki tkanek przepłukuje się wodą destylowaną,
- powstały w tkankach formazan ekstrahuje się 7 ml 96-procentowego etanolu w gorącej łaźni wodnej,
- po uzupełnieniu probówek do 10 ml oznacza się ekstynkcję przy 530 nm.

Stopień uszkodzenia tkanek (przez niską temperaturę) wyrażony jest stosunkiem ilości wytworzonego formazanu w przemrożonej tkance do ilości formazanu powstałego w tkance kontrolowanej (niemrożonej) według wzoru:

$$\% \text{ redukcji TTC} = \frac{\text{Ekstynkcja dla tkanki mrożonej w danej temperaturze}}{\text{Ekstynkcja dla tkanki kontrolnej}} \cdot 100$$

Obniżenie się ekstynkcji o 50% w stosunku do wartości określonej dla tkanki niemrożonej (kontrolnej) uznaje się za stan krytyczny związany z nieodwracalnymi uszkodzeniami tkanki.

Metoda enzymatyczna

Metoda enzymatyczna, stosowana w odniesieniu do gatunków iglastych, polega na określeniu zawartości skrobi w igłach i korzeniach. Metoda ta została opisana przez Bergmeyera [1974] oraz Sutinena i innych [1996]. Zgodnie z tą metodą:

- próbki (igły, fragmenty korzeni) zamraża się w ciekłym azocie i przechowuje w temperaturze -20°C ,
- 100 mg próbki mieli się, a następnie dodaje się 50 ml etanolu o stężeniu 80%,
- w celu związania inhibitorów powodujących zahamowanie działania enzymów dodaje się do próbki 100 mg polywinylpolypyrrolidonu,
- przy użyciu 50 ml 35-procentowego kwasu nadchlorowego skrobia zostaje wyekstrahowana z tkanek,
- etanol zostaje usunięty przez wyparowanie, a cukry rozpuszczone w wodzie destylowanej,
- pH roztworu wyrównywane zostaje do 4,6 przy użyciu 2-molowego NaOH.

Zawartość cukrów (skrobi) w tkankach roślinnych zależy od równowagi pomiędzy ich syntezą (lub dostarczaniem z organów asymilujących) a zużywaniem w procesach wymagających węglowodanów lub energii. Zmiany w rytmice sezonowej cukrów mogą świadczyć o różnokierunkowych zaburzeniach zdolności sadzonek do ich syntezy i wykorzystania. Dłuższe działanie czynników stresowych, obniżających żywotność sadzonek, może powodować podwyższenie zawartości glukozy i puli cukrów redukujących oraz spadek zawartości skrobi w igłach i korzeniach [Sutinen i in. 1996].

Metoda pomiaru przewodnictwa elektrycznego pędu (strzałki)

Metoda pomiaru przewodnictwa elektrycznego pędu opisana jest między innymi przez Pukackiego [1973] oraz autora niniejszego rozdziału wraz z zespołem [Wesoły i in. 1998]. W metodzie tej wykorzystuje się fakt, że podstawowe składniki komórek, jakimi są błony cytoplazmatyczne, stawiają przechodzącemu prądowi duży opór. Naruszenie struktury błon powoduje zakłócenie stosunków jonowych i wzrost przewodnictwa elektrycznego.

Przewodnictwo elektryczne mierzy się przez wprowadzenie do tkanek roślinnych dwóch elektrod, co powoduje utworzenie się obwodu elektrycznego. Opór, jaki stwarza obwód elektryczny, do którego włączone są tkanki roślinne, nazywamy oporem omowym. Opór ten jest zależny od częstości przepuszczanego przez tkanki prądu mierzonego jako opór pojemnościowy. Sumaryczna wartość tych dwóch oporów nosi nazwę impedancji elektrycznej, której jednostką jest 1 ohm. Wyniki pomiarów często są przedstawiane w jednostkach odwróconych. Nazywamy to admitancją. Jednostką admitancji jest 1 simens.

Wiedząc zatem, że pod wpływem uszkodzenia tkanek roślinnych przewodnictwo elektryczne wzrasta, łatwo zmierzyć admitancję pędu i określić żywotność sadzonek, stosując konduktometr,



Konduktometr z elektrodą do pomiaru admitancji sadzonek (fot. W. Wesoly)

Test zginania (bending test)

W teście zginania wykorzystuje się fakt, że sadzonki o małej żywotności wykazują obecność słabszych sekcji pędu (strzałki) przy szyi korzeniowej związanych z mniejszą elastycznością włókien drzewnych w tym miejscu [Hakansson i Lindström 1994].

Test zginania polega na działaniu na sadzonkę daną siłą zginającą, która powoduje pochylenie sadzonki ku powierzchni podłoża.

Reakcje sadzonek na działanie siły zginającej zapisuje się w pięciu klasach:

- 1 klasa – pochylenie sadzonki pod kątem 40° ,
- 2 klasa – pień złamany,
- 3 klasa – przerwanie korzeni,
- 4 klasa – złamanie korzeni,
- 5 klasa – silne pochylenie sadzonki pod kątem powyżej 40° .

Test zginania uwzględnia również wygląd korzenia:

- brak spiralnego skręcenia korzeni,
- nieograniczony rozwój korzenia głównego

Test ten może być wykorzystany przy dużym doświadczeniu wykonawcy i w zasadzie stosuje się go tylko w przypadku sadzonek świerka.

Pomiar fluorescencji chlorofilu

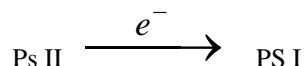
Metodę oceny żywotności sadzonek na podstawie pomiaru kinetycznej indukcji fluorescencji opisali Schreibers i inni [1989].

Energia słoneczna absorbowana przez chlorofil wewnątrz liścia jest:

- zużyta do procesu fotosyntezy,
- zgubiona w postaci ciepła,
- reemitowana jako fluorescencja.

Procesy te są konkurencyjne, a zatem zarówno zmiany intensywności fotosyntezy, jak i zmiany ilości ciepła wydalonego z rośliny pociągają za sobą zmiany emitowania fluorescencji przez roślinę.

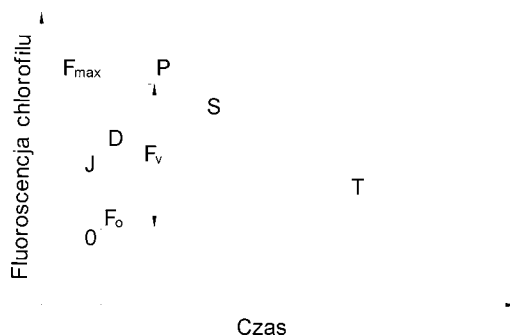
W temperaturach fizjologicznych wielkość fluorescencji pochodzi z molekuł chlorofilu a, który jest włączony w fotosystem II (PS II). Fotosystem II jest odpowiedzialny za jasną fazę procesu fotosyntezy (faza ciemna związana jest z fotosystemem I (PS I)). Z jednej spośród komórek PS II pod wpływem promieniowania słonecznego następuje wybicie elektronu, który przenosi energię do PS I:



Pomiar wielkości fluorescencji rejestruje zakłócenie na poziomie PS II, związane bezpośrednio ze wzbudzeniem elektronu i jego wędrówką.

Fluorescencja może być mierzona za pomocą fotodetektora, fotopowielacza (powielacz fotoelektronowy) lub diod fotoelektrycznych, które są wrażliwe na światło o długości fali 690 nm (jest to wartość szczytowa, ponieważ tylko światło o takiej długości fali może być przyswojone przez chlorofil, reszta światła ulega odbiciu). Z tego względu wiązka światła skierowana na liść jest przepuszczana przez filtr zatrzymujący promieniowanie nie wykorzystywane w procesie fotosyntezy. Zatem do liścia dociera światło „fotosyntetyczne”. Jeśli liść reemituje światło, oznacza to, że nie zostało ono wykorzystane w procesie fotosyntezy, co może świadczyć o jego zaburzeniu.

Kinetykę fluorescencji chlorofilu przedstawiono w postaci następującego wykresu:



O – poziom inicjacji (F_0), D – poziom pośredni (J), P – poziom szczytowy (F_{max}), T – poziom gaszenia (F_s)

Wszystkie te wartości zostają zarejestrowane przez mikroprocesor detektora i dostarczają danych o efektywności przenoszenia energii przez elektron wybity z PS II do PS I oraz o żywotności sadzonki.

Efektywność przenoszenia energii wyraża wzór:

$$F_v = \frac{F_{\max} - F_0}{F_{\max}}$$

$F_v = 0,75-0,85$ oznacza stan doskonały.

Indeks żywotności można przedstawić w postaci następującego wzoru:

$$Rfd = \frac{F_{\max} - F_s}{F_s}$$

$Rfd = 2,3$ oznacza stan doskonały.

Metoda markerów biochemicznych

Metoda markerów biochemicznych polega na analizie roztworu soku komórkowego za pomocą chromatografii [Zaerr 1985, Zaerr i in. 1989].

Przebieg badania:

- odcięcie szczytowej części sadzonki (pędu, strzałki) o długości 2 cm,
- wyodrębnienie z pobranej próbki chlorofilu z użyciem metanolu,
- ochłodzenie próbki do -80°C ,
- zalanie próbki 1 ml metanolu,
- pobranie 25 μl powstałej cieczy i wstrzyknięcie jej do chromatografu,
- obserwacja składu badanej substancji przechodzącej przez kolumnę chromatograficzną na podstawie czasu retencji (t_R), czyli czasu potrzebnego do wymycia substancji z kolumny po jej nastrzyknięciu,
- obserwacja ilości zawartych substancji na podstawie powierzchni lub wysokości piku.

Porównanie uzyskanych ilości poszczególnych frakcji z ich ilościami standardowymi umożliwi wyciągnięcie wniosków dotyczących stanu fizjologicznego sadzonki. Metoda wymaga zastosowania chromatografu, kolumny chromatograficznej 0,46–2 cm, 5 μm , detektora roztworu zmiennej długości fali 254 nm oraz spektrofotometru fluorescencji od 290 do 360 nm.

Wybór metody

Wybierając metodę oceny żywotności sadzonek spośród dziewięciu omówionych, należy mieć na względzie plusy i minusy każdej z nich, a przede wszystkim koszty związane z daną metodą, czas trwania pomiaru i oceny badanej cechy, możliwość wykonania oceny żywotności bez uszkodzania sadzonek oraz wykonanie pomiarów w warunkach szkółki, która produkuje materiał sadzeniowy, bez konieczności transportu badanych sadzonek.

Wydaje się, że najlepszą metodą oceny jakości fizjologicznej sadzonek i siewek jest metoda pomiaru admitancji pędu (strzałki). Zalety tej metody to możliwość wykonania pomiarów w warunkach terenowych, szybkość oraz minimalna destrukcja sadzonek. Przyrządem umożliwiającym pomiary admitancji jest konduktometr pracujący w warunkach stałej, niskiej częstotliwości prądu (80 Hz) i napięciu 0,2 V.

Obecnie w praktyce leśnej pomiar admitancji zalecany jest zarówno do oceny jakości fizjologicznej sadzonek rosnących w szkółce, jak i na uprawach. Sposób pomiaru, jego terminy oraz wartości porównawcze admitancji zostały opisane w „Instrukcji wykonywania oceny jakości fizjologicznej sadzonek i sposobu postępowania z sadzonkami w okresie od ich wyjęcia do posadzenia na uprawie” z dnia 27 listopada 2001 r., przesłanej do jednostek organizacyjnych PGL LP przez Dyрекcję Generalną Lasów Państwowych.

Literatura

- Bergmeyer H.U.** 1974. Methods of enzymatic analysis. Vol. 3. Academic Press, New York.
- Dexter S.T., Tottingham W.E., Graber L.F.** 1932. Investigations of hardness of plants by measurement of electrical conductivity. *Plant. Physiol.*, 7, 63–79.
- Hakansson L., Lindström A.** 1994. Going to the root of the evil. About root deformations and stability. *Small Scale Forestry*, 3, 19–23.
- Lindström A.** 1986. Freezing temperatures in the root zone effects on growth of containerized *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seedlings. *Scand. J. For. Res.*, 1, 371–377.
- Lindström A., Mattsson A.** 1994. Cultivation of containerized seedlings in Sweden – systems for frost protection and methods to detect root injuries. *Acta Horticulturae*, 361, 429–440.
- Mattsson A.** 1986. Seasonal variation in root growth capacity during cultivation of container grown *Pinus sylvestris* seedlings. *Scand. J. For. Res.*, 1, 473–482.
- McKay H.M.** 1998. Root electrolyte leakage and root growth potential as indicators of spruce and larch establishment. *Silva Fenn.* 32(3), 241–252.
- Pukacki P.** 1973. Laboratoryjne metody oceny odporności roślin drzewiastych na niskie temperatury. *Arboretum Kórnickie*, XVII, 187–198.
- Sadowska A., Pukacki P.** 1997. Reakcje siewek świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.) na deficyt wody w glebie. *Arboretum Kórnickie*, 42, 229–240.
- Schreibers U., Lechner E.G., Long S.P., Baker N.R., Bölhar-Nordenkamp H.R., Öquist G.** 1989. Chlorophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation. *Functional Ecology*, 3, 497–514.
- Smit-Spinks B., Swanson B.T., Markhart A.H.** 1985. The effect of photoperiod and thermoperiod on cold acclimation and growth of *Pinus sylvestris*. *Can. J. For. Res.*, 15, 453–460.
- Steponkus P., Lanphear F.O.** 1967. Refinement of the triphenyl tetrazolium chloride method of determining cold injury. *Plant. Physiol.*, 42, 1423–1426.
- Sutinen M., Makitalo K., Sutinen R.** 1996. Freezing dehydration damages roots of containerized Scots pine (*Pinus sylvestris*) seedlings overwintering under subarctic conditions. *Can. J. For. Res.*, 26, 9, 1602–1609.
- Urbański K., Wesoly W.** 2004. Wzrost drzewostanów sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* (L.) powstałych z sadzonek wyprodukowanych w różnym zagęszczeniu. *Las Polski* (w druku).
- Wesoly W., Pukacki P.M., Naparty E.** 1998. Zastosowanie metod biofizycznych do oceny żywotności sadzonek sosny, świerka i modrzewia. *Sylwan*, 8, 55–64.
- Zaerr J.B.** 1985. The rule of biochemical measurements in evaluating vigour. [W:] *Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests*, 16–18.
- Zaerr J.B., Hipkins V.D., Forry K.** 1989. Evaluation of some markers of vigor in seedlings of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco). *Ann. Sci. For.*, 46, 246–249.

Szkółkarstwo w programach selekcji drzew leśnych

Janusz Sabor*

Charakterystyka produkcji szkółkarskiej w Polsce

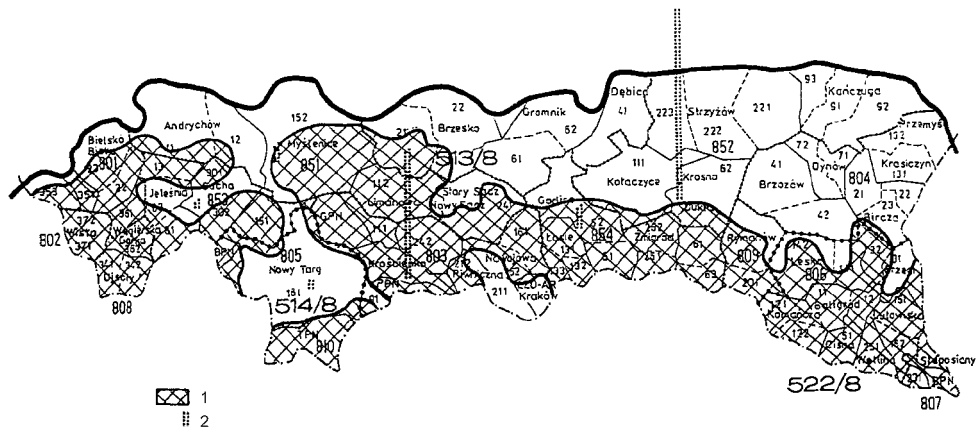
Podstawą realizacji zapotrzebowania na leśny materiał odnowieniowy jest produkcja sadzonek w szkółkach otwartych, a tylko w niewielkim stopniu (ok. 4% produkcji) w warunkach kontrolowanych oraz za pomocą technologii umożliwiających wykorzystanie pojemników i kontenerów w hodowli sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym.

Specyfiką szkółkarstwa leśnego w Polsce jest zakładanie infrastruktury produkcyjnej na terenach leśnych oraz profil produkcji i jej wielkość dostosowane do zadań odnowieniowych podstawowej jednostki administracyjnej w Lasach Państwowych, jaką jest nadleśnictwo. Warunki produkcji sadzonek w szkółkach otwartych są wyraźnie zróżnicowane, i zależą w znacznej mierze od warunków klimatycznych i glebowych terenów niżowych, pogórza oraz gór. O jakości sadzonek oraz opłacalności ekonomicznej ich produkcji decydują takie elementy klimatu, jak temperatura powietrza, opady, długość okresu wegetacyjnego, częstotliwość występowania dni przymrozkowych, długość zalegania pokrywy śnieżnej itp. Uwarunkowanie opłacalności hodowli sadzonek łączy się z izohipsą, 450–500 m n.p.m. w Karpatach i 200–250 w Sudetach, wyznaczającą według Hessa [1965] strefę klimatu umiarkowanie ciepłego z okresem wegetacji 210 dni, liczbą dni bez przymrozków 145 i opadami na poziomie 800–1000 mm rocznie. W chwili obecnej znaczna powierzchnia górskich nadleśnictw w Karpatach i Sudetach nie spełnia tych założeń (ryc. 1, 2). Na jakość sadzonek istotnie wpływają również warunki glebowe, znacznie zróżnicowane w strefach niżu i gór zarówno pod względem cech fizycznych, jak i właściwości chemicznych. Różna zasobność gleb w składniki pokarmowe oraz różny skład mechaniczny (udział w glebie frakcji piaszczystych oraz gliniastych, ilastych i szkieletu) wymuszają stosowanie odpowiednich metod nawożenia i racjonalnych zabiegów agrotechnicznych, a w zakresie właściwości fizycznych określają możliwości stosowania mechanizacji [Sabor 1998b, 1999].

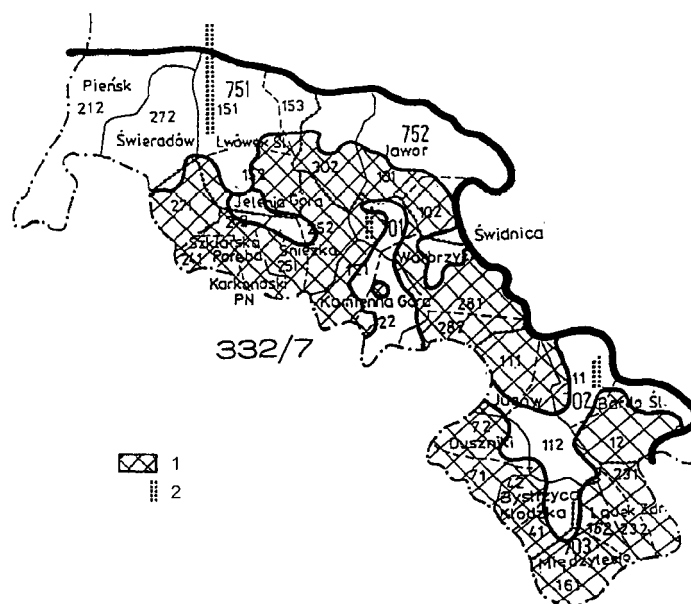
Ocena jakości materiału sadzeniowego

Istotnym zagadnieniem produkcji materiału szkółkarskiego jest właściwa ocena jego jakości. Normy polskie przewidują ocenę jakościową sadzonek na podstawie wymagań ogólnych, określających stan zdrowotny i stopień ich wykształcenia, ale przede wszystkim określają wymagania szczegółowe parametrów wzrostowych części nadziemnej, średnicy

* *Katedra Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych, Akademia Rolnicza im. H. Kollątaja w Krakowie*



Ryc. 1. Warunki produkcji szkółkarskiej w mikro- i makroregionach Krainy Karpackiej [Sabor 1998a]; 1 – obszary o niekorzystnej lokalizacji szkótek, 2 – drzewostany nasienne (sosna); makroregiony nasienne: 513/8 – Beskidzki, 514/8 – Podhalańsko-Tatrzański, 522/8 – Bieszczadzki, 801–810 – mikroregiony mateczne, 851–854 – mikroregiony zwykłe



Ryc. 2. Warunki produkcji szkółkarskiej w mikro- i makroregionach Krainy Sudeckiej [Sabor 1998a]; 1 – obszary o niekorzystnej lokalizacji szkótek; 2 – drzewostany nasienne (sosna); makroregion nasienny 332/7 – Sudecki; 701–703 mikroregiony mateczne, 751–752 – mikroregiony zwykłe

w szyi korzeniowej i długości systemu korzeniowego dla poszczególnych asortymentów wiekowych i gatunkowych. Osiągnięcie przez sadzonkę przewidywanych normą parametrów wzrostowych określa klasę jej jakości (I i II klasa jakości kwalifikuje sadzonki do wysadzenia na uprawy). Podstawową wadą oceny jakościowej materiału szkółkarskiego jest brak kryteriów określenia jakości genetycznej oraz szczegółowych wymagań pod względem jakości morfologicznej i fizjologicznej sadzonek produkowanych za pomocą różnych systemów produkcyjnych. Szczególnie istotnym mankamentem jest brak oceny możliwości transferu materiału szkółkarskiego określonego cząstkowymi efektami całkowitej zmienności cech poszczególnych populacji rodzicielskich, m.in. ważnych dla hodowli cech adaptacyjnych (m.in. przeżywalność, wzrost), wyrażonej formułą:

$$V_P = V_G + V_S + V_{G \times S}$$

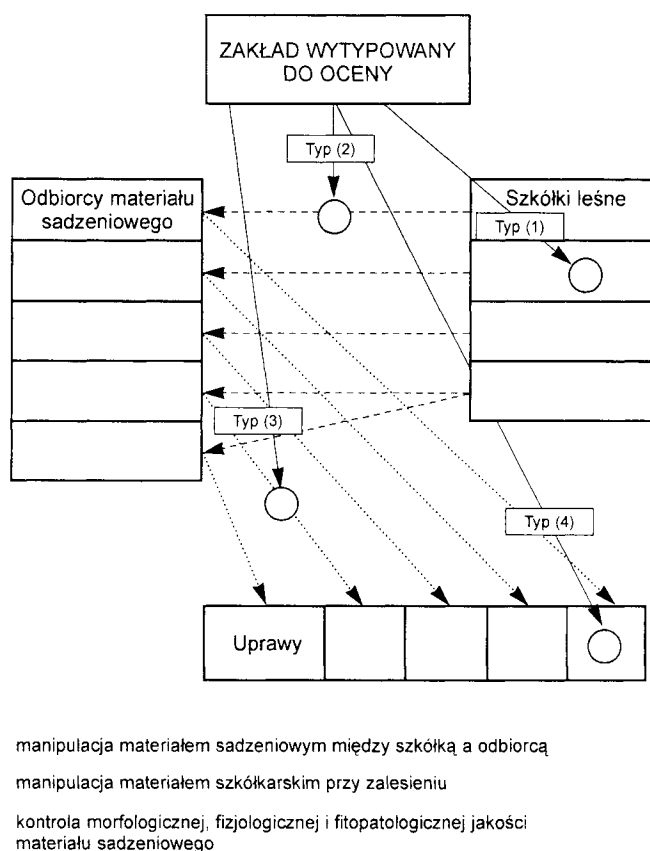
gdzie:

- V_P – zmienność fenotypowa,
- V_G – zmienność genetyczna,
- V_S – zmienność środowiskowa,
- $V_{G \times S}$ – zmienność „genotyp \times środowisko”.

W tym zakresie właściwa interpretacja doświadczeń proveniencyjnych oraz powierzchni archiwów w regionalnych bankach genów ma znaczenie podstawowe. Wydaje się również, że w transferze nieznanego materiału reprodukcyjnego konieczne jest diagnozowanie jego pochodzenia. Może ono być dokonane według tzw. prawa wykluczenia Backmanna na podstawie substancji markerowych, głównie izoenzymów i terpenów*. Ważny jest także odpowiedni system kontroli jakości sadzonek. Próby stworzenia takiego systemu podejmowane są np. w Czechach [Jurašek 1988, 1999]. Obejmują one m.in. ocenę jakości genetycznej, cech morfologicznych i fizjologicznych sadzonek oraz odpowiedni system wielokrotnej kontroli jakościowej (ryc. 3, 4). Ocena morfologiczna materiału szkółkarskiego obejmuje określenie (jako parametru podstawowego) grubości sadzonek w szyi korzeniowej, stosunek części nadziemnej do grubości w szyi korzeniowej i do systemu korzeniowego (wyrażany również proporcją masy), jakości części nadziemnej (uszkodzenia, deformacje, lignifikacja, formowanie pędów bocznych) oraz systemu korzeniowego (kształt, stratygrafia wzrostu i rozwoju, długość, liczebność drobnych korzeni, deformacje, uszkodzenia). W zakresie oceny fizjologicznego stanu sadzonek interesujące są m.in. badania prowadzone w Polsce przez Wesołego, który oceniał zawartość sadzonek drzew leśnych metodą konduktometryczną [1998]**. Według Juraška [1988] ocena fizjologicznej jakości materiału sadzeniowego jest bardzo złożona i powinna obejmować następujące charakterystyki: stan zdrowotny całej rośliny, poziom wody w części nadziemnej i systemie korzeniowym sadzonek (potencjał wodny), zawartość składników pokarmowych, zawartość materiałów zapasowych, odporność na mróz, potencjał wzrostowy korzeni, fluorescencję chlorofilu, odporność na stresy (test żywotności).

* Zobacz w niniejszej monografii (s. 63–76) opracowanie M. Polak-Bereckiej: *Określenie poziomu zmienności genetycznej w populacji drzew leśnych metodą markerów izoenzymowych*.

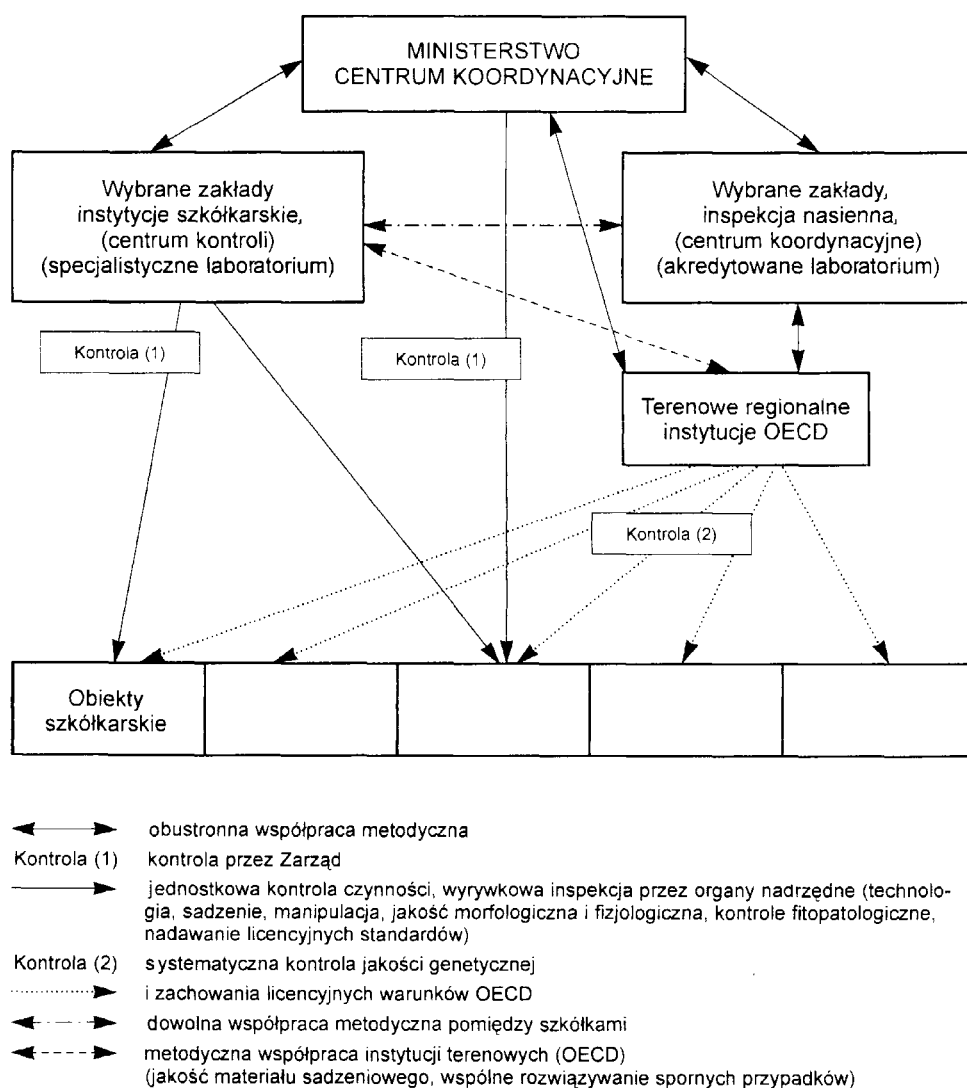
** Zobacz też w niniejszej monografii (s. 379–386) opracowanie W. Wesołego: *Ocena jakości fizjologicznej sadzonek*.



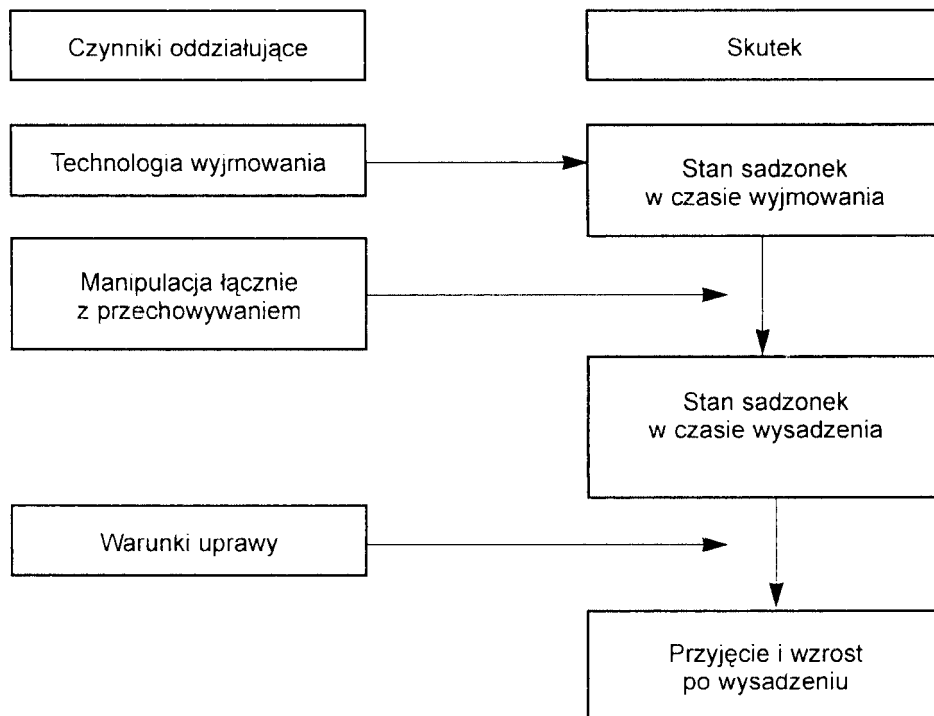
Ryc. 3. Proponowany system kontroli materiału sadzeniowego drzew leśnych [Jurašek 1998]; Typ (1) – kontrola jakości w szkółce; zlecający: Ministerstwo – zachowanie warunków licencyjnych, certyfikacja odbieranego materiału sadzeniowego (Lasy Państwowe, właściciele lasów); Typ (2) – kontrola materiału sadzeniowego (przede wszystkim fizjologiczna) przy manipulacji sadzonek między producentem a odbiorcą; zlecający: szkółki, odbiorcy materiału sadzeniowego, Ministerstwo – przypadkowa kontrola jakości w przypadku dotacji; Typ (3) – kontrola jakości w fazie manipulacji przed zalesieniem; zlecają: właściciele lasu, Ministerstwo – wyrywkowo w przypadku dotacji; Typ (4) – kontrola jakości prac zalesieniowych w przypadku nieudanych upraw; zlecają: właściciele lasu, Ministerstwo – wyrywkowo w przypadku dotacji

System kontroli materiału sadzeniowego obejmuje według Juraška [1998] cztery typy ekspertyz. Są to: (1) kontrola sadzonek w szkółce (jakość morfologiczna i fizjologiczna, stan zdrowotny, biologiczna nieszkodliwość stosowanych technologii); (2) kontrola jakości w fazie manipulacji od wyjęcia sadzonek w szkółce do przekazania odbiorcy (w relacjach dostawca–odbiorca ten typ ekspertyz dotyczy najczęściej jakości fizjologicznej sadzonek); (3) kontrola jakości materiału sadzeniowego przy pracach zalesieniowych (ocena jakości fizjologicznej w przypadku podejrzenia, że sadzonki są uszkodzone), która jest ostatnią

możliwością usunięcia uszkodzonych sadzonek oraz niwelowania skutków negatywnych czynników zewnętrznych; (4) kontrola jakości prac zalesieniowych w przypadku nieudatności upraw (ryc. 5).



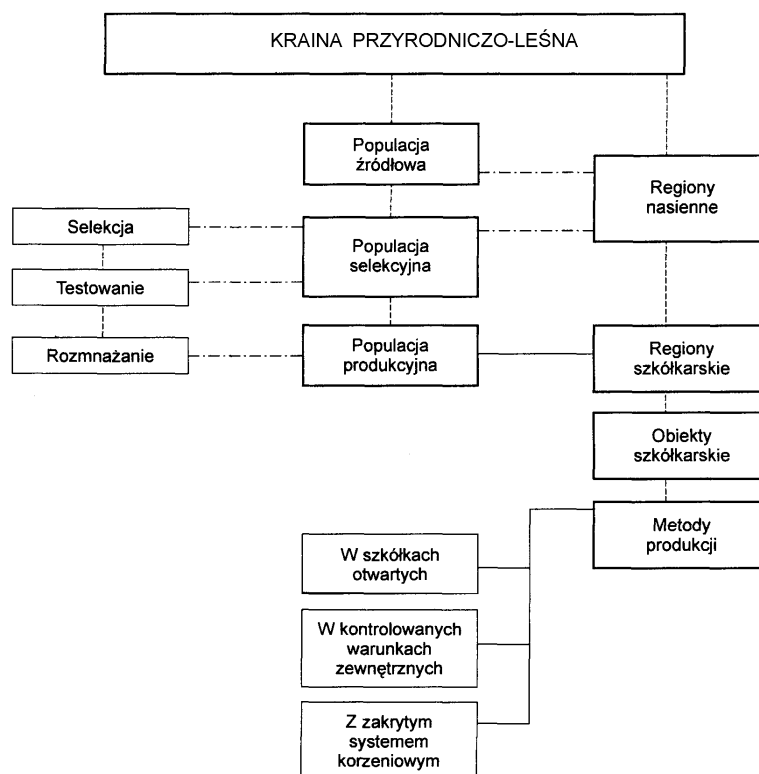
Ryc. 4. Schemat systemu testowania i kontroli reprodukcyjnego materiału drzew leśnych w Czechach [Jurašek 1998]



Ryc. 5. Przyczyny strat jakości sadzonek na różnych etapach: wyjmowania, transportu i wysadzania na uprawach [Jurašek 1998]

Szkółkarstwo leśne w programach selekcji

W nowoczesnym leśnictwie szkółkarstwo leśne musi być włączone do określonych programów selekcji służących odnowieniu lasu w zróżnicowanych warunkach zarówno produkcji sadzonek, jak i zakładanych upraw (ryc. 6). Hodowla sadzonek musi uwzględniać zasady regionalizacji nasiennej, profil asortymentowy i gatunkowy określony według typów gospodarczych drzewostanów, ich funkcji: ochronnej, produkcyjnej, krajobrazowej itp. oraz modeli proekologicznego i bioróżnorodnego zagospodarowania lasu. Odrębnym zagadnieniem pozostają programy produkcji szkółkarskiej na terenach zagrożonych (Sudety, Karpaty), charakteryzujących się destabilizacją ekosystemów leśnych (popożarzysta, tereny imisyjne itp.) oraz zagadnienia tzw. leśnictwa klonowego, którego próbą zastosowania w Polsce był program zachowania ginących świerczyn sudeckich. Polega ono na wysadzaniu na uprawy sadzonek wegetatywnych, stanowiących głównie autowegetatywne potomstwo drzew doborowych. Istotnym problemem hodowlanym w przypadku tych programów jest znaczne ograniczenie zmienności genetycznej nowej populacji, a tym samym większe zagrożenie ze strony zmieniających się czynników środowiska. Mimo to szkółkarstwo klonowe może produkować wartościowe genetycznie sadzonki przeznaczone do uprawy na określonych, specyficznych pod względem ekologicznym, powierzchniach odnowieniowych.



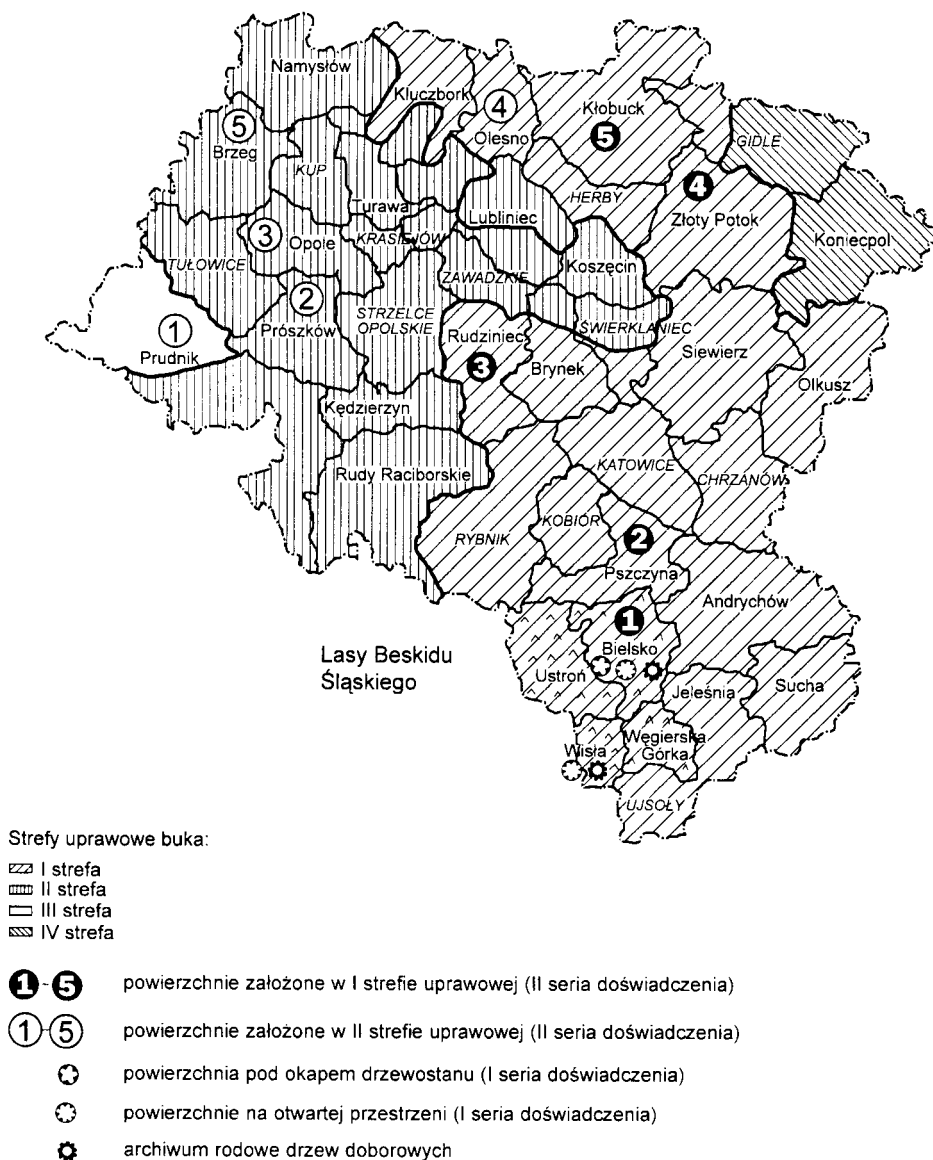
Ryc. 6. Schemat ideowy produkcji szkółkarskiej w górach [Sabor 1997]

Plany produkcyjne muszą uwzględniać wykorzystanie lokalnej bazy nasiennej wyznaczonej nasieniami regionami matecznymi oraz zasady transferu materiału reprodukcyjnego określone regionalizacją poziomą i dodatkowo w górach pionową, wykorzystujące efekt interakcyjny „genotyp × lokalizacja uprawy” potomstwa poszczególnych drzewostanów rodzicielskich (głównie drzewostanów nasiennych).

Wszystkie realizowane w praktyce leśnej programy selekcyjne obejmują trzy podstawowe działania: selekcję, czyli wybór drzewostanów i drzew z populacji źródłowej na podstawie cech określających cel przeprowadzanej selekcji masowej i indywidualnej, sprawdzanie (testowanie) wybranych populacji pod względem wartości genetycznej i hodowlanej potomstwa, głównie w doświadczeniach proweniencyjnych, oraz rozmnażanie (z zastosowaniem różnych metod) najwartościowszych sadzonek leśnych, głównie w szkółkach otwartych (ryc. 6). Szkółkarstwo leśne odgrywa również kluczową rolę w programach regionalnych banków genów.

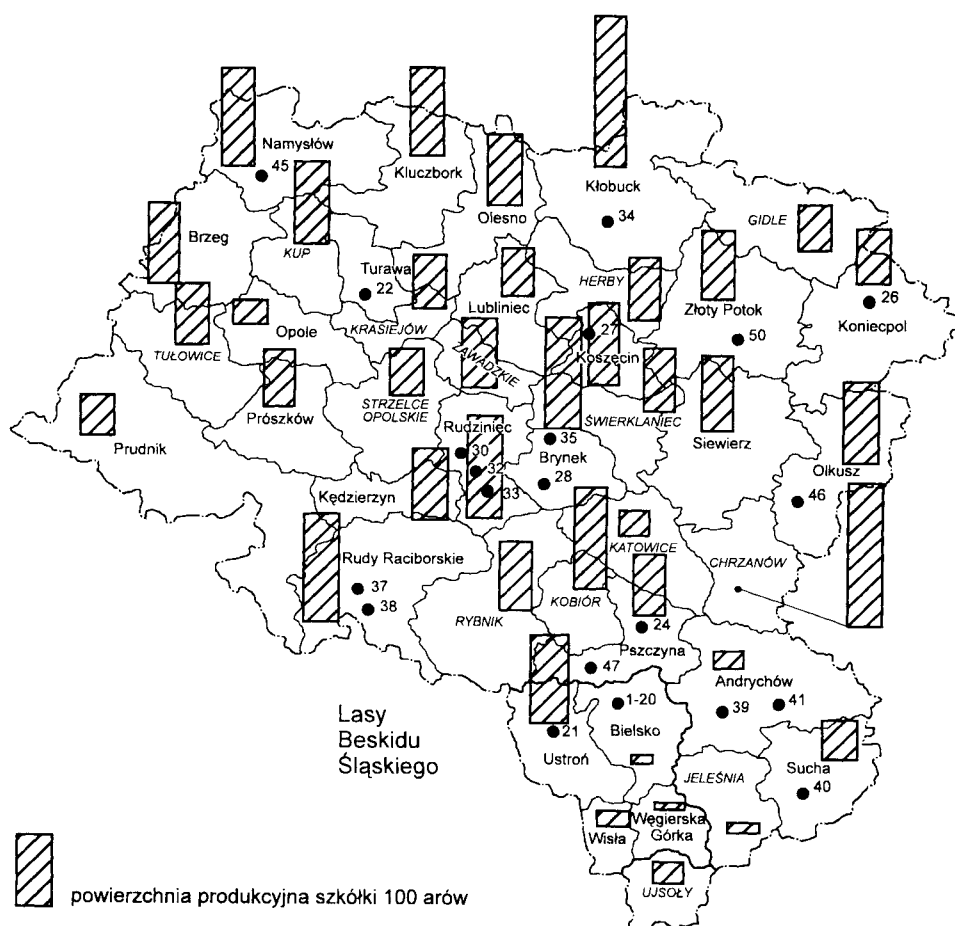
Przykładem właściwego łączenia selekcji i oceny wartości genetyczno-hodowlanej z produkcją materiału odnowieniowego jest program regionalnych banków genów w RDLP w Katowicach. Między innymi analiza bazy nasiennej buka na podległych jej terenach leśnych określiła zakres możliwości pozyskania kwalifikowanego materiału tego gatunku oraz możliwości jego racjonalnego transferu określonego regionalizacją nasienną.

Istotną wartością jest możliwość testowania potomstwa bazy nasiennej w archiwach – powierzchniach proveniencyjno-rodowych drzewostanów i drzew doborowych populacji buka zwyczajnego z terenów RDLP w Katowicach. na podstawie cech adaptacyjnych (przeżywalność i cechy wzrostowe), oceny efektu interakcji „genotyp × środowisko” ($G \times E$) w odniesieniu do warunków siedliskowych (typ siedliskowy lasu) i stref uprawowych (ryc. 7).



Ryc. 7. Lokalizacja założonych powierzchni archiwum pochodzeniowego i rodowego regionalnego Banku Genów Buki Zwyczajnego w strefach uprawowych [Sabor i Chlipała 1997]

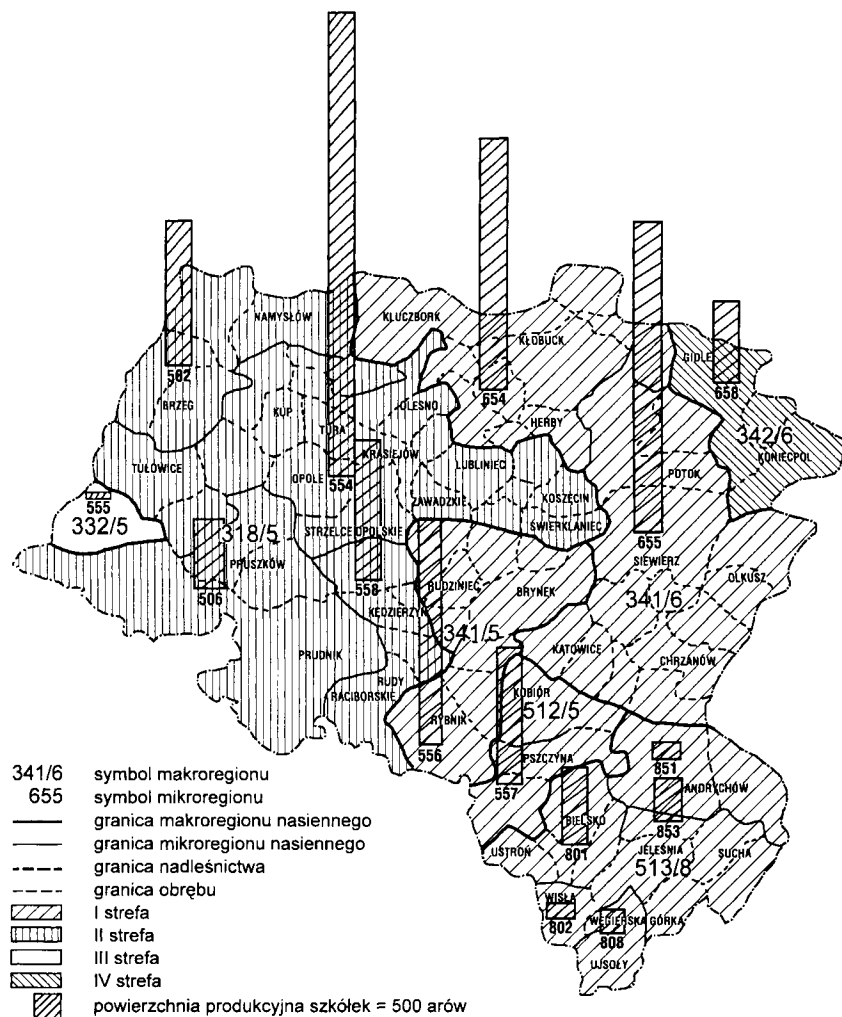
Takim m.in. zadaniom podporządkowany jest regionalny Bank Genów Buka Zwyczajnego w RDLP w Katowicach*. Lokalizację powierzchni archiwów Banku w strefach uprawowych, umiejscowienie drzewostanów rodzicielskich oraz szkółek leśnych przedstawiają ryciny 8 i 9.



Ryc. 8. Lokalizacja szkółek oraz drzewostanów rodzicielskich i drzew doborowych powieleni archiwum pochodzeniowego regionalnego Banku Genów Buka Zwyczajnego RDLP w Katowicach [Sabor i Chlipała 1997]

Na rycinie 9 oraz w tabeli 1 przedstawiono dane dotyczące koncentracji produkcyjnej powierzchni szkółkarskiej w obrębie wydzielonych stref uprawowych buka, zaś w tabeli 2 – informacje o liczbie obiektów szkółkarskich w makro- i mikroregionach nasiennych.

* Zobacz też w niniejszej monografii (s. 619–636) opracowanie J. Sabora: *Idea regionalnych banków genów*



Ryc. 9. Projektowana lokalizacja infrastruktury szkółkarskiej w strefach uprawowych buka na terenach RDLP w Katowicach [Sabor i Chlipała 1997]

Analizując strukturę i lokalizację aktualnych obiektów szkółkarskich, trzeba zwrócić szczególną uwagę na wybór tych spośród nich, które będą realizować plany produkcyjne opracowane dla makro- i mikroregionów i uwzględnić programy selekcji, zasady regionalizacji oraz zapotrzebowanie na poszczególne asortymenty określone planem odnowień i przyjętymi typami gospodarczymi drzewostanu w poszczególnych typach siedliskowych lasu. Założenie to powoduje znaczną centralizację szkółek. Przykładowo, w RDLP w Katowicach oznaczałoby to redukcję infrastruktury leśnej z 71 obiektów szkółkarskich w 39 nadleśnictwach do 15 w 7 makroregionach nasiennych przy zachowaniu wiodącego i diagnostycznego (jakość sadzonek, realizacja programów) znaczenia szkółki kontenerowej w Nędzy Raciborskiej.

Tabela 1. Powierzchnia produkcyjna w nadleśnictwach RDLP Katowice [Szkółki leśne... 1997]

Nadleśnictwo	Mikroregion nasienny	Powierzchnia produkcyjna [ar]	Nadleśnictwo	Mikroregion nasienny	Powierzchnia produkcyjna [ar]
Andrychów	851	283	Olkusz	655	1 155
Bielsko	801	135	Opole	554	330
Brzeg	502	1 223	Prudnik	503, 555	565
Brynek	556	1 694	Prószków	503	837
Chrzanów	655	2 210	Pszczyna	557	966
Gidle	658	664	Rudziniec	556	1 500
Herby	654	862	Rudy Raci-borskie	558	1 558
Jeleśnia	853	215	Rybnik	556	957
Katowice	655	360	Siewierz	655	1 089
Kluczbork	554	1 336	Sucha	853	561
Kłobuck	654	2 217	Strzelce Opolskie	554	862
Kobiór	557	1 539	Świerklaniec	554	879
Konieczpol	658	810	Tułowice	554	868
Koszęcin	554, 654	1 233	Ujszoły	808	289
Krasiejów	554	806	Ustroń	801	1 310
Kup	554	1 157	Węgierska Górka	808	114
Kędzierzyn	558	1 024	Wisła	802	289
Lubliniec	554, 654	678	Zawadzkie	554	1 118
Namysłów	502	1 440	Złoty Potok	655	1 032
Olesno	554, 654	956			

Tabela 2. Liczba obiektów szkółkarskich w makro- i mikroregionach nasiennych RDLP Katowice [Szkółki leśne... 1997]

Makroregion	Liczba szkótek w makroregionie	Mikroregion	Liczba szkótek w mikroregionie
332/5	1	555	1
318/5	25	502	3
		503	3
		554	15
		558	4
341/5	10	556	10
341/6	15	654	6
		655	9
342/6	3	658	3
512/5	4	557	4
513/8	13	801	3
		802	1
		808	3
		851	2
		853	4
Razem		71	

Reasumując, należy stwierdzić, że do najpilniejszych zadań w nowoczesnym szkółkarstwie produkującym materiał dla potrzeb Lasów Państwowych w Polsce zaliczyć należy aktualnie:

1) opracowanie nowych zasad oceny jakości sadzonek, obejmujących charakterystykę wartości genetyczno-hodowlanej, jakość fizjologiczną oraz cechy morfologiczne leśnego materiału rozmnożeniowego,

2) odejście od zasady samowystarczalności produkcji sadzonek w ramach poszczególnych nadleśnictw na korzyść realizacji programu hodowli materiału szkółkarskiego na obszarach wyznaczonych makro- i mikroregionami nasiennymi oraz strefami uprawowymi (różne warunki siedliskowe). Konieczne staje się również opracowanie metod weryfikacji genetycznej materiału reprodukcyjnego (nasiona, sadzonki) oraz modelu produkcji i dystrybucji sadzonek drzew leśnych,

3) opracowanie odpowiednich programów hodowlanych dla poszczególnych makro- i mikroregionów nasiennych, uwzględniających zasady wykorzystania lokalnej bazy nasiennej, ocenę jej wartości genetycznej i możliwości dopuszczalnego transferu (ocena efektu $G \times E$) oraz wybór właściwej techniki hodowli kwalifikowanego materiału reprodukcyjnego,

4) ustalenie optymalnej wielkości produkcji asortymentowej i gatunkowej sadzonek oraz stopnia właściwej lokalizacji obiektów szkółkarskich, m.in. na podstawie wielkości tzw. pracy przewozowej oraz warunków produkcji,

5) jak najszybsze przyjęcie ogólnopolskiego systemu testowania i kontroli jakości materiału szkółkarskiego oraz opracowanie ostatecznej formy ustawy o nasiennictwie leśnym uwzględniającej zasady obrotu nasionami i sadzonkami drzew leśnych.

Literatura

- Hess M.** 1965. Piętra klimatyczne w Polskich Karpatach Zachodnich. Zesz. Nauk. UJ, 115.
- Jurašek A.** 1998. Hodnoceni kvality sadebnih materiálu lesnich drevin. [W:] Kvalita reprodukciho materiálu lesnich drevin. Brno, Brezen. Sbornik prednásek určen pro účastníky seminare, 9–15.
- Sabor J.** 1997. Ocena zróżnicowania genetycznego świerka rasy istebniańskiej pochodzeń Inwentaryzacyjnego Doświadczenia Proweniencyjnego Świerka Pospolitego IPTNS-IUFRO 1964/68 markerami monotepenowymi. [W:] Zachowanie leśnych zasobów genowych i hodowla selekcyjna świerka pospolitego w Nadleśnictwie Wisła. Sprawozdanie roczne, Zakład Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych AR w Krakowie (maszynopis).
- Sabor J.** 1998a. Nasiennictwo i szkółkarstwo [W:] Biologia świerka pospolitego, red. A. Boratyński, W. Bugała. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 170–192.
- Sabor J.** 1998b. Szkółkarstwo leśne w programach selekcji drzew leśnych. [W:] Problematyka nowoczesnych technologii w szkółkarstwie leśnym. Postępy Tech. w Leś., 65, 18–29.
- Sabor J.** 1999. Problematyka szkółkarstwa leśnego w warunkach górskich. [W:] Szkółkarstwo leśne, ozdobne i zadrzewieniowe, red. R. Sobczak. Oficyna Edytorska „Wydawnictwo Świat”, Warszawa, 212–223.
- Sabor J., Chlipala Z.** 1997 „Regionalny bank genów” buka zwyczajnego w RDLP Katowice. Aktualny stan realizacji. Sprawozdanie etapowe tematu zleconego przez RDLP Katowice (maszynopis).
- Szkółki Leśne Państwowego Gospodarstwa Leśnego LP ORWL Bedoń. 1997. Wyd. Lasy Państwowe, Warszawa.
- Wesoły W.** 1998. Ocena żywotności sadzonek metodą konduktometryczną. Referat wygłoszony na Sympozjum: „Aktualne problemy szkółkarstwa leśnego w terenach górskich i podgórskich”. Kraków–Krynica 17–19.09.1997.

Możliwości wegetatywnego rozmnażania drzew leśnych *in vitro*

Krystyna Szczygiel*

Wegetatywne rozmnażanie drzew polegające na uzyskaniu nowych osobników przez regenerację z części organizmu macierzystego pozwala skuteczniej niż rozmnażanie genetyczne zachować pożądane cechy hodowlane u potomstwa. W leśnictwie ułatwia ono szybkie wprowadzanie do praktyki wyników selekcji drzew. Potomstwo wegetatywne jednego osobnika (drzewa) nosi nazwę klonu. Jest to zbiór osobników o jednakowym genotypie, identycznym jak u rośliny matecznej. Przez pojęcie „klonowanie” rozumiemy metody otrzymywania genetycznie identycznych osobników. By uzyskać takie osobniki, można stosować różne metody wegetatywnego rozmnażania drzew.

Tradycyjne metody wegetatywnego mnożenia drzew, takie jak ukorzenianie zrzesów pędowych (zdrewniałych i zielnych) i korzeniowych, odrosty, odkłady czy szczepienia mają szereg ograniczeń. Efektywność tych metod (szczególnie ukorzeniania zrzesów) zależy od wieku rośliny matecznej i jest wysoka niemal wyłącznie w przypadku rozmnażania młodych sadzonek. Stosując te metody, uzyskuje się niezadowalającą wydajność rozmnażania, a ponadto konieczne jest pozyskiwanie dużych fragmentów roślin. Przy rozmnażaniu drzew iglastych u nowo powstałych sadzonek spotykany jest często wzrost plagiotropowy.

Nowym sposobem masowego, klonalnego rozmnażania drzew jest ich wegetatywne rozmnażanie *in vitro*, metodą hodowli tkanek określanej jako kultury tkankowe drzew. Technika ta nosi nazwę mikrorozmnażania lub rozmnażania masowego. Mianem kultur roślinnych *in vitro* określamy hodowlę roślin, ich części, tkanek lub pojedynczych komórek poza organizmem, na sztucznych pożywkach, w warunkach sterylnych.

Mikrorozmnażanie drzew można prowadzić, stosując dwie metody: organogenezę i embriogenezę somatyczną.

Organogeneza jest sposobem klonowania roślin polegającym na umieszczeniu ich fragmentu na pożywce uzupełnionej hormonami roślinnymi, w wyniku czego powstaje mikropęd, który następnie jest ukorzeniany. Wyższe stężenie w pożywce cytokinin w stosunku do auksyn stymuluje rozwój pąków przybyszowych, odwrotny stosunek hormonów w pożywce sprzyja indukcji korzeni. Auksyny działają w procesach podziału i wydłużania komórek oraz syntezy ściany komórkowej. Są promotorem indukcji kalusa, przyspieszają ukorzenianie. Obok naturalnej auksyny powszechnie występującej w roślinach – IAA (kwas indoliloctowy) stosuje się również syntetyczne – IBA (kwas indolilomasłowy), NAA (kwas naftyloctowy), 2,4-D – (kwas dwuchlorofenoksyoctowy). Cytokininy indukują powstawanie pąków przybyszowych, powstawanie kalusa oraz podziały i różnicowanie komórek. Cytokininy syntetyczne to: BAP (6-benzyloaminopuryna) oraz kinetyna, natomiast zeatyna naturalnie występuje w roślinach. Najczęściej stosowanymi eksplantatami (materiał wyjściowy do mikrorozmnażania, fragment rośliny, z której uzyskuje się

* Zakład Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych, Instytut Badawczy Leśnictwa w Warszawie

regenerację całej rośliny) są pąki, pędy o długości 1–2 cm wraz z pąkami, liścienie, hipokotyle, igły, liście i zarodki. Przy tym sposobie mnożenia z jednego eksplantatu uzyskuje się 10–50 nowych osobników.

Bardziej wydajną metodą rozmnażania drzew *in vitro* jest embriogeneza somatyczna – formowanie i rozwój zarodków z komórek somatycznych (wegetatywnych) z pominięciem zapłodnienia i zygoty. Zarodki somatyczne są zdolne do kiełkowania i rozwoju w siewki oraz wykazują budowę podobną lub identyczną jak zarodki zygotyczne z nasion. Jest to proces morfogenetyczny, w wyniku którego z komórki lub komórek roślinnych (z wyłączeniem zygoty i gamet) powstanie struktura o morfologii zbliżonej lub identycznej z morfologią któregoś ze stadiów rozwojowych zarodka zygotycznego [Malepszy i Wróblewski 1994].

Zasadnicza różnica między obydwoma metodami mikrorozmnażania polega na tym, że podczas organogenezy dochodzi do formowania organów z eksplantatu, a podczas embriogenezy somatycznej powstają z eksplantatu somatyczne zarodki. W metodzie tej jako eksplantaty stosuje się głównie dojrzałe i niedojrzałe zarodki zygotyczne, liścienie siewek wyhodowanych *in vitro* oraz igły młodych 3–12-miesięcznych siewek, a ostatnio igły 3-letnich somatycznych siewek świerka pospolitego. W przypadku gatunków liściastych stosowane są również liście dojrzałych drzew (*Populus ciliata*) oraz liście 1–2-letnich drzew (*P. nigra* × *P. maximowiczii*). Obecnie metodą embriogenezy somatycznej rozmnażane jest ponad 300 gatunków drzew. Jest to bardzo wydajny sposób mikrorozmnażania, ponieważ z jednego eksplantatu możliwe jest uzyskanie praktycznie nieograniczonej liczby somatycznych zarodków, a z nich siewek. W IBL zależnie od pochodzenia kalusa embriogenego uzyskiwano od 200 do 500 somatycznych zarodków świerka pospolitego, a ponad 1000 modrzewia europejskiego z 1 grama świeżej masy kalusa embriogenego. Stosując kultury płynne i hodowlę w tzw. bioreaktorach, w 1 litrze kultury embriogennej doliczono się ok. 100 000 somatycznych zarodków. Kapsułkowane zarodki somatyczne (tzw. sztuczne nasiona) mogą być przechowywane, a następnie wysiewane [Ahuja 1993].

Embriogeneza somatyczna gatunków iglastych

Proces embriogenezy somatycznej obejmujące następujące fazy: inicjację (indukcję) kalusa embriogenego (formowanie tkanki embriogennej *in vitro*) z eksplantatu, namnażanie tkanki embriogennej, dojrzewanie zarodków somatycznych, ich kiełkowanie, konwersję lub, obecnie stosowaną coraz częściej, regenerację somatycznych zarodków w siewki, adaptację siewek somatycznych do wzrostu i rozwoju w warunkach naturalnych [Klimaszewska i Cyr 2002].

Embriogeneza somatyczna może zachodzić bezpośrednio z komórek eksplantatu lub pośrednio poprzez stadium kalusa embriogenego powstającego z eksplantatu. Ten drugi sposób stwarza przez podziały i namnażanie embriogennej tkanki praktycznie nieograniczone możliwości uzyskania somatycznych zarodków, a z nich siewek.

Zainicjowana tkanka embriogenna ma postać białej, kłaczkowatej, „kleistej” masy. W literaturze określana jest w sposób różnorodny – jako masa proembriogeniczna, kalus czy tkanka embriogenna. W kalusie embriogenym pod wpływem barwienia acetokarminem na preparatach pod mikroskopem widoczne są wczesne stadia rozwojowe zarodków – prazarodki. Wyodrębnia się wyraźna strefa masy embriogennej (małe komórki, których jądra wybarwiają się na czerwono) oraz długie, bezbarwne komórki suspensora (o dużych wakuolach i małych jądrach).

W celu zainicjowania procesu embriogenezy somatycznej eksplantat należy wyłożyć na pożywkę podstawową uzupełnioną regulatorami roślinnymi. Pożywki podstawowe składają się z makroelementów, mikroelementów, witamin i często uzupełniane są związkami organicznymi, takimi jak glutamina czy hydrolizat kazeiny. Stosowane są pożywki stałe – utwardzane agarom lub fitytagem lub, rzadziej, płynne. Embriogeneza somatyczna, począwszy od fazy inicjacji kalusa embriogennego do uzyskania dojrzałych zarodków, zależy od dostarczanych egzogenne roślinnych regulatorów wzrostu. W fazie inicjacji kalusa embriogennego w przypadku większości gatunków iglastych pożywki podstawowe uzupełnia się cytokininą (najczęściej BAP, w stężeniu 4,5–5,0 μM) i auksyną (2,4-D w ilości 9–10 μM), z wyjątkiem jodły, dla której pożywka wzbogacana jest tylko o cytokininy (BAP, kinetyne). Sporadycznie stosowano również NAA łącznie z BAP, aby zainicjować tkankę embriogenną z dojrzałych zygocyticznych zarodków *Picea abies*, a także Picloram w celu inicjacji somatycznej embriogenezy *Picea glauca*. Kultury w tej fazie hodowane są w ciemności w temperaturze 22–25°C.

Aby uzyskać odpowiednią ilość kalusa embriogennego, niezbędne jest co dwa tygodnie jego dzielenie i pasażowanie na świeżą pożywkę (kultury jodły pasażuje się co trzy tygodnie). W tej fazie prazarodki intensywnie się dzielą, ale ich dalszy rozwój i różnicowanie są zahamowane. Stwierdzono, że aby doszło do procesu namnażania kalusa embriogennego (powstawania nowych zarodków somatycznych we wczesnych stadiach rozwojowych) w przypadku licznych gatunków iglastych niezbędne jest uzupełnienie pożywki podstawowej o auksyny i cytokininy.

W celu uzyskania dojrzałych zarodków somatycznych konieczny jest pasaż kalusa na pożywkę podstawową wzbogaconą o kwas abscysynowy (ABA), zależnie od gatunku, w ilości 20–80 μM . Na tym etapie kultury najczęściej są hodowane w świetle o niskim natężeniu, w 16-godzinnym fotoperiodzie.

Proces uzyskania dojrzałych somatycznych zarodków przebiega na ogół dwuetapowo: kultury są hodowane przez 3–7 dni na podłożu uzupełnionym węglem aktywnym (0,5–1,0%), a następnie są pasażowane na podłoże z kwasem abscysynowym na okres 4–8 tygodni, zależnie od gatunku.

Węgiel aktywny absorbuje niektóre regulatory wzrostu (auksyny, cytokininy, kwas abscysynowy), a także związki fenolowe i substancje toksyczne.

Kwas abscysynowy (ABA) pełni istotną rolę podczas rozwoju zarodków zygocyticznych i somatycznych. Uzupełnienie pożywki o ABA jest niezbędne w celu różnicowania i wzrostu zarodków somatycznych oraz zahamowania procesu namnażania kalusa embriogennego wielu gatunków drzew iglastych. ABA ma również wpływ na gromadzenie i syntezę substancji zapasowych oraz indukuje i zwiększa tolerancję zarodków na podsuszanie. Egzogenne ABA stymuluje również kiełkowanie zarodków. U wielu gatunków drzew iglastych do optymalnego dojrzenia zarodków somatycznych dochodzi wówczas, gdy pożywka uzupełniona jest o ABA wraz z 1 μM IBA lub ze związkiem osmotycznie czynnym, takim jak glikol polietylenowy (PEG).

Zarodki somatyczne przechodzą poprzez kolejne stadia rozwoju – od prazarodków, poprzez globularne, do najbardziej istotnych dla hodowców – dojrzałych, liścieniowych. Tylko zarodki w stadium liścieniowym (z wyraźnie wykształconymi liścieniami, hipokotylem i zawiązkiem korzenia, o morfologii identycznej lub podobnej jak u zarodków zygocyticznych), kiełkują i rozwijają się w somatyczne siewki.

W stadium liścieniowym zarodki somatyczne są wykładane bezpośrednio na pożywkę do kiełkowania (najczęściej w tym celu stosowana jest pożywka podstawowa bez hormonów, o mniejszej zawartości cukru i często makroelementów niż w pożywce stosowanej w fazie poprzedniej) lub najpierw poddawane są zabiegom ułatwiającym ich dalszy rozwój. W tym celu stosowane są: częściowe podsuszanie somatycznych zarodków w warunkach dużej wilgotności powietrza lub suszenie z zastosowaniem wysyconych roztworów soli. Zabiegi te wpływają na obniżenie zawartości wody w zarodkach somatycznych oraz na zmniejszenie zawartości ABA (inhibitor kiełkowania), co polepsza zdolność kiełkowania oraz ich konwersję w siewki. Konwersja określana jest w dwojaki sposób – jako rozwój roślin somatycznych identycznych jak siewki zygocytne zdolne do wzrostu i rozwoju *ex vitro* lub wzrost i rozwój siewek somatycznych po skiełkowaniu, jeszcze w warunkach *in vitro*, z wyraźnie wykształconym korzeniem, pękiem szczytowym i pierwszymi igłami.

Wzrost, rozwój i adaptacja do warunków naturalnych siewek somatycznych wymagają wielu zabiegów, głównie zachowania odpowiednich warunków hodowli siewek, tj. dużej wilgotności względnej powietrza – 80–90%, oraz stosowania oprysków fungycydami. W tym celu stosuje się przez 2–3 miesiące wzrostu siewek hodowle w fitotronach, szklarniach z zamgławianiem oraz regulacją temperatury i fotoperiodu. Największą udatność – 92% uzyskano w przypadku somatycznych siewek mieszańców modrzewia (*Larix × leptopteraeae*). Należy podkreślić, że pierwszą somatyczną siewkę świerka pospolitego i modrzewia europejskiego uzyskano w 1985 r., a dopiero w 1995 otrzymano siewki somatyczne jodły pospolitej. Od tego czasu w wielu krajach rozpoczęto intensywne badania nad możliwością ulepszenia i modyfikacji metodyk mikrorozmnażania przez somatyczne zarodki poszczególnych gatunków drzew leśnych w celu ich wykorzystania na szerszą skalę.

W Zakładzie Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych (ZGiFDL) Instytutu Badawczego Leśnictwa opracowano, jak do tej pory, metodykę rozmnażania metodą embriogenezy somatycznej świerka pospolitego (*Picea abies* Karst.), modrzewia europejskiego (*Larix europaea* Mill.) oraz jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) [Szczygieł i in. 1997, 2001, Szczygieł i Kowalczyk 2001], metodą organogenezy rozmnażano świerka pospolitego [Szczygieł i Borkowska 1992], modrzewia europejskiego [Szczygieł i Borkowska 1993] oraz na skalę gospodarczą topolę – osikę [Szczygieł i in. 1994, Szczygieł i Borkowska 1994].

Zastosowanie kultur tkankowych drzew

Technika kultur *in vitro* jest szczególnie przydatna, gdy dysponujemy niewielką ilością materiału wyjściowego do rozmnażania (np. w przypadku zagrożenia cennych populacji drzew, pojedynczych osobników lub potrzeby rozmnożenia drzew wyselekcjonowanych lub uzyskanych w wyniku krzyżówek) bądź w celu rozmnażania wegetatywnego gatunków trudno rozmnażających się za pomocą metod tradycyjnych (np. sosna, dąb). W wielu krajach, głównie w Kanadzie i USA, materiał sadzeniowy produkowany tą metodą jest już stosowany do zakładania upraw leśnych. Liczne szkółki i powierzchnie doświadczalne zakładano z różnymi gatunkami świerka – *Picea mariana* Mill. B.S.P., *Picea glauca*, *Picea abies* L. Karst., *Picea rubens*, z różnymi gatunkami sosny – *Pinus taeda* L., *Pinus radiata* oraz daglezi (*Pseudotsuga menziesii*). Obecnie na szeroką skalę jako materiał sadzeniowy stosuje się również somatyczne siewki *Picea sitchensis* (Kanada), *Pinus elliotii* (USA), *Pinus monticola* (Kanada), *Pinus patula* (Południowa Afryka), *Pinus pinaster* (Francja) i *Pinus strobus* (Kanada) [Cyr i Klimaszewska 2002].

Cenne z punktu widzenia hodowlanego byłoby opracowanie skutecznych metod mikro-rozmnażania drzew, których nasiona są trudne do przechowywania (*recalcitrant*) takich, jak dąb, klon jawor, kasztanowiec lub późno i nieregularnie obradzające w nasiona, jak buk zwyczajny. Dotyczy to również jodły, która zależnie od zwarcia obradza w wieku 30–70 lat, a dobre urodzaje występują na nizinach co 3–5 lat, w górach zaś co 6–8 lat. Dzięki stosowaniu kultur tkankowych skraca się czas uzyskania potomstwa. Przyspieszeniu ulega przez to zastosowanie wyników selekcji prowadzonej w celu ulepszenia jakości drzew. Mikro-rozmnażanie można prowadzić niezależnie od pory roku (uzyskany materiał może być przechowywany w chłodni czy szklarni i wysadzany wiosną). Aby obniżyć koszty mnożenia metodą kultur tkankowych, zastosowanie tej metody można ograniczyć tylko do uzyskania sadzonek matecznych, które następnie będą rozmnażane metodami tradycyjnymi. Uzyskany materiał roślinny (w postaci pędów przybyszowych czy kalusa w słoikach lub szalkach), sterylny i wolny od patogenów, umożliwi łatwą wymianę międzynarodową.

Dużą efektywność rozmnażania metodą *in vitro*, szczególnie zastosowanie embriogenezy somatycznej, możliwość kriokonserwacji tkanek embriogennych (długoterminowe przechowywanie tkanek w ciekłym azocie, w temperaturze -196°C) oraz przechowywania tkanek roślin w niskiej temperaturze (od 0 do 10°C) – to podstawowe zalety tej metody mnożenia oraz podstawa wykorzystania jej do hodowli i selekcji drzew leśnych na skalę gospodarczą.

Zaletą przechowywania tkanek w temperaturze od 0 do 10°C jest stosunkowo małe zapotrzebowanie na powierzchnię chłodni (materiał przechowywany jest w słoikach czy probówkach), a także duża przeżywalność przechowywanego materiału. W IBL przechowywano w ten sposób kultury topoli (pędy przybyszowe) przez rok, po czym uzyskano regenerację wynoszącą 80–100%. W wielu krajach kalus embriogenny różnych gatunków drzew oraz podsuszane zarodki somatyczne, dzięki możliwości długoterminowego przechowywania w ciekłym azocie, wykorzystywane są w celu zakładania banków klonów drzew leśnych [Cyr 1999]. Stwarza to możliwość przechowywania najlepszych genotypów drzew, wcześniej wyselekcjonowanych na powierzchniach doświadczalnych, a następnie ich rozmnożenie i regenerację siewek w kulturach *in vitro*. Ponadto kriokonserwacja tkanek różnych genotypów może stanowić uzupełniającą metodę zachowania zasobów genowych drzew leśnych *ex situ*. Umieszczenie tkanek roślinnych w temperaturze ciekłego azotu powoduje zatrzymanie procesów metabolicznych, dzięki czemu tkanki mogą być przechowywane w tych warunkach praktycznie przez czas nieograniczony. Ponadto temperatura kriogeniczna (-196°C) stwarza możliwości przechowywania zarodków somatycznych i tkanek roślin z grupy *recalcitrant* (nasiona bardzo uwodnione i wrażliwe na suszenie, trudne do przechowania w chłodniach). Z danych literaturowych [Galerie i Dereudde 1987, Kartha i in. 1988, Bercetche i in. 1990, Klimaszewska i in. 1992, Norgaard i in. 1993, Cyr 1999] oraz z badań autorki wynika, że doskonałym materiałem do długoterminowego przechowywania jest kalus embriogenny świerka, modrzewia, jodły oraz innych gatunków drzew. Po rozmrożeniu uzyskano regenerację somatycznych zarodków z przechowywanego w ciekłym azocie kalusa, a z nich siewki. Podobnie regenerację siewek po rozmrożeniu uzyskano z zarodków somatycznych wykształconych z osi zarodkowych dębu przechowywanych w ciekłym azocie [Chmielarz 1998]. W ten sposób mogą być również przechowywane odwodnione i kapsułkowane (otoczkowane) zarodki somatyczne, tzw. nasiona sztuczne. Dlatego też niezbędne jest opracowanie najpierw metod mikro-rozmnażania, aby po rozmrożeniu materiału móc uzyskać siewki.

Mikrorozmnażanie pozwala również na uzyskanie na skalę masową wyselekcjonowanego materiału sadzeniowego na użytek gospodarki leśnej, a później drewna dla celów przemysłowych.

W Zakładzie Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych IBL uzyskano wysoki wskaźnik udatności (80–100%), rozmnażając *in vitro* klony topoli (*Populus tremula* × *P. tremuloides*) metodą organogenezy. W ten sposób wyprodukowano około 60 tysięcy sztuk sadzonek. Ze względu na szybki przyrost masy drewna u topól, wykorzystuje się je do zakładania upraw drzew o krótkich cyklach produkcyjnych (mini lub short rotation). Drewno z tych upraw wykorzystywane jest m.in. w przemyśle celulozowo-papierniczym, meblarskim, chemicznym, a także dla celów energetycznych. Innym walorem topoli jest jej przystosowanie do wzrostu na gruntach porolnych. We Francji orzech (*Juglans nigra* × *J. regia*) jest rozmnażany przez organogenezę i embriogenezę somatyczną ze względu na owoce i wysoką jakość drewna, szczególnie przydatnego do wyrobu oklein i mebli, podobnie rozmnażana jest w tym kraju czereśnia ptasia (*Prunus avium* L.), która z uwagi na wyjątkowo ładny rysunek drewna wykorzystywana jest do produkcji mebli o wysokiej jakości [Cornu 1985, 1988].

W Finlandii przez organogenezę rozmnażana jest brzoza (*Betula pendula* var. *carelica*), stosowana ze względu na duże walory drewna w przemyśle meblarskim [Ryynanen i Ryynanen 1986].

Poza mikrorozmnażaniem kultury *in vitro* stosuje się w hybrydyzacji, hodowli niedojrzałych i uszkodzonych zarodków, mikroszczepieniach oraz pozyskiwaniu roślin haploidalnych i poliploidalnych. Technika *in vitro* umożliwia uzyskanie roślin haploidalnych, a także osobników triploidalnych, które są rzadkością wśród gatunków drzewiastych. Hodowane są głównie ze względu na korzystne cechy wzrostowe (np. triploidalna, szybko rosnąca osika). Możliwe jest również uzyskanie roślin wolnych od wirusów i patogenów poprzez zastosowanie merystemów do inicjacji kultur [Bonga i von Aderkas 1992].

Niektóre gatunki drzew (np. cis pospolity) i krzewów wytwarzają metabolity wtórne, bezpośrednio w tkankach roślinnych lub w podłożu, które znalazły zastosowanie w farmakologii czy przemyśle kosmetycznym.

Kultury tkankowe, obok genetyki molekularnej i inżynierii genetycznej, są jedną z najważniejszych dziedzin biotechnologii roślin. Wskazane byłoby prowadzenie badań z zakresu biotechnologii drzew ze względu na długi okres rozwoju jednego pokolenia (tj. czasu od wysiewu nasion do obradzania nowych nasion), poza tym wyhodowanie nowych odmian drzew wymaga bardzo długiego czasu. Embriogeneza somatyczna stwarza możliwość zakładania wysoce produkcyjnych upraw z wyselekcjonowanych klonów uwzględniających zarówno potrzeby gospodarki leśnej, jak i przemysłu.

Literatura

- Ahuja M.R. 1993. Micropropagation à la carte. [W:] Propagation of woody plants, red. M.R. Ahuja. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 3–9.
- Bercetche J., Galerne M., Dereuddre J. 1990. Efficient regeneration of plantlets from embryogenic callus of *Picea abies* (L.) Karst. after freezing in liquid nitrogen. C.R. Acad. Sci. Paris. t. 30, 310, III, 357–363.
- Bonga J.M., von Aderkas P. 1992. Special cultures. [W:] In vitro culture of trees. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, 38, 126–143.

- Chmielarz P.** 1998. Reakcja roślin na niskie temperatury. Metody kriokonserwacji komórek i organów roślin w ciekłym azocie. Instytut Dendrologii PAN, Wydawnictwo Z. Bartkowiak, Poznań.
- Cornu D.** 1985. Programmes de micropropagation réalisés à la station d'amélioration des arbres forestiers de l'INRA. [W:] New Ways in Forest Genetics, 20th Meeting Canadian Tree Improvement Association, Quebec City, 19–22.
- Cornu D.** 1988. Somatic embryogenesis in tissue cultures of walnut (*Juglans nigra*, *J. major* and hybrids *J. nigra* × *J. regia*). [W:] Somatic cell genetics of woody plants, red. M.R. Ahuja. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 45–49.
- Cyr D.R.** 1999. Cryopreservation of embryogenic cultures of conifers and its application to clonal forestry. [W:] Somatic embryogenesis in woody plants, red. S.M. Jain, P.K. Gupta, R.J. Newton. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 4, 239–261.
- Cyr D.R., Klimaszewska K.** 2002. Conifer somatic embryogenesis: II. Applications. *Dendrobiology*, 48, 41–49.
- Galerie M., Dereuddre J.** 1987. Effect of sucrose and DMSO concentration on embryogenic callus of *Picea abies* after freezing at -196°C. *Ann. AFOCEL*, 174, 7–31.
- Kartha K.K., Fowke L.C., Leung N.L., Caswell K.L., Hakman I.** 1988. Induction of somatic embryogenesis and plantlets from cryopreserved cell cultures of white spruce (*Picea glauca*). *J. Plant. Physiol.*, 132, 529–539.
- Klimaszewska K., Cyr D.R.** 2002. Conifer somatic embryogenesis: I. Development. *Dendrobiology*, 48, 31–39.
- Klimaszewska K., Ward C., Cheliak W.M.** 1992. Cryopreservation and plant regeneration from embryogenic cultures of larch (*Larix* × *eurolepis*) and black spruce (*Picea mariana*). *J. Exp. Bot.*, 43, 73–79.
- Malepszy S., Wróblewski T.** 1994. Proces somatycznej embriogenezy – charakterystyka ogólna. Somatyczna embriogeneza i jej molekularno-genetyczne uwarunkowania u roślin, red. S. Malepszy. *Postępy Biologii Komórki*, t. 21, Suplement, 4.
- Norgaard J.V., Duran V., Johnsen O., Krogstrup P., Baldursson S.** 1993. Variations in cryotolerance of embryogenic *Picea abies* cell lines and the association to genetic, morphological and physiological factors. *Can. J. Res.*, 23, 2560–2567.
- Ryynanen L., Ryynanen M.** 1986. Propagation of adult curly birch succeeds with tissue culture. *Silva Fennica*, 20, 2, 139–147.
- Szczygiel K., Borkowska E.** 1992. Rozmnażanie świerka pospolitego przez kultury tkankowe. *Notatnik IBL*, 5.
- Szczygiel K., Borkowska E.** 1993. Rozmnażanie modrzewia (*Larix decidua* Mill.) przez kultury tkankowe. *Notatnik IBL*, 3.
- Szczygiel K., Borkowska E.** 1994. Rozmnażanie przez kultury tkankowe w masowej produkcji osiki. *Głos Lasu*, 3.
- Szczygiel K., Borkowska E., Baziuk O.** 1994. Mikrorozmnażanie wyselekcjonowanych klonów topoli osiki (*Populus tremula* × *P. tremuloides*) przez kultury tkankowe. *Sylvan*, 10, 97–107.
- Szczygiel K., Kowalczyk J.** 2001. Somatic embryogenesis of Silver fir (*Abies alba* Mill.) – Polish provenances. [W:] Proceedings of the Fourth International Symposium on In Vitro Culture and Horticultural Breeding. *Acta Horticulturae*, 560, 509–512.

- Szczygiel K., Rakowski K., Bieniek J.** 1997. Rozmnażanie *in vitro* świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.) i modrzewia europejskiego (*Larix decidua* Mill.) metodą somatycznej embriogenezy i organogenezy. Sprawozdanie naukowe. IBL, Warszawa (maszynopis).
- Szczygiel K., Rakowski K., Bieniek J.** 2001. Mikrorozmnażanie świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.), modrzewia europejskiego (*Larix decidua* Mill.) i jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) metodą somatycznej embriogenezy i organogenezy oraz badania nad możliwością długoterminowego przechowywania. Sprawozdanie naukowe. IBL, Warszawa (maszynopis).

Mikrorozmnażanie drzew leśnych

Maria Hauke, Wojciech Wesoly*

Badania w kulturach *in vitro* roślin drzewiastych mają dwa wzajemne i uzupełniające się aspekty: poznawczy oraz praktyczny. Z jednej strony, prace w układzie modelowym, jakim jest kultura *in vitro*, dostarczają wiedzy na temat genetycznych, biochemicznych i fizjologicznych uwarunkowań procesu morfogenezy roślin, z drugiej zaś mają na celu opracowanie efektywnych technik regeneracji roślin, niezbędnych do masowej produkcji materiału roślinnego.

Praktyka leśna zajmuje się problemem wyhodowania upraw dobrej jakości w krótkim czasie, przy możliwie minimalnym nakładzie kosztów. Wysiłki te zmierzają generalnie w dwóch kierunkach – ochrony upraw przed zwierzyną oraz przyspieszenia ich wzrostu w pierwszych latach życia. Jeśli weźmie się pod uwagę selekcję, to rozmnażanie wegetatywne jest efektywną metodą osiągnięcia wyższych korzyści w krótkim okresie. Technologie do klonalnego rozmnażania są uważane za ważne narzędzie wzrostu możliwości hodowlanych drzew [Savill i Kanowski 1993].

Tradycyjne metody rozmnażania wegetatywnego, takie jak szczepienie i ukorzenianie pędów, są wyjątkowo trudne i wymagają dużej ilości materiału matecznego. Ponadto jest to możliwe w przypadku tylko kilku gatunków drzew leśnych, ponieważ występują problemy z ukorzeniem, wiekiem drzew matecznych, przeżywalnością oraz wysokimi kosztami. Większość tych problemów może być przezwyciężona przy wykorzystaniu kultur *in vitro*. Możliwość masowego rozmnażania przez kultury *in vitro* jest szczególnie przydatna wtedy, gdy posiadamy niewielką ilość materiału wyjściowego. Bardzo ważne z hodowlanego punktu widzenia jest również opracowanie skutecznych metod mikrorozmnażania drzew, których nasiona są trudne do przechowywania (*recalcitrant*) lub nieregularnie obradzają.

Mikrorozmnażanie, zwane też rozmnażaniem klonalnym, wykorzystuje zdolność eksplantatów do masowego tworzenia pąków bocznych, przybyszowych, mikrocebulek lub zarodków somatycznych. Metoda ta pozwala w pełni wykorzystać naturalny potencjał regeneracyjny każdej rośliny, zwany totipotencją. Stosowana jest rutynowo do rozmnażania wielu roślin uprawnych, o dużym znaczeniu gospodarczym. Głównym celem mikrorozmnażania roślin w leśnictwie jest szybka produkcja dużej liczby roślin identycznych pod względem genetycznym, uzyskanych z cennych, wyselekcjonowanych roślin rodzicielskich. Drzewami matecznymi zazwyczaj są drzewa doborowe i elitarne.

W ostatnim stuleciu powstały dwie techniki pozwalające na różne warianty mikrorozmnażania:

- organogeneza; organogeneza bezpośrednia polega na umieszczeniu fragmentu rośliny na pożywce (zawierającej odpowiednie regulatory wzrostu), z którego tworzą się pędy

* Katedra Hodowli Lasu, Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu

i korzenie; organogeneza pośrednia poprzedza powstanie kalusa, z którego różnicują się pędy i korzenie. Pąki, z których w warunkach *in vivo* rozwija się określona liczba pędów, w warunkach hodowli *in vitro* mogą wytworzyć nieograniczoną w zasadzie liczbę pędów.

- embriogeneza somatyczna (SE); różnicowanie jest indukowane w komórkach somatycznych materiału roślinnego. Proces ten z drobnymi różnicami przypomina rozwój embrionu zygotycznego. Poszczególne stadia w embriogenezie somatycznej i zygotycznej roślin (np. świerka i dębu) zachodzą w sposób niemalże identyczny. W podobnym czasie dochodzi do powstania zarodków w stadium globularnym, sercowatym lub torpedy. Zarodki te pod względem morfologicznym w niewielkim stopniu odbiegają od zarodków zygotycznych. Indukcja embriogenezy somatycznej wiąże się z przeprogramowaniem komórki i uruchomieniem programu embriogenicznego.

Pierwsza metoda wymaga manualnej izolacji eksplantatów oraz pasaży kultury, w konsekwencji ma to wpływ na wyższe koszty produkcji. Metoda druga jest procesem, który można zautomatyzować i tym samym zredukować koszty robocizny.

W przebiegu mikrorozmnażania można wyróżnić trzy etapy:

- 1) wybór eksplantatów i wyłożenie ich na odpowiednie pożywki,
- 2) masowe mnożenie, czyli pasażowanie (przenoszenie) na nowe pożywki, zawierające odpowiednie regulatory wzrostu, tworzących się pąków, pędów, mikrocebulek czy zarodków somatycznych,
- 3) adaptacja roślin uzyskanych *in vitro* do warunków rozwoju naturalnego. Na tym etapie następuje ukorzenianie pędów, a następnie przystosowanie otrzymanych sadzonek do warunków uprawy w szkółce przez powolne obniżanie wilgotności oraz natężenia światła i temperatury.

Materiał roślinny do kultur *in vitro*

O przebiegu hodowli *in vitro* decyduje wybór materiału roślinnego. Czynniki ułatwiające otrzymanie pozytywnych efektów to:

- wiek rośliny matecznej; najłatwiej regenerują rośliny młode, w początkowych fazach ich rozwoju, z wiekiem eksplantatu zmniejsza się liczba komórek wykazujących toipotencję i tym samym maleje ich zdolność do efektywnej regeneracji w kulturach tkankowych,
- wybór organu do pobrania eksplantatu; najlepsze są młode organy roślin zawierające różnego rodzaju tkanki merystematyczne, charakteryzujące się dużą aktywnością podziałową,
- pora roku; w okresie wiosennym obserwuje się zazwyczaj największą wydajność regeneracyjną,
- warunki wzrostu roślin matecznych: odpowiednie oświetlenie, temperatura i nawożenie zapewniające dużą żywotność eksplantatu.

Sterylizacja materiału roślinnego do kultur *in vitro*

Dużym problemem w zakładaniu hodowli *in vitro* jest pozyskanie sterylnego materiału wyjściowego. Problem ten nabiera szczególnego znaczenia w przypadku pobierania materiału roślinnego z dorosłych osobników w trakcie sezonu wegetacyjnego, jak ma to

miejsce podczas pobierania pędów z koron dojrzałych drzew. Często również do kultur *in vitro* „w szkle” przeznaczane są rośliny bardzo cenne lub dostępne w niewielkich ilościach, w związku z tym o otrzymaniu kultury decyduje dokładne odkażenie fragmentu rośliny.

Materiał roślinny, z którego zakładamy kulturę, pochodzi z warunków niesterylnych. Po przeniesieniu eksplantatów z takich warunków wprost na pożywkę doskonałe warunki wzrostu znajdują przede wszystkim bakterie i grzyby i bardzo szybko się w nich rozwijają. Mikroorganizmy te dominując w kulturze, wyczerpują składniki pokarmowe, a ponadto wydzielają do pożywki metabolity toksyczne dla tkanki roślinnej.

W zależności od materiału, do hodowli *in vitro* wybierane są różne warianty sterylizacji na podstawie ustalonego schematu:

1) etap wstępny:

- przepłukiwanie materiału roślinnego bieżącą wodą,
- moczenie w wodzie destylowanej z dodatkiem detergentu (np. Tween 20 (1 kropla/100 ml) przez godzinę,
- jednokrotne płukanie wodą destylowaną,

2) sterylizacja właściwa:

- płukanie 70-procentowym alkoholem etylowym przez 30–60 sekund,
- jednokrotne płukanie wodą destylowaną,
- sterylizacja, np. w 0,2–0,3-procentowym HgCl_2 (AgNO_3) przez 2–7 minut, a następnie trzykrotne płukanie sterylną wodą destylowaną.

Do właściwego procesu odkażania używa się najczęściej roztworów chlorku rtęci (HgCl_2), azotanu srebra (AgNO_3), podchlorynu sodu, potasu lub wapnia (np. 20-procentowy ACE, Clorox, Domestos). Stężenie sterylizanta (najczęściej od promila do kilkudziesięciu procent) i czas traktowania (od kilkunastu sekund do kilku minut) zależą od zdrowotności materiału przeznaczonego do hodowli w kulturze *in vitro*.

Dla każdego rodzaju eksplantatu należy w sposób eksperymentalny dobrać optymalne warunki sterylizacji (rodzaj, stężenie i czas działania sterylizanta), które są kompromisem między sterylnością maksymalną a uszkodzeniem eksplantatów. Zwykle w celu zwiększenia skuteczności zabiegu przedłuża się czas sterylizacji właściwej, ale nie podwyższa się stężenia sterylizanta.

W różnych laboratoriach ten sam rodzaj materiału może być sterylizowany w odmienny sposób, np. Chmielarz [1996] osie zarodkowe dębu odkażał w 0,1-procentowym chlorku rtęci przez 2,5 minuty, natomiast Tóth i inni [1994] – w 3,5-procentowym podchlorynie sodu przez 24 minuty. Meier-Dinkel i inni [1993] na początku sterylizowali żołądźcie 3,5-procentowym podchlorynem sodu przez 5 minut, później pokrywy były przez nich zdejmowane i całe zarodki ponownie odkażane w podchlorynie sodu, ale o mniejszym stężeniu (0,5%) przez 5 minut.

Niekiedy mikroorganizmy występujące na roślinach matecznych ogranicza się przez oprysk fungicydem na 5–10 dni przed pobraniem materiału [Favre i Juncker 1987, Hernandez i in. 2003]. Stosunkowo łatwe do sterylizacji są nasiona drzew iglastych. Pozytywne rezultaty uzyskuje się np. przy dezynfekcji niedojrzałych i dojrzałych nasion gatunków z rodzaju: *Pinus*, *Picea*, *Abies*, *Larix*, *Pseudotsuga* oraz nasion i fragmentów pędów drzew liściastych takich, jak *Quercus* i *Populus*, stosując $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, NaOCl lub, najczęściej, HgCl_2 .

Pożywki

Pożywki używane jako podłoże w kulturach *in vitro* dostarczają wyłożonemu na nią fragmentowi rośliny niezbędnych składników oraz tworzą warunki umożliwiające dalszy rozwój. Oznaczone są symbolami literowymi, najczęściej pochodzącymi od nazwisk autorów. W kulturach roślinnych istnieje bardzo wiele rodzajów pożywek, jednak można wyodrębnić kilka uniwersalnych, używanych w składzie oryginalnym lub modyfikowanych.

W hodowlach *in vitro* drzew najczęściej stosuje się następujące pożywki:

- B5 [Gamborg i in. 1968],
- GD [Gresshoff i Doy 1974],
- MS [Murashige i Skoog 1962],
- NN [Nitsch i Nitsch 1969],
- WPM (Woody Plant Medium – Lloyd i McCown [1981])

Skład pożywek przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Skład wybranych pożywek stosowanych w kulturach *in vitro* roślin drzewiastych

Składnik	MS	B5	NN	GD	WPM
Makroelementy [mg · l ⁻¹]					
CaCl ₂	-	-	166	-	72,5
CaCl ₂ · 2H ₂ O	440	150	-	-	-
Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	-	-	-	347	556
KCl	-	-	-	65	-
KH ₂ PO ₄	170	-	68	300	170
KNO ₃	1900	2500	950	1000	-
K ₂ SO ₄	-	-	-	-	990
MgSO ₄ · 7H ₂ O	370	250	185	17,1	180
NaH ₂ PO ₄ · H ₂ O	-	150	-	-	-
NH ₄ NO ₃	1650	-	720	1000	400
(NH ₄) ₂ SO ₄	-	134	-	-	-
Mikroelementy [mg · l ⁻¹]					
CoCl ₂ · 6H ₂ O	0,025	0,025	-	0,025	-
CuSO ₄ · 5H ₂ O	0,025	0,025	0,025	0,025	0,25
FeNaEDTA	-	-	-	-	-
FeSO ₄ · 7H ₂ O	27,8	-	27,8	-	-
H ₃ BO ₃	6,2	3	10	0,3	6,2
KI	0,83	0,75	-	0,8	-
MnSO ₄ · 4H ₂ O	22,3	-	25	-	-
MnSO ₄ · H ₂ O	-	10	-	1	22,3
Na ₂ EDTA · 2H ₂ O	37,3	-	37,3	-	-
Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	0,25	0,25	0,25	0,025	0,25
ZnSO ₄ · 7H ₂ O	8,6	2	10	0,3	8,6
Związki organiczne [mg · l ⁻¹]					
Biotyna	-	-	0,05	-	-
Glicyna	2	-	2	4	2
Kwas foliowy	-	-	0,5	-	-
Kwas nikotynowy	0,5	1	5	1	0,5
Myo-inozytol	100	100	100	100	100
Pirydoksyna HCl	0,5	1	0,5	1	0,5
Tiamina HCl	0,1	10	0,5	10	1

Składniki pożywek można podzielić ogólnie na substancje mineralne i organiczne. Do pierwszej grupy zalicza się makro- i mikroelementy, natomiast do drugiej głównie cukry, witaminy, aminokwasy oraz regulatory wzrostu i rozwoju. W zależności od ilości makro i mikroelementów pożywki dzieli się na:

- 1) bogate – pełen zestaw makroelementów,
- 2) średnio bogate – zawierające około ½ ilości makroelementów pożywki bogatej,
- 3) ubogie – przeważnie około ¼ ilości makroelementów pożywki bogatej.

Po rozpuszczeniu wszystkich składników pożywki mierzy się pH i ustala na określonym poziomie, zwykle w granicach 5,2–5,8. Wartość pH wpływa na dostępność i pobieranie związków odżywczych i substancji regulujących oraz na strukturę białek i enzymów. Ustalenie odczynu pożywki zależy od gatunku oraz rodzaju pożywki.

Kolejnym etapem jest sterylizacja pożywek. Przeprowadza się ją w autoklawie w temperaturze 121°C pod ciśnieniem 0,1 MPa, przez 20–30 minut. Wydłużanie czasu sterylizacji jest niewskazane, ponieważ wówczas następuje częściowy rozkład niektórych substancji organicznych zawartych w pożywce, głównie witamin, cukrów oraz regulatorów wzrostu. Z tego powodu związki termolabilne (wrażliwe na wysoką temperaturę) sterylizuje się przez filtry mikrobiologiczne, o średnicy porów 0,22 µm, i dodaje do wysterylizowanej pożywki, gdy jej temperatura osiągnie 45–50°C. Składniki pożywki z czasem są zużywane przez kultury, dlatego istnieje konieczność pasażowania, czyli przenoszenia eksplantatów na świeżą pożywkę, zwykle co 2–6 tygodni.

Regulatory wzrostu

Efekty mikrorozmnażania roślin zależą od użycia odpowiednich hormonów (regulatorów) wzrostu i rozwoju. Każdy regulator ma szeroki zakres działania, zależny od stężenia oraz współdziałania z innymi substancjami endo- i egzogennymi. Znane jest pięć grup hormonów roślinnych: auksyny, cytokininy, gibereliny, kwas abscysynowy oraz etylen (tab. 2). W kulturach *in vitro* największą rolę pełnią auksyny i cytokininy.

Tabela 2. Regulatory wzrostu dodawane do pożywek *in vitro*

Auksyny	naturalne	IAA – kwas indolilo-3-octowy IBA – kwas indolilo-3-masłowy
	syntetyczne	NAA – kwas naftylo-1-octowy -2,4D – kwas 2,4-dichlorofenoksyoctowy Dicamba Picloram
Cytokininy	naturalne	Zeatyna* 2iP
	syntetyczne	BA – benzyloaminopuryna K – kinetyna TDZ – tidiazuron
Gibereliny	GA ₃ – kwas giberelinowy*	
Inhibitory wzrostu	ABA – kwas abscysynowy	

* termolabilne

Auksyny stymulują wzrost wydłużeniowy komórek, tworzenie korzeni, pobudzają regenerację organów, hamują rozwój pąków bocznych. Jednakże najczęściej są wykorzystywane do indukcji embriogenezy somatycznej (2,4D oraz NAA) oraz do ukorzenia pędów powstałych w wyniku organogenezy (IAA i NAA). Efekty stosowania auksyny zależą głównie od jej rodzaju oraz stężenia. Podczas prowadzenia hodowli tkankowych należy pamiętać, że stężenie auksyn w pożywce obniża się w wyniku autoklawowania oraz działania światła.

Cytokiny działają antagonistycznie do auksyn. W hodowlach *in vitro* wykorzystywane są do indukcji podziałów komórkowych, hamowania tworzenia korzeni i znoszenia dominacji wierzchołkowej, co umożliwia wyrastanie pąków bocznych. Znajomość wzajemnych relacji stężenia auksyn i cytokinin pozwala na precyzyjne sterowanie procesami wzrostu i wzrostu eksplantatów. W przypadku roślin drzewiastych najlepsze efekty rozkrzewiania uzyskuje się po zastosowaniu BA. Zaobserwowano, że wraz ze zwiększeniem koncentracji cytokinin zwiększa się liczba nowych pędów produkowanych z pąków. Wysokie stężenie cytokinin (2–5 mg · l⁻¹) powoduje witrifikację (komórki są nadmiernie uwodnione oraz zawierają małe ilości chlorofilu) u dębów [Tóth i in. 1994]. Z tego powodu do pożywki, poza cytokininą, dodaje się małe ilości auksyn (0,01–0,05 mg · l⁻¹ IBA lub NAA).

Poza auksynami i cytokininami, które pełnią ważną rolę w organogenezie, w hodowlach do regulacji przebiegu embriogenezy somatycznej stosuje się kwas abscysynowy (ABA), który indukuje spoczynek pąków, nasion i hamuje wzrost. Podczas dojrzewania zarodki somatyczne poddawane są działaniu ABA, co sprzyja gromadzeniu przez nie substancji zapasowych, zapobiega powstawaniu zarodków zdeformowanych i przedwcześnie kiełkujących. Optymalna zawartość tego kwasu w pożywce zależy od linii komórkowej oraz genotypu. Dla świerka pospolitego wynosi 7–60 μM, ale dla każdego genotypu należy ją określać empirycznie [Latkowska 2002].

Ukorzenie i adaptacja do warunków *in vivo*

Adaptacja roślin rozmnażanych w warunkach *in vitro* do warunków szkółki jest etapem najtrudniejszym. Ukorzenie mikrosadzonek uzyskanych podczas hodowli *in vitro* można prowadzić w warunkach sterylnych lub w podłożu niesterylnym w szklarni.

Ukorzenie w warunkach sterylnych można prowadzić na tych samych pożywkach, na których prowadzi się mikrorozmnażanie, lecz zazwyczaj stosuje się połowę zawartości makroelementów. Ponadto pożywki uzupełnia się węglem aktywowanym, który korzystnie wpływa na proces ukorzenia [Olszewska 2000].

Po wysadzeniu roślin do podłoża ich procesy życiowe odbywają się głównie kosztem nagromadzonej skrobi. Roślina wytwarzając korzenie, zużywa zapasy skrobi, a jej przeżycie zależy od rozwoju liści, które zdolne będą do prowadzenia procesu fotosyntezy. Rozwój liści jest jednak hamowany przez auksyny nagromadzone w tkankach sadzonek. Wtedy właśnie z powodu wyczerpania się zapasów skrobi i niedoboru składników mineralnych ginie najczęściej ukorzenionych sadzonek [Regulatory wzrostu... 1997]. Innym powodem obumierania roślin są zbyt mała wilgotność i nieodpowiednia temperatura. W tym celu zakłada się na rośliny osłonki foliowe ograniczające parowanie wody i nasświetlenie. Osłonki te stopniowo się uchyla, a po kilku lub kilkunastu dniach usuwa. Problem ten jest bardzo ważny w przypadku mikroroślin powstałych przez organogenezę. Rośliny powstałe w wyniku embriogenezy somatycznej są bardzo silne. Większość z nich po etapie ukorzenia

ma zdrewniałą strzałkę, co ma wpływ na ograniczenie transpiracji, a zarazem bardzo dobrą udatność adaptacji [Hauke 2003]. Początkowo umieszcza się kasety z wysadzonymi sadzonkami w szklarni, zapewniając im dużą wilgotność powietrza i odpowiednią temperaturę, a po pewnym czasie wystawia się do szkółki.

Możliwości zastosowania mikrorozmnażania

Korzyści z mikrorozmnażania roślin podkreśla się w licznych pracach poświęconych optymalizacji warunków regeneracji wielu gatunków roślin drzewiastych. Jedną z podstawowych zalet tej metody jest uzyskiwanie tysięcy roślin o niezmienionym genotypie. Wprowadzenie kultur *in vitro* do hodowli drzew daje możliwość uzyskania nieograniczonej liczby roślin, stanowiących kłony pojedynczego wyselekcjonowanego osobnika, w znacznie krótszym czasie w stosunku do powszechnie stosowanych metod namnażania wegetatywnego. Ponadto istnieje możliwość mnożenia, wtedy gdy posiadamy niewielką ilość materiału matecznego. Z hodowlanego punktu widzenia istotne jest opracowanie skutecznych metod mikrorozmnażania drzew, których nasiona trudno się przechowują, np. dębu, lub które nieregularnie owocują, np. buka zwyczajnego [Rakowski i Szczygieł 1999].

Kolejną zaletą rozmnażania drzew leśnych metodą kultur tkankowych jest możliwość krioprezerwacji w ciekłym azocie. W przypadku standardowych programów hodowlanych czas potrzebny do identyfikacji genotypu w próbach polowych jest długi, a drzewa stają się zbyt stare, by rozmnażać je wegetatywnie. W konsekwencji elitarne genotypy są tracone, a mogą być wykorzystane jako drzewa rodzicielskie dopiero w kolejnej generacji. Jednakże istnieje możliwość krioprezerwacji kultury embriogennej (embriogeneza somatyczna) z każdego dostępnego genotypu, a następnie, dla potrzeb programów genetycznych genotypy elitarne mogą być rozmrażane i masowo namnażane. Tkanka embriogenna poddana krioprezerwacji nie zmienia swego genetycznego charakteru oraz nie traci juwenalności [Park i in. 1998], a dzięki temu można ją stosować do ochrony roślinnych zasobów genowych. Kultury *in vitro* są rutynowo stosowane do zachowania genetycznej bioróżnorodności świata roślinnego, w tym zachowania puli genowej roślin drzewiastych [Blakesley i in. 1996].

Niewątpliwą zaletą embriogenezy somatycznej jako metody rozmnażania jest także możliwość produkcji sztucznych nasion (somatyczne zarodki otoczone sztuczną kapsułką zawierającą materiały odżywcze oraz regulatory wzrostu). Umożliwia to hodowlę roślin z unikatową kombinacją genów, która nie może być uzyskana na drodze embriogenezy zygotycznej z powodu genetycznej rekombinacji w każdym pokoleniu nasion. Tworzenie sztucznych nasion łączy korzyści, jakie daje rozmnażanie *in vitro* klonów ze stosunkowo niskimi kosztami oraz wysoką jakością produkowanych nasion, o dużej żywotności oraz znanym genotypie i fenotypie [Redenbaugh i in. 1986].

W procesie transformacji genomów roślinnych szczególnie pożądane są metody pozwalające na efektywną i szybką regenerację zmodyfikowanych roślin. Systemy regeneracji roślin oparte na metodzie embriogenezy somatycznej były podstawą wprowadzenia roślin transgenicznych u *Picea sitchensis* [Sarma i in. 1995], *Pinus strobus* L. [Levee i in. 1999], *Picea glauca*, *P. mariana* oraz *P. abies* [Klimaszewska i in. 2001].

Szczególnie ważnym zagadnieniem w wielu ośrodkach badawczych jest opracowanie warunków efektywnej indukcji struktur embriogenicznych na eksplantatach pochodzących z dojrzałych drzew, o pożądanych cechach fenotypowych. Prowadzone są intensywne

badania nad zwiększeniem efektywności dojrzewania i kiełkowania roślin drzewiastych. Mikrorozmnażanie nie jest tylko przedmiotem badań naukowych, ale znajduje także zastosowanie w masowej reprodukcji roślin dla potrzeb leśnictwa, przemysłu drzewnego i papierniczego [Cyr i Klimaszewska 2002, Latkowska 2002].

„Nowe” drzewa wprowadzą leśnictwo w erę wysokiej produktywności i jakości. Drzewa takie nie powinny trafiać bezpośrednio do ekosystemów leśnych. Winny jednak znaleźć się na plantacjach drzew, których znaczenie rośnie w warunkach zapotrzebowania przez przemysł drzewny w wielu krajach świata, przede wszystkim na drewno średniowymiarowe. Znacznie szybsza i ekonomicznie uzasadniona produkcja takich sortymentów musi być związana z wcześniejszą selekcją drzew i następnie ich powielaniem w warunkach *in vitro*.

Literatura

- Blakesley D., Pask N., Henshaw G.G., Fay M.F.** 1996. Biotechnology and cryopreservation of forest genetic resources: *in vitro* strategies and cryopreservation. *Plant Growth Regul.*, 20, 11–16.
- Chmielarz P.** 1996. Kriogeniczne przechowywanie zasobów genowych dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.), sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) i świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.). Praca doktorska wykonana w Zakładzie Biologii Nasion Instytutu Dendrologii PAN w Kórniku (maszynopis).
- Cyr D.R., Klimaszewska K.** 2002. Conifer somatic embryogenesis: II. Applications. *Dendrobiology*, 48, 41–49.
- Favre J.M., Juncker B.** 1987. *In vitro* growth of buds taken from seedlings and adult plant material in *Quercus robur* L. *Plant Cell, Tiss. Org. Cult.*, 8, 49–60.
- Gamborg O.L., Miller R.A., Ojima K.** 1968. Nutrient requirement of suspensions cultures of soybean root cells. *Exp. Cell Res.*, 50, 151–158.
- Gresshoff P.M., Doy C.H.** 1974. Derivation of a haploid cell line from *Vitis vinifera* and the importance of the stage of meiotic development of anthers for haploid culture of this and other genera. *Z. Pflanzenphysiol.*, 73, 132–141.
- Hauke M.** 2003. Embriogeneza somatyczna wybranych gatunków drzew liściastych. Praca doktorska wykonana w Katedrze Hodowli Lasu Akademii Rolniczej w Poznaniu (maszynopis).
- Hernandez I., Celestino C., Toribio M.** 2003. Vegetative propagation of *Quercus suber* L. by somatic embryogenesis. I. Factors affecting the induction in leaves from mature cork oak trees. *Plant Cell Rep.*, 21, 759–764.
- Klimaszewska K., Lachance D., Pelletier G., Lelu M.A., Seguin A.** 2001. Regeneration of transgenic *Picea glauca*, *P. mariana*, and *P. abies* after cocultivation of embryogenic tissue with *Agrobacterium tumefaciens*. *In Vitro Cell. Dev. Biol. – Plant*, 37(6), 748–755.
- Latkowska M.J.** 2002. Somatyczna embriogeneza roślin iglastych na przykładzie świerka pospolitego (*Picea abies* [L.] Karst.). *Biotechnologia*, 4,
- Levee V., Garin E., Klimaszewska K., Seguin A.** 1999. Stable genetic transformation of white pine (*Pinus strobus* L.) after cocultivation of embryogenic tissues with *Agrobacterium tumefaciens*. *Molecular Breed.*, 5(5), 429–440.

- Lloyd G., McCown B.** 1981. Commercially-feasible micropropagation of mountain laurel, *Kalmia latifolia*, by use of shoot-tip culture. Proc. Int. Plant Prop. Soc., 30, 421–427.
- Meier-Dinkel A., Becker B., Duckstein D.** 1993. Micropropagation and „ex vitro” rooting of several clones of late-flushing *Quercus robur* L. Ann. Sci. For., 50 (Supl. 1.), 319–322.
- Murashige T., Skoog F.** 1962. A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant., 15, 473–497.
- Nitsch J.P., Nitsch C.** 1969. Haploid plants from pollen grains. Science, 169, 85.
- Olszewska A.** 2000. Mikrorozmnażanie i embriogeneza somatyczna dębu – *Quercus* sp. Praca doktorska wykonana w Katedrze Hodowli Lasu Akademii Rolniczej w Poznaniu (maszynopis).
- Park Y.S., Barrett J.D., Bonga J.M.** 1998. Application of somatic embryogenesis in high-value clonal forestry: deployment, genetic control, and stability of cryopreserved clones. In Vitro Cell. Dev. Biol. – Plant, 34(3), 231–239.
- Rakowski K., Szczygiel K.** 1999. Potrzeby badawcze z zakresu fizjologii drzew leśnych. [W:] Materiały I Konferencji Leśnej. Stan i perspektywy badań z zakresu hodowli lasu. IBL, Sękocin Las, 18–19.05.1999. Warszawa, 186–193.
- Redenbaugh K., Paasch B., Nichol J., Kossler M., Viss P., Walker K.** 1986. Somatic seeds: Encapsulation of asexual embryos. Biotechnology, 4, 797–801.
- Regulatory wzrostu i rozwoju roślin 1997. Pr. zbior., red. L. Jankiewicz. PWN, Warszawa.
- Sarma K.S., Evans N.E., Selby C.** 1995. Effect of carbenicillin and cefotaxime on somatic embryogenesis of Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.). J. Exp. Bot., 46(292), 1779–1781.
- Savill P.S., Kanowski P.J.** 1993. Tree improvement programs for European oaks: goals and strategies. Ann. Sci. For., 50, 368–383.
- Tóth K., Haapala T., Hohtola A.** 1994. Alleviation of browning in oak explants by chemical pretreatments. Biol. Plant., 36(4), 511–51.

Zasady przenoszenia nasion w warunkach nizinnych

Jan Matras*

Wiedza dotycząca możliwości wykorzystywania określonych populacji i odpowiadających im baz nasiennych w różnych warunkach ekologicznych jest podstawą właściwie prowadzonej gospodarki nasiennej i warunkiem uzyskiwania określonych efektów hodowlanych. Jest to aspekt praktyczny tego zagadnienia wykorzystywany w praktyce leśnej. Z kolei poznanie zróżnicowania międzypopulacyjnego i wewnątrzpopulacyjnego występującego w ramach zasięgu naturalnego gatunków dostarcza informacji potrzebnych do określenia rozmieszczenia terytorialnego ich populacji, a informacje te są wykorzystywane do tworzenia baz nasiennych oraz realizacji ochrony zróżnicowania genetycznego.

O potrzebie tworzenia barier w celu zapobieżenia swobodnemu dysponowaniu i przemieszczaniu nasion i wyhodowanych z nich sadzonek leśnicy praktycy wiedzą od dawna. Pierwsze zasady postępowania w tym zakresie pojawiły się w latach dwudziestych XX w. w krajach skandynawskich. Zasady te regulowały w sposób ogólny (podając zakres przemieszczania nasion głównie z północy na południe i w kierunku odwrotnym) możliwości przenoszenia nasion i sadzonek. W miarę poszerzania się wiedzy dotyczącej zróżnicowania genetycznego występującego w ramach zasięgu gatunków uregulowania te stawały się coraz bardziej szczegółowe i w efekcie końcowym doprowadziły do utworzenia pojęcia regionu nasiennego, najczęściej definiowanego jako obszar występowania określonej populacji danego gatunku.

Do chwili obecnej wszystkie kraje europejskie należące do Organizacji Współpracy i Rozwoju Gospodarczego (Organisation for Economic Cooperation and Development, w skrócie OECD) opracowały własne podziały obszarów leśnych na regiony nasienne na podstawie przyjętych kryteriów. Pomimo że kryteria te w poszczególnych krajach nie są identyczne, to na ogół zawsze brane są pod uwagę warunki ekologiczne i klimatyczne oraz istniejące już podziały opracowane według kryteriów już ustalonych.

Wymóg regionalizacji nasiennych i szczegółowych charakterystyk warunków ekologicznych i klimatycznych, w których bytują określone populacje i osobniki, jest dla krajów członków OECD obligatoryjny. Zgodnie bowiem z obowiązującymi w tym zakresie uregulowaniami prawnymi tylko materiał pochodzący z określonych baz nasiennych utworzonych w poszczególnych regionach nasiennych i zarejestrowanych może zostać dopuszczony do wprowadzania do lasu oraz do obrotu (na rynek). W Polsce do 1991 r. brak było uregulowań prawnych w tym zakresie. Jedynie w *Zasadach Hodowli Lasu* wprowadzono zapisy, które określały preferowane kierunki przemieszczania nasion i sadzonek. Były to jednak zalecenia bardzo ogólne, które w dodatku nie były obligatoryjne. Dopiero w trakcie opracowywania kolejnego etapu *Programu zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew leśnych* na lata 1991–2010 [Matras i in. 1993] opracowano pierwszy projekt regionalizacji w odniesieniu do nasion i sadzonek leśnych, który po kolejnych

* Zakład Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych, Instytut Badawczy Leśnictwa w Warszawie

korektach został zatwierdzony do użytku przez Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych. Wprowadzona wtedy regionalizacja precyzowała zasady przemieszczania nasion i sadzonek, dostosowując obowiązujące wytyczne oparte na przyrodniczo-leśnym podziale Polski do regulaminu OECD.

Pojęcie regionu występowania populacji i regionu nasiennego

Przed przystąpieniem do omawiania zasad przenoszenia nasion konieczne jest wprowadzenie definicji pojęcia „region występowania proweniencji (populacji)”. Jest to bowiem pojęcie podstawowe używane przy tworzeniu podziału oraz określaniu zasad przenoszenia nasion i sadzonek.

Według regulaminu OECD regionem proweniencji dla gatunku, podgatunku albo odmiany jest obszar lub kompleks obszarów o wystarczająco jednorodnych warunkach ekologicznych, na którym drzewostany mają podobne cechy fenotypowe lub genotypowe. Regulamin ten wymaga, aby wytyczone granice regionów uwzględniały istniejący podział administracyjny i geograficzny kraju. Granice regionów powinny być wyraźnie wyznaczone na mapach, a regiony oznaczone liczbami lub literami.

Region nasienny to strefa lub obszar występowania populacji charakteryzującej się specyficzną (różną w stosunku do populacji zlokalizowanych w sąsiedztwie) strukturą genetyczną, ukształtowaną w wyniku oddziaływania specyficznych dla danego regionu warunków zewnętrznych (selekcji naturalnej). Obszar występowania określonej populacji wyznacza się w oparciu o naturalne granice geograficzne, zbliżone warunki klimatyczne i warunki wzrostu.

Zmienność populacyjna podstawowych gatunków drzew leśnych i regiony mateczne

Występujące w Polsce proweniencje podstawowych gatunków drzew leśnych charakteryzują się dużym zróżnicowaniem wewnątrzpopulacyjnym i międzypopulacyjnym. Zróżnicowanie to powstało w wyniku wielowiekowego dostosowywania się drzew do wzrostu w określonych warunkach. W przypadku wielu gatunków europejskich Polska stanowi centrum ich zasięgu naturalnego. W wyniku oddziaływania specyficznego klimatu przejściowego, kontynentalnego i morskiego występujące w Polsce populacje naturalne charakteryzują się bardzo dobrymi cechami hodowlanymi oraz stosunkowo dużą plastycznością. Jednak również w warunkach Polski uzyskanie określonych efektów hodowlanych (wysokiej produkcji ilościowej i jakościowej) uwarunkowane jest zwykle wykorzystaniem tych populacji w ściśle określonych warunkach (na określonych obszarach) najczęściej pokrywających się z naturalnym zasięgiem ich występowania. Aby nie ograniczać możliwości produkcyjnych poprzez przenoszenie populacji do odmiennych warunków wzrostu, dokonano podziału Polski na obszary – regiony nasienne – charakteryzujące się na tyle wyrównanymi warunkami, że przenoszenie nasion w ramach tych regionów nie powinno ograniczać produktywności występujących w nich populacji.

Wyróżnienie regionów matecznych, w których znajdują się szczególnie cenne populacje miało na celu stworzenie optymalnych warunków wykorzystania tej cennej bazy nasiennej oraz zahamowanie dopływu nasion z zewnątrz, z baz o znacznie gorszej jakości. W literaturze omawiającej zróżnicowanie występujące w ramach zasięgu określonych gatunków operuje się zwykle podziałami znacznie szerszymi, związanymi z wyraźnym zróżnicowaniem klimatycznym. Wyróżnia się więc określone klimatotypy lub rasy danego gatunku w ramach jego zasięgu. Jak do tej pory, brak jest bardziej szczegółowych opracowań wyróżniających w ramach zasięgu określone populacje wraz z ich dokładną charakterystyką dotyczącą wymagań ekologicznych i specyficznych cech jakościowych i przyrostowych.

W Polsce, m.in. dla celów regionalizacji nasiennej, przy wyróżnianiu regionów matecznych posługiwano się dodatkowo pojęciem „pochodzenie” odnoszącym się do pewnego wartego obszaru występowania określonego gatunku, zwykle związanego z występowaniem na tym obszarze w poprzednich epokach puszczy, charakteryzującego się korzystnymi cechami jakościowymi i przyrostowymi.

Sosna pospolita

Sosna jest jednym z gatunków o największym zasięgu naturalnym. Informacje na temat zróżnicowania morfologicznego i fizjologicznego pozwoliły na wyróżnienie licznych ras sosny traktowanych przez niektórych autorów jako podgatunki lub odmiany. Svoboda [1953] w ramach jej zasięgu naturalnego wyróżnia dwadzieścia dziewięć klimatotypów (12 północnych i 17 górskich). Sosna występująca w Polsce należy według klasyfikacji Svobody do ras: ryskiej (północno-wschodnia Polska) i borussica (pozostała część Polski). Niektórzy autorzy [Svoboda 1953] wyróżniają również rasę polonica lub zaliczają sosnę z Niskich Tatr, Wielkiej Fatry, Pienin i Kotliny Nowotarskiej do rasy karpackiej.

Inni autorzy [Wright i Bull 1963] na podstawie badań siewek wyróżnili czternaście (A–N) ras dla części zasięgu europejskiego i Skandynawii. Według tego podziału sosna w naszym kraju należy częściowo do grupy F (północno-wschodnia Polska) i grupy G. Sosna z grupy F określana jest jako rasa bardzo dobrze przyrastająca, o drobnych gałęziach, wyjątkowo długich igłach i o wyjątkowej zdolności przystosowawczej. Sosna z grupy G cechuje się intensywnym przyrostem i stosunkowo licznymi oraz grubymi gałęziami. Uzupełnieniem omawianego podziału jest wyróżnienie ras sosny przez Patlaja [1965], dotyczące głównie zasięgu w b. ZSRR, pokrywającego się częściowo z podziałem Wrighta i Bulla [1963].

Przedstawione powyżej informacje dotyczą prób określenia zmienności występującej w ramach całego zasięgu naturalnego sosny. Brak jest natomiast całościowych opracowań charakteryzujących populacje występujące w Polsce. Wynika to w pewnej mierze z niewystarczającej ilości badań proveniencyjnych [Giertych 1976] oraz z faktu, że w przypadku sosny mamy do czynienia z tzw. zmiennością ciągłą. Trudno jest więc na tak niewielkim obszarze, na którym występują również formy przejściowe, wyznaczyć obszary występowania określonych populacji, jednak jest to konieczne, chociażby dla potrzeb regionalizacji nasiennictwa.

W celu uregulowania korzystania z bazy nasiennej wydzielono dwadzieścia pięć matecznych regionów nasiennych sosny w ramach zasięgu tego gatunku w Polsce. W regionach tych znalazły się populacje, które – jak wynika z dotychczasowych badań proveniencyjnych – charakteryzują się bardzo dobrym przyrostem, plastycznością i jakością; są to

populacje: taborska – 106, napiwodzka – 205, piska – 206, augustowska – 204, suprańska – 207, tucholska – 305, bolewicka – 308, rychtalska – 501, spalska – 601, kozienicka – 602, parczewska – 404 oraz populacje o wartości hodowlanej powyżej średniej występujące na obszarach, gdzie jakość sosny jest bardzo słaba, np. sosna łochowska – 403, goleniowska – 101, bytowska – 105.

Świerk pospolity

W ramach naturalnego zasięgu świerka wyróżniono trzynaście regionów genetycznych [Jalas i Suominen 1973]. Świerk występujący w Polsce zaliczany jest do trzech regionów. Pochodzenia należące do regionu Karpat Wschodnich i Południowych (w Polsce Bieszczady) charakteryzują się stosunkowo szybkim przyrostem, późnym pędzeniem i znaczną odpornością na późne przymrozki, natomiast są podatne na wczesne przymrozki i choroby powodowane przez grzyby. Pochodzenia zaliczane do regionu Karpat Zachodnich cechuje wyjątkowo szybki przyrost, pośredni termin pędzenia, wytwarzanie pędów świętojańskich i stosunkowo późny koniec wegetacji. Są więc średnio podatne na wczesne i późne przymrozki. Ponadto świerk tych pochodzeń jest odporny na susze i choroby powodowane przez grzyby (szczególnie świerk z Beskidu Wysokiego) oraz średnio odporny na śniegolomy. Świerk z regionu północno-wschodniego charakteryzuje się przyrostem powyżej średniego, bardzo późnym pędzeniem i wczesnym kończeniem wegetacji. Jest więc bardzo odporny na późne przymrozki, ale podatny na mokry śnieg i choroby powodowane przez grzyby [Giertych 1977].

Giertych [1977] na podstawie badań genetycznych dzieli omówione regiony na mniejsze jednostki (strefy). Łącznie wyróżnia jedenaście obszarów występowania świerka różniącego się wyraźnie zarówno pod względem przyrostu, okresu pędzenia, rozpoczęcia i zakończenia wzrostu, jak i odporności na przymrozki oraz choroby grzybowe. Różnice obserwowane przez Giertycha potwierdzają również wyniki badań prowadzonych przez pracowników Zakładu Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych IBL [Matras i Kocięcki 1990].

W ramach regionalizacji nasiennej wyróżniono trzynaście regionów matecznych świerka. Regiony te nie w pełni pokrywają się z proponowanym przez Giertycha [1977] podziałem na strefy występowania tego gatunku w Polsce. Mateczne regiony nasienne powinny bowiem zapewniać odpowiednią ilość nasion zarówno na ich własne potrzeby, jak i na potrzeby terenów przyległych. Trudno jest więc tworzyć regiony nasienne na obszarze rozrzedzonego występowania tego gatunku. Najwięcej regionów matecznych (6) wydzielono na terenie Karpat Zachodnich i Sudetów – cztery świerka beskidzkiego (801, 802, 805, 808) i dwa świerka sudeckiego (701, 702), a najmniej (tylko jeden) na terenie Karpat Wschodnich i Południowych (807). W północno-wschodniej części Polski wydzielono pięć regionów matecznych świerka: 202, 203, 204, 208 i 605.

Jodła

Jodła pospolita jest gatunkiem środkowoeuropejskim. Zasięg jej jest „porozrywany” na mniejsze lub większe wyspy, które pokrywają się w znacznym stopniu z rozmieszczeniem pasm i masywów górskich. W Polsce jodła osiąga północną granicę zasięgu, która przebiega

wzdłuż północnego krańca Niziny Śląskiej, północną krawędzią Pasa Wyżyn Środkowych i przecina Nizinę Mazowiecko-Podlaską. Jednak jej występowanie gromadne (lite drzewostany) związane jest z górami (Sudety, Karpaty) i wyżynami w regionie świętokrzyskim i na Roztoczu. W Polsce w górach jodła pospolita występuje najczęściej w dolnych partiach regla dolnego, gdzie na wysokościach od 500–600 do 850–950 m n.p.m. tworzy lite jedliny lub drzewostany jodłowo-bukowe i świerkowo-jodłowe. W wyższych partiach gór jodła stanowi tylko domieszka, a pojedyncze osobniki spotyka się nawet na wysokości 1300 m n.p.m. [Boratyński 1983]. Zmienność wewnątrzgatunkowa jodły pospolitej jest dotychczas poznana w niewystarczającym stopniu. Dotychczasowe badania w tym zakresie były prowadzone w ramach całego zasięgu gatunku z udziałem pojedynczych populacji z Polski i dotyczyły raczej takich cech, jak odporność na niską temperaturę, mszyce i suszę, reakcja na fotoperiodyzm, termin pędzenia. Nieliczne badania przyrostu prowadzone dotychczas dają obraz zmienności jodły w skali europejskiej, natomiast niewiele jest danych o zmienności tego gatunku w Polsce. Dopiero w ostatnim okresie założono kilkanaście powierzchni proveniencyjnych, które mogą w przyszłości umożliwić poznanie zmienności cech jodły w ramach jej zasięgu w Polsce. Dlatego regiony mateczne wyróżniono na obszarach, gdzie znajdują się duże powierzchnie wyłączonych drzewostanów nasiennych.

Łącznie wyróżniono siedem matecznych regionów nasiennych jodły, w tym trzy regiony jodły bieszczadzkiej – 804, 806 i 809 (308 ha wyłączonych drzewostanów nasiennych), jeden region jodły sądeckiej – 803 (282 ha), dwa regiony jodły roztoczańskiej – 605, 606 (142 ha) i jeden region jodły świętokrzyskiej – 604 (222 ha).

Modrzew

Występowanie modrzewia w Polsce ma charakter wyspowy. Większe obszary zajmuje tylko w regionach górskich: w Górach Świętokrzyskich, Sudetach i Karpatach. Ta forma występowania doprowadziła do wyróżnienia podgatunków w ramach gatunku *Larix decidua* (Mill.). Podgatunek typowy – modrzew europejski (*Larix decidua* subsp. *decidua*) występuje tylko w Alpach i Tatrach, głównie przy górnej granicy lasu, a odmiana sudecka (var. *sudetica*) występuje również w Sudetach Wschodnich – ale wyłącznie w reglu dolnym. Modrzew polski *L. decidua* subsp. *polonica* ma centralny zasięg w Górach Świętokrzyskich, chociaż spotykany jest również niemal w całych Karpatach, gdzie rośnie w rejonie pogórza i w reglu dolnym [Boratyński 1986].

W przypadku modrzewia trudno jest obecnie mówić o populacjach naturalnych. Już w XVIII i XIX w. zaczęto uprawiać ten gatunek jako pierwszy na skalę gospodarczą. Istnieją dowody, że w XIX w. wysyłano nasiona modrzewia z Gór Świętokrzyskich w kierunku północnym aż poza obecne granice Polski. Często więc w ramach badań proveniencyjnych, o ile wykorzystywany jest szerszy zestaw populacji spoza centralnego zasięgu danego podgatunku, bardzo trudno jest określić jego przynależność.

Dla celów regionalizacji nasiennej wyróżniono na dwóch podstawowych obszarach zasięgu modrzewia w Polsce cztery regiony mateczne: trzy regiony modrzewia odmiany sudeckiej (701, 702, 503) i jeden modrzewia odmiany polskiej (604). W regionach tych zgrupowana jest znaczna liczba wyłączonych drzewostanów nasiennych oraz większość populacji, które – jak wynika z doświadczeń proveniencyjnych – charakteryzują się szybkim wzrostem i korzystnymi cechami jakościowymi [Kocięcki 1990].

Dąb

Z występujących w Polsce gatunków z rodzaju dąb, dwa należą do grupy podstawowych gatunków lasotwórczych. Są to: dąb szypułkowy występujący na całym niżu oraz dąb bezszypułkowy mający w Polsce północno-wschodnią granicę naturalnego zasięgu. Jak do tej pory, w zasadzie brak jest informacji na temat genetycznej zmienności cech przyrostowych populacji tych gatunków występujących na terenie Polski. Określenie zmienności tych cech utrudnia m.in. możliwość powstawania naturalnych krzyżówek dębów szypułkowego i bezszypułkowego oraz to, że gatunki te często występowały obok siebie w naturalnych zespołach i nie były w praktyce rozróżniane. W związku z tym przy wyznaczaniu matecznych regionów nasiennych oparto się głównie na fenotypowych cechach drzewostanów i regiony nasienne wyznaczano na obszarach o znacznym udziale drzewostanów obu gatunków dębu charakteryzujących się jednocześnie dobrymi cechami przyrostowymi i jakościowymi.

Wyróżniono dziewięć regionów nasiennych dębu szypułkowego, wśród których znajdują się tak cenne i uznane populacje, jak: 308 – krotoszyńska (252 ha wyłączonych drzewostanów nasiennych), 502 – dolnośląska (164 ha), 104 – gorzowska (384 ha), 301 – drawska (185 ha) i 304 – krajeńska (117 ha) oraz jeden niewielki region mateczny dębu bezszypułkowego – 501 w Nadleśnictwie Syców RDLP w Poznaniu [Kocięcki 1990].

Buk

Buk osiąga w Polsce północno-wschodnią granicę zasięgu. Granica ta przebiega wzdłuż linii Węgorzewo – Mrągowo – Olsztyn – Rypin – Toruń – Nakło – Wągrowiec – Szamotuły – Kościan – Kalisz – Łódź – Skierniewice – Przysucha – Lublin – Krasnystaw – Tomaszów Lubelski. W granicach zasięgu tego gatunku zaznaczają się dwa duże ośrodki jego występowania: pomorski i górsko-wyżynny, oddzielone od siebie obszarem całkowicie pozbawionym stanowisk naturalnych lub też jedynie ze stanowiskami pojedynczymi. W południowej części tego zasięgu buk występuje głównie na wyżynach i w reglu dolnym w górach, ale dochodzi również wyżej – do ok. 1000–1100 m n.p.m. [Boratyńska i Boratyński 1990].

Różnice genetyczne występujące między populacjami buka są, jak do tej pory, stosunkowo mało poznane. Doświadczeń proveniencyjnych złożono dotychczas niewiele i w zasadzie nie obejmują one populacji polskich. Z doświadczeń w innych krajach, głównie w Niemczech i Francji, wynika, że gatunek ten charakteryzuje się dużą zmiennością i to zarówno cech przyrostowych, jak i mających w przypadku buka podstawowe znaczenie – cech jakościowych. W wyniku wielu badań stwierdzano jednak występowanie silnej interakcji genotypu ze środowiskiem, dowodząc, że cechy wzrostowe i często również jakościowe zależą w znacznym stopniu od warunków wzrostu. Wyniki badań proveniencyjnych wykazują, że w przypadku buka trudno jest mówić o występowaniu zmienności klinalnej, natomiast podstawowe znaczenie ma zmienność ekotypowa. Jak stwierdza Giertych [1990], przenoszenie buka na duże odległości nie może rokować dobrych efektów gospodarczych. Przy wydzieleniu matecznych regionów nasiennych oparto się na lokalnych dużych bazach w ramach naturalnego zasięgu buka w Polsce.

Na nizinnym obszarze pomorskim wyznaczono dwa mateczne regiony nasienne omawianego gatunku: 101 – gryfiński (252 ha wyłączonych drzewostanów nasiennych) i 301 – drawski (103 ha), na obszarze wyżynnym także dwa: 604 – kielecki (149 ha wyłączonych drzewostanów nasiennych) i 605 – roztoczański (118 ha), w górach łącznie sześć:

trzy w Bieszczadach – 804, 806 i 809 (189 ha wyłączonych drzewostanów nasiennych), jeden beskidzki – 801 i dwa w Sudetach – 701 i 702. Trzy ostatnio wymienione regiony maticzne buka mają znacznie mniejszą powierzchnię wyłączonych drzewostanów nasiennych niż pozostałe regiony. Drzewostany te powinny jednak być wykorzystane w jak największym stopniu jako miejscowa baza nasienna dla odmiennych od wschodnio-karpackich warunków wzrostu w Beskidach i Sudetach.

Ogólne i szczegółowe zasady przenoszenia nasion

W Polsce obowiązują ogólne wytyczne przenoszenia nasion i sadzonek, a także zasady szczegółowe opracowane dla sosny pospolitej, świerka pospolitego, jodły pospolitej, modrzewia europejskiego i polskiego, dębu szypułkowego i bezszypułkowego, buka zwyczajnego, brzozy brodawkowatej i olszy czarnej. Zasady te mają na celu przeciwdziałanie dowolnemu przemieszczaniu materiału rozmnożeniowego do innych warunków fizycznogeograficznych i przyrodniczych niż te, w których został wytworzony.

Zgodnie z ogólnymi wytycznymi nasiona i wyhodowane z nich sadzonki mogą być rozprowadzane bez ograniczeń tylko w obrębie tego samego mikroregionu nasiennego, pod warunkiem zachowania stref wysokościowych na terenach górskich. W przypadku braku nasion lub niewystarczającej bazy nasiennej godnych propagowania pochodzeń z własnego mikroregionu, nadleśnictwa powinny sprowadzać nasiona z innych mikroregionów wchodzących w skład tego samego makroregionu, chyba że zasady szczegółowe wskazują inne rozwiązania. Nasiona i sadzonki gatunków nieobjętych zasadami szczegółowymi w uzasadnionych przypadkach mogą być sprowadzane z innych makroregionów pod warunkiem stosowania następujących zasad ogólnych. W pierwszej kolejności należy unikać przekraczania granic obszarów i prowincji fizycznogeograficznych, a jeśli to będzie konieczne (brak bazy nasiennej któregoś gatunku), należy przyjąć zasadę przenoszenia nasion i wyhodowanych z nich sadzonek z obszarów fizycznogeograficznych o „surowszych” warunkach klimatycznych (Niż Wschodnioeuropejski – 841/2, 842/2, 843/2, 843/4, 845/4, 851/4 i Podobszar Karpacki – 512/5, 512/6, 513/8, 514/8, 522/8) na obszary o warunkach „łagodniejszych” na pozostałym obszarze kraju.

Punktem wyjścia do określenia szczegółowych zasad przenoszenia nasion w warunkach nizinnych są cele ustalone w regionalizacji nasiennej. Regionalizację leśną dla nasion i sadzonek wprowadzono w celu:

- 1) wyróżnienia obszarów występowania poszczególnych populacji drzew,
- 2) zachowania odrębności wykorzystania rodzimych, najcenniejszych populacji drzew,
- 3) zwiększenia wykorzystania bazy nasiennej najcenniejszych populacji drzew,
- 4) stworzenia systemu trwałego ewidencjonowania oraz kontroli pochodzenia materiału rozmnożeniowego.

Z zaprezentowanych powyżej zasadniczych celów regionalizacji nasiennej wynikają następujące przesłanki i ograniczenia dotyczące przenoszenia nasion i sadzonek:

Zgodnie z punktem 1:

- region nasienny traktowany jest jako jednostka regionalizacji, dlatego wykorzystanie nasion w ramach regionu nie podlega ograniczeniom, z wyjątkiem ograniczeń wynikających z zawartych w *Programie...* [Matras i in. 1993] zasad tworzenia bazy nasiennej w LP,
- przenoszenie nasion poza mikroregiony nasienne może być prowadzone jedynie zgodnie z przyjętymi zasadami;

Zgodnie z punktem 2:

- region maticzny danego gatunku jest obszarem szczególnym z punktu widzenia zachowania zasobów genowych i hodowli selekcyjnej, dlatego nie dopuszcza się w zasadzie w ogóle wprowadzania z zewnątrz nasion gatunku, dla którego utworzono region nasienny,
- jeśli dla określonego regionu zwykłego dopuszczono jako bazę uzupełniającą lub zastępczą więcej niż jeden region maticzny, uprawy z poszczególnych regionów winny być lokowane w różnych częściach tego regionu (należy wyznaczyć stałe obszary wykorzystania tych populacji, np. nadleśnictwa, obręby itd.);

Zgodnie z punktem 3:

- zasadą jest, aby populacje wyróżnione w formie regionów maticznych były wykorzystywane poza obszarem ich aktualnego występowania,
- w celu maksymalnego wykorzystania bazy nasiennej istniejącej w regionach maticznych zaproponowano wykorzystanie jej w regionach zwykłych, szczególnie na obszarach sztucznych nasadzeń nieznanego pochodzenia, oraz na obszarach, gdzie populacje lokalne mają szczególnie małą wartość hodowlaną,
- obszar rozprzestrzeniania poszczególnych populacji maticznych zależy od:
 - wartości hodowlanej populacji,
 - plastyczności,
 - możliwości produkcyjnych danej bazy nasiennej;

Zgodnie z punktem 4:

- w myśl Zarządzenia nr 8 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 25 stycznia 1993 r. (znak (DG-11-713s-3/93) w sprawie realizacji *Programu zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew leśnych w Polsce na lata 1991–2010* nasiona do odnowień i zalesień mogą być pozyskiwane wyłącznie w uznanej i zarejestrowanej bazie nasiennej,
- do przenoszenia mogą być wykorzystywane wyłącznie te nasiona z bazy nasiennej, co do których istnieją informacje o pochodzeniu i warunkach wzrostu drzewostanów rodzicielskich. Dopiero na podstawie tych informacji podejmuje się decyzje o szczegółowej lokalizacji upraw zakładanych z przenoszonych nasion,
- dane o pochodzeniu nasion i rozwoju upraw w innych warunkach będą w przyszłości bardzo przydatne do oceny możliwości dalszego przenoszenia nasion danej populacji i pośrednio dostarczą informacji o jej plastyczności.

Zasady szczegółowe obowiązujące bezwzględnie w odniesieniu do ośmiu podstawowych gatunków lasotwórczych podane są w formie tabelarycznej. Zasady te są nadrzędne w stosunku do wytycznych ogólnych i podlegają okresowej weryfikacji w miarę gromadzenia informacji z badań proveniencyjnych. Zatwierdza je za każdym razem Dyrektor Generalny Lasów Państwowych. Bazy nasienne poleca się wybierać w tych makroregionach, w których występuje kilka mikroregionów maticznych tego samego gatunku. W przypadku niewystarczającej bazy nasiennej na terenie własnego regionu, zasady szczegółowe dopuszczają również możliwość korzystania z bazy nasiennej wyznaczonej na terenie innych makroregionów.

Na terenach górskich obowiązują dodatkowe, szczegółowe zasady gospodarowania nasionami związane z potrzebą zachowania stref wysokościowych.

Literatura

- Boratyńska K., Boratyński A.** 1990. Systematyka i geograficzne rozmieszczenie. [W:] Buk zwyczajny *Fagus sylvatica* L., red. S. Białobok. Nasze Drzewa Leśne, 10, Instytut Dendrologii PAN, PWN, Warszawa–Poznań, 27–73.
- Boratyński A.** 1983. Systematyka i geograficzne rozmieszczenie. [W:] Jodła pospolita *Abies alba* Mill., red. S. Białobok. Nasze Drzewa Leśne, 4, Instytut Dendrologii PAN, PWN, Warszawa–Poznań, 41–87.
- Boratyński A.** 1986. Systematyka i geograficzne rozmieszczenie. [W:] Modrzewie *Larix decidua* Miller i *L. decidua* subs. *polonica* (Racib. Domin), red. S. Białobok. Nasze Drzewa Leśne, 6, Instytut Dendrologii PAN, PWN, Warszawa–Poznań, 64–108.
- Giertych M.** 1976. Sosna zwyczajna. *Pinus sylvestris* L. Zagadnienia genetyczne. [W:] Sosna zwyczajna. *Pinus sylvestris* L., red. S. Białobok. Nasze Drzewa Leśne, 1, Instytut Dendrologii PAN, PWN, Warszawa–Poznań.
- Giertych M.** 1977. Świerk – *Picea abies* (L.) Karst. Genetyka [W:] Świerk pospolity *Picea abies* (L.) Karst. Nasze Drzewa Leśne, 5, Instytut Dendrologii PAN, PWN, Warszawa–Poznań, 287–331.
- Giertych M.** 1990. Genetyka [W:] Buk zwyczajny *Fagus sylvatica* L., red. S. Białobok. Nasze Drzewa Leśne, 10, Instytut Dendrologii PAN, PWN, Warszawa–Poznań, 193–236.
- Jalas J., Suominen J.** 1973. Atlas Florae Europaeae, 2. Gymnospermae.
- Kocięcki S.** 1990. Wykaz uznanych drzewostanów nasiennych. DGLP, IBL, Warszawa.
- Matras J. (kier. zesp.), Burzyński G., Czart J., Fonder W., Korczyk A., Puchniarski T., Tomczyk A., Załęski A.** 1993. Program zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew leśnych w Polsce na lata 1991–2010. DGLP, IBL, Warszawa.
- Matras J., Kocięcki S.** 1990. Badania porównawcze nad morfologią i przyrostowością świerka różnych pochodzeń. Sprawozdanie naukowe. IBL, Warszawa (maszynopis).
- Patlaj I.N.** 1965. Vlijanie geografičeskogo proischoždenija semjan na rost i ustojčivost' sosny v kul'turach severnoj levoberežnoj časti USRR. Ukrainskaja Selskochozjajstvennaja Akademija, Kiev (avtoreferat).
- Svoboda P.** 1953. Lesni dreviny a jejich porosty. 1 Statni. Zem. Nakl., Praha.
- Wright J.W., Bull W.I.** 1963. Geographic variation in Scotch pine. *Silvae Genetica*, 12(1), 121–40.

Część VIII

Zasady pielęgnacji. Zabiegi uprawowe

Pozytywne oddziaływanie człowieka na strukturę genetyczną populacji drzew leśnych*

Maciej Giertych**

Cięcia pielęgnacyjne

Cięcia pielęgnacyjne polegają nie tylko na usuwaniu z populacji drzew o cechach dla człowieka nieprzydatnych, a więc drzew naturalnie wydzielających się, ale również rozpie-raczy, drzew krzywych, źle oczyszczonych, gałęzistych, o skręcie włókien itd. Większość tych cech nie jest przez naturę selekcionowana, gdyż są one obojętne z punktu widzenia przeżywalności osobnika. Człowiek, dążąc do pewnego idealnego typu drzewa, redukuje w populacji osobniki, które są przeciwieństwem tego ideału.

W populacji pozostawionej bez trzebieży następuje wydzielanie się osobników lepiej niż inne przystosowanych do lokalnych warunków siedliskowych dzięki selekcji naturalnej. Trzebież zastępuje proces naturalnego wydzielania się drzew selekcją sztuczną. W pewnym stopniu zabieg ten odtwarza selekcję naturalną, ponieważ w ramach trzebieży usuwa się drzewa chore, zagłuszone i z innych względów nieprzystosowane do warunków lokalnych. Akcent tej selekcji skierowany jest jednak również na jakość poszczególnych drzew. Ma to swoje dobre i złe strony, zwiększa bowiem dziedziczną wartość populacji pod względem ilości i jakości przyrastającej masy drzewnej, ale redukuje intensywność selekcji pod względem odporności na ewentualne szkody klimatyczne czy też choroby i gradacje owa-dów. Praktyka wykazała, że w tym przypadku trzebież jest zabiegiem bardziej pozytywnym niż negatywnym, czyli że ryzyko obniżenia przystosowania populacji do siedliska jest z nadmiarem kompensowane przez wzrost ekonomicznej wartości drzewostanu.

Porównanie populacji sosny pochodzącej z nasion zebranych z drzew w różnym wieku wykazało, że chociaż w pierwszym okresie życia (do 16 lat) potomstwo młodych drzew rosło lepiej (większe nasiona, lepszy start), to jednak w wieku 60 lat potomstwo starych drzew miało większą masę [Wilusz i Giertych 1974]. Starych drzew macierzystych zwykle na jednostce powierzchni jest mniej, przeszły one dłuższą selekcję naturalną i kilkakrotną selekcję sztuczną (w trzebieżach) i prawdopodobnie dlatego ich potomstwo cechuje się dobrym przyrostem. Trzebież selekcyjna niewątpliwie poprawia genetyczny skład populacji pod względem przyrostowości i innych interesujących nas cech, czego nie można powie-dzieć o trzebieży systematycznej (nie wartościującej drzew) stosowanej na nowych planta-cjach w tropikach czy o znanych u nas schematycznych cięciach liniowych ani tym bardziej

* W opracowaniu wykorzystano (i częściowo zmodyfikowano) fragmenty publikacji: M. Giertych, *Doskonalenie składu genetycznego populacji drzew leśnych*. Wydawnictwo SGGW-AR, Warszawa 1989, wyd. II.

** Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk w Kórniku

o cięciach mających na celu jedynie pozyskanie wymaganego sortymentu (np. kopalniaka). Trzebież polegająca na eliminacji wadliwych drzew z populacji poprawia skład genetyczny pozostawionego drzewostanu. Eliminowanie drzew nieprzystosowanych zwiększa nie tylko przystosowanie pozostałej populacji, ale również jej potencjał przyrostowy.

Selekcja populacyjna

Leśnictwo współczesne coraz bardziej opiera się na wybranych populacjach drzew odnawianych sadzeniem. Wybór dotyczy gatunku, rasy i drzewostanu macierzystego.

Gatunek rodzimy nie zawsze jest najbardziej produktywny w warunkach lokalnych. Na półkuli południowej leśnictwo odchodzi np. od rodzimych gatunków sosny, zastępując je północno-amerykańską *Pinus radiata*. W Polsce na ogół jesteśmy zadowoleni z rodzimych gatunków, ale wprowadza się daglezję, wejmutkę, dąb czerwony i inne gatunki. Na specjalnych siedliskach egzoty te mogą dać większą produkcję. Na gruntach porolnych szczególnie cennym gatunkiem może być daglezja, odporna na korzeniowca wieloletniego (*Heterobasidion annosus*). Nie jest wykluczone, że w przyszłości, wraz ze wzrostem udomowiania drzew, masowo będą uprawiane także inne egzoty. Na plantacjach topolowych amerykańskie odmiany stosuje się często, a przy tak zmodyfikowanych uprawach walory rodzimości praktycznie nie odgrywają żadnej roli. Rolnictwo dawno odeszło od rodzimych gatunków.

Rasy naszych rodzimych drzew bywają różne, zasługują więc na selekcję. Rasy drzew ocenia się w doświadczeniach proveniencyjnych polegających na porównywaniu wielu ras równocześnie na uprawie założonej sadzeniem w wyrównanych warunkach doświadczenia polowego z powtórzeniami.

Doświadczenia proveniencyjne organizuje się zwykle na skalę międzynarodową. Wyniki dotyczące sosny zwyczajnej, świerka i modrzewia dają dobry obraz genetycznej zmienności tych gatunków [Białobok 1965, Giertych 1965a, b, c, 1970, 1976, Przybylski 1965]. Okazuje się, że w przypadku tych trzech gatunków optymalne rasy znaleźć można i w Polsce. Francuzi, Niemcy i Skandynawowie wiedzą co czynią, sprowadzając od nas nasiona. Sosna ma optimum w Polsce zachodniej i północnej, na Białorusi, Litwie i Łotwie. Najlepszy świerk rośnie w Beskidzie Wysokim, Karpatach Wschodnich i w Rumunii, a najlepszy modrzew – w Sudetach i Górach Świętokrzyskich. Polskie rasy są plastyczne (duża zdolność adaptacyjna), nadają się więc do przenoszenia w inne regiony.

Badania proveniencyjne krajowe, mające na celu bliższe sprecyzowanie lokalizacji najlepszych ras dla potrzeb naszego leśnictwa, są w toku (IBL, akademie rolnicze, Instytut Dendrologii). Wyniki badań wskazują na wyraźne zróżnicowanie wartości ras. Na przykład świerk z Nadleśnictwa Wisła jest bezkonkurencyjny – przewyższa przyrostowością i zdrowotnością wszystkie pozostałe i to niezależnie od miejsca wysadzenia, co stwierdzono już w latach siedemdziesiątych XX w. [Giertych 1976]. Jest to rasa lokalna, prawdopodobnie pochodząca z jakiegoś refugium śródgórskiego z czasów ostatniego zlodowacenia, wykazująca wyjątkowy potencjał wzrostowy i zdolność adaptacyjną. Podobne walory ma świerk z Puszczy Świętokrzyskiej. Sosna z Puszczy Piskiej to też wyjątkowo dobra rasa lokalna. Oczywiście są w Polsce i rasy złe (np. świerk tatrzański, sudecki, a nawet sławny białowiecki, który w porównaniu z innymi polskimi populacjami rośnie słabo), nie nadające się do przenoszenia, nie zasługujące na to, by je rozmnażać. Sadząc las, powinniśmy wiedzieć,

jaką rasę wprowadzamy, jaką ma ona wartość, musimy mieć pewność, że inwestujemy wysiłek odnowieniowy w najlepszy dostępny materiał. Najszybszych i największych efektów gospodarczych z prac genetycznych spodziewać się można z doboru właściwych ras, co niejednokrotnie zostało już udokumentowane, gdyż właśnie w ten sposób najłatwiej można zwiększyć przyrost masy.

Drzewostany w ramach każdego regionu czy każdej rasy również są zróżnicowane pod względem genetycznym. Każda świerczyna rodzima z regionu Istebnej jest dobra, ale nie każda jest jednakowo dobra. Są drzewostany szczególnie udane. Może zdecydowało o tym siedlisko, a może jest to wpływ cech dziedzicznych. I dla nasiennictwa, i dla ochrony najcenniejszych ras szczególne znaczenie mają takie właśnie wybrane najlepsze drzewostany. Objęcie ochroną prawną drzewostanów nasiennych stworzyło możliwości zabezpieczenia przed wyrębem tego, co z genetycznego punktu widzenia jest w naszych lasach najlepsze. Pozyskanie nasion ze starych drzewostanów jest niewielkie, szczególnie ze względu na trudności ze zbiorem z drzew stojących, ale maksymalne wykorzystanie tego materiału w szkółkarstwie zasługuje na pełne poparcie, gdyż zapewni najskuteczniej dobrą jakość lasów przyszłości.

Pierwszym etapem selekcji populacyjnej jest dobór gatunku, niekoniecznie rodzimego, dla danego terenu. W ramach gatunku istnieją rasy, które mają różną wartość. Dobór ras szybko rosnących, o dużej zdolności adaptacyjnej, zapewnia dobrą jakość odnowień i przyszłych drzewostanów. Jak wykazały krajowe i międzynarodowe doświadczenia proveniencyjne, Polska jest bogata w takie rasy. Należy również stwierdzić, że w ramach ras nie każdy drzewostan jest jednakowo dobry. Wybrane drzewostany nasienne to cenna pula genów.

Selekcja indywidualna

Drzewa doborowe

W leśnictwie selekcja indywidualna polega na wyszukiwaniu drzew doborowych. Są to drzewa w wieku rębnym lub bliskorębnym, charakteryzujące się pewnymi cechami fenotypowymi o szczególnym znaczeniu gospodarczym. Selekcję wykonuje się pod kątem widzenia jednej lub kilku cech. Najczęściej bierze się pod uwagę następujące cechy:

- wyjątkowo dużą wysokość drzewa,
- wyjątkowo duży przyrost pierśnicy,
- prostotę strzały (bez szablatości, skrzywień i skrętu włókien),
- dobrze oczyszczony pień,
- kąt osadzenia gałęzi zbliżony do prostego,
- wąską, równomierną koronę,
- odporność na owady i choroby (zależnie od stopnia ważności w danym regionie),
- odporność na czynniki fizyczne środowiska (mrozy, susze, śniegołomy, wiatrołomy, zanieczyszczenia atmosfery).

Przed podjęciem decyzji dotyczącej doboru cech trzeba wyraźnie sprecyzować cel hodowli. Oto kilka przykładów.

1. Dla przemysłu meblarskiego i galanterii drzewnej szczególną wartość przedstawia drewno z rysunkiem stanowiącym element dekoracyjny. Brzoza karelska występująca w kilku miejscach w Polsce ma bardzo ciekawy rysunek, chociaż pod względem innych

cech przedstawia się niekorzystnie. Znalezione kilka takich drzew i stwierdzono na podstawie potomstwa, że cecha rysunku na drewnie silnie się dziedziczy, jest ona jednak sprzężona ze słabym wzrostem. Obecnie wśród liczego potomstwa z tą cechą wybiera się drzewa silniej rosnące i krzyżuje się je ze sobą, by osiągnąć równocześnie rysunek drewna i szybki przyrost [Jakuszczyński 1973].

2. Na gruntach porolnych głównym problemem jest korzeniowiec wieloletni (*H. annosus*). W drzewostanach mocno porażonych tym grzybem znaleziono na środku halizn spowodowanych ogniskiem drzewa nieporażone, a więc przypuszczalnie odporne, bo musiały się z nim zetknąć. Bez względu na inne cechy tych drzew pobrano z nich nasiona (z wolnego zapylenia) oraz zrazy do szczepienia, by testując potomstwo generatywne, ustalić za pomocą sztucznych zakażeń, które z drzew matecznych i w jakim stopniu przekazują addytywnie odporność potomstwu. Wybrane osobniki, a właściwie rozmnożone z nich wegetatywnie szczepy, krzyżowano ze sobą w celu wyhodowania populacji o wrodzonej odporności na korzeniowca wieloletniego z przeznaczeniem dla gruntów porolnych [Siwecki i Białobok 1969].

3. W górach najważniejsza może być cecha odporności na wiatr i śnieg, na terenach zalewowych – odporność na zalewanie, w zmrozowiskach – odporność na przymrozki itd.

Celem podstawowym jest jednak wybór form szybko rosnących, o dobrych cechach jakościowych. W przypadku wielu zastosowań drewna, np. w przemyśle papierniczym, jakość strzały jest cechą mało ważną. Cechy jakościowe są silniej dziedziczone. W jednym pokoleniu hodowlanym można praktycznie wyeliminować genetyczną skłonność do krzywizny pnia. Drzewa proste mają większą wartość jako surowiec tartaczny, jest to więc cecha, na którą trzeba zwracać uwagę, ale raczej tylko w sensie negatywnym – nie akceptować drzew krzywych. Podobnie traktować należy inne defekty, wrażliwość na choroby itp. Podstawowym kryterium doboru jest zdolność do przyrastania. Odnośnie do cech wysokości i pierśnicy musimy zastosować najostrzejsze kryteria, aby zysk genetyczny był największy. Im więcej cech na raz zechcemy uwzględnić, tym mniejsza będzie intensywność selekcji w przypadku każdej z nich. Dlatego też tak ważne jest, by wyraźnie sprecyzować cele i ograniczyć liczbę cech uwzględnianych w selekcji.

Plantacje nasienne

Po dokonaniu wyboru drzew trzeba sprawdzić jego słuszność na potomstwie generatywnym oraz stworzyć warunki, w których drzewa te będą się krzyżować i produkować nasiona, czyli założyć plantację nasienną. Zakłada się następujące plantacje nasienne:

- plantacje ze szczepów lub z osobników rozmnożonych wegetatywnie w inny sposób,
- plantacje z siewek, nazywane także plantacyjnymi uprawami nasiennymi.

Plantacje ze szczepów. Plantacje te są podobne do plantacji sadowniczych. Na podkładkach tego samego gatunku (lub pokrewnego) szczepi się zrazy zebrane z drzew doborowych. Szczepy te wysadza się w luźnej więźbie, np. 4 × 4 m lub 6 × 6 m, w takim rozmieszczeniu, by potomstwo wegetatywne jednego drzewa, klon, było jak najbardziej rozrzucone po całej powierzchni, a poszczególne szczepy poroździelane szczepami innych klonów. Ważne jest zapewnienie takich warunków, aby kwiaty rozwijały się jak najobficiej (czemu sprzyja luźna więźba) i aby dochodziło do maksymalnego zapylenia krzyżowego (minimalne zapylenie pyłkiem z tego samego klonu). Szczegóły zakładania i prowadzenia plantacji nasiennej ze szczepów opisane są w opracowaniu Białoboka [1971].

Plantacje z siewek. Plantacje te winny obejmować drzewa wcześniej kwitnące. Oparte są na zbiorze nasion z wolnego zapylania z drzew doborowych i traktowaniu każdego potomstwa (rodu) podobnie jak klonu. Zamiast luźnej więzby winno się stosować więzbę jak najgęstszą, podobnie jak w gospodarczych uprawach danego gatunku, tworząc grupę np. czterech lub dziewięciu drzew, z których, nim plantacja wejdzie w okres obradzania, należy pozostawić zaledwie jedno najlepsze. Krzyżowanie wewnątrz grupy byłoby niekorzystne, bo potomstwo rodzeństwa byłoby zdegenerowane w wyniku chowu wsobnego. Stąd też proces selekcji wewnątrzrodowej musiałby się zakończyć przed wejściem plantacji w okres plonowania. Celem sadzenia grupy drzew zamiast jednego osobnika jest stworzenie możliwości selekcji w pierwszym pokoleniu potomstwa drzew doborowych. Zwiększy to znacznie zysk genetyczny interesujących nas cech.

Ponadto, dysponując potomstwem generatywnym drzew doborowych, można dokonać wyboru rodów i wyeliminować np. połowę rodów o cechach najmniej korzystnych. W ten sposób wykonuje się pierwszą weryfikację drzew doborowych na podstawie cech potomstwa i to zanim plantacja zacznie plonować.

W puli genów plantacji z siewek istnieje również wkład genów drzew przypadkowych, ojców tych nasion, które pierwotnie zebrano z drzew doborowych. Wzbogaca to pulę genetyczną plantacji, ale obniża zysk genetyczny cech uwzględnionych w wyborze drzew doborowych. Stąd też konieczna jest wczesna selekcja wewnątrz- i międzyrodowa, aby plantacja z siewek mogła dorównać jakością plantacji ze szczepów.

Sprawdzanie potomstwa

Zanim uznamy, że drzewo doborowe jest drzewem elitarnym, przydatnym do rozrodu, musimy ustalić:

- czy dobry fenotyp jest dobrym genotypem,
- czy cenne właściwości genetyczne osobników rodzicielskich są przekazywane potomstwu niezależnie od partnera (addytywnie),
- czy dominuje przekazywalność ogólna dobrych cech (niezależnie od partnera), czy też specyficzna (konkretny partner).

Pewnych informacji może dostarczyć potomstwo wegetatywne, u którego można już zaobserwować niektóre cechy decydujące o jego wartości genetyczno-hodowlanej, co pozwoli ustalić, czy w przypadku wybranego drzewa cechy te są wrodzone, czy nabyte. Sprawdzanie potomstwa wegetatywnego jest ostatecznym etapem oceny wybranego drzewa, gdy w praktyce mnoży się go wegetatywnie (np. topole).

Dalszych cennych informacji może dostarczyć potomstwo z wolnego zapylania. Stopień korelacji interesujących nas cech między matką a potomstwem jest miarą dziedziczenia się tych cech przez geny addytywne.

Największy na świecie maszt drewniany, stojący w londyńskim ogrodzie botanicznym (Kew Gardens), to drzewo daglezwowe żyjące w formie wegetatywnej. Potomstwo generatywne tego drzewa okazało się słabo rosnące, jest to więc dobry fenotyp, może i dobry genotyp, ale swych walorów nie przekazuje potomstwu. Jeżeli wzrost siewek potomstwa drzewa doborowego jest wyraźnie lepszy od wzrostu siewek przeciętnych, to drzewo to jest dobrym genotypem (drzewo elitarne) i zasługuje na zachowanie i wykorzystanie na plantacjach nasiennych.

Sprawdzanie potomstwa dotyczy nie tylko cech wzrostowych, ale także pozostałych, które zadecydowały o wyborze drzew rodzicielskich. Ze względu na długowieczność drzew trzeba długo czekać na wyniki przeprowadzonych testów. Można jedynie założyć, że istnieje korelacja między cechami potomstwa obserwowanymi w młodości a cechami obserwowanymi u drzew w wieku dojrzałym. Niektórzy autorzy wyrażają jednak pogląd, że zmienność cech wykazywana w wieku przedrębnym nie zawsze jest miarodajna, gdy ocenia się drzewa dojrzałe. Dotyczy to szczególnie cech wzrostowych w pierwszych latach życia. Istnieje istotna korelacja między wzrostem a wielkością (masą) nasion [Toda 1972, Wilkusz i Giertych 1974]. Mimo to na podstawie wyników testów potomstwa prowadzonych w fazie młodocianej można już określić, które drzewa mateczne nadają się do dalszej hodowli. Klony i rody nie odpowiadające wymaganiom należy z plantacji nasiennych i plantacyjnych usunąć.

Dysponując już informacjami o jakości drzew elitarnych i jakości drzewek z określonych kombinacji par rodzicielskich (ze znanym ojcem i matką), do plantacji nasiennych drugiego pokolenia należy wybierać tylko klony o dużej przekazywalności ogólnej. Informacje o przekazywalności specyficznej wykorzystuje się w ten sposób, że partnerów dających potomstwo o cechach korzystnych umieszcza się na plantacji nasiennej w sąsiedztwie, jeśli zaś cechy te są niekorzystne – jak najdalej od siebie. W tym celu szczególnie przydatne będą takie układy klonów na plantacji nasiennej, które dają stałe sąsiedztwo, czyli tzw. układy systematyczne [Giertych 1965a, b, 1971, 1975]. Praktykuje się też stosowanie plantacji dwuklonowych do produkcji szczególnie udanych rodów (duża przekazywalność specyficzna).

Sprawdzając potomstwo generatywne z wolnego lub kontrolowanego zapylenia, materiał wysadza się w warunkach doświadczenia kontrolowanego z powtórzeniami. Pożądana jest otulina w celu wyeliminowania efektu skraju lasu, najlepiej z takiego samego gatunku.

Zgodność płciowa

Plantacja nasienne pierwszego pokolenia to zbiór przypadkowych klonów kwitnących męsko lub żeńsko, w różnym czasie i krzyżujących się – lub nie – ze sobą. Oczywiście klony nie kwitnące lub słabo kwitnące są na plantacjach nasiennych bezużyteczne i winny być z plantacji usunięte lub rozmnażane wegetatywnie.

Obserwacje fenologiczne, które muszą być prowadzone regularnie, dostarczają informacji o czasie gotowości kwiatów żeńskich do zapylenia i czasie pylenia każdego klonu. Na jednej plantacji drugiego pokolenia umieszcza się tylko te klony, które kwitną równocześnie, są więc zdolne do naturalnego wzajemnego krzyżowania się i wydania potomstwa.

Potomstwo z określonej krzyżówki kontrolowanej, o dużych walorach, będzie osiągnięte na plantacji nasiennej drugiego pokolenia tylko wtedy, gdy klony rodzicielskie (ojciec i matka) kwitną równocześnie i krzyżują się naturalnie. Przed założeniem takiej plantacji należy zatem przeprowadzić analizę obserwacji wszystkich cech potomstwa pochodzącego z krzyżówek kontrolowanych i na tej podstawie przeprowadzić redukcję klonów (plantacje ze szczepów) lub rodów (plantacje z siewek). Dlatego też wyjściowa liczba klonów, a więc drzew doborowych, musi być duża. Docelowo powinno ich być nie mniej niż 25, na początku co najmniej 50, a lepiej nawet do 100 klonów.

Do podstawowych zadań hodowli drzew leśnych w aspekcie genetycznym należy:

- wybór drzew doborowych pod kątem zmienności jednej lub kilku cech.
- weryfikacja drzew doborowych za pomocą założonych fachowo doświadczeń porównujących: (1) potomstwo wegetatywne (weryfikacja genotypu), (2) potomstwo

z wolnego zapylenia (przekazywalność cech potomstwu niezależnie od partnera), (3) potomstwo z krzyżowania kontrolowanego (relacja między przekazywalnością ogólną a specyficzną – rola doboru właściwego partnera).

Należy podkreślić, że plantacja ze szczepów wymaga równoległego weryfikowania potomstwa z zapylenia wolnego i kontrolowanego oraz obserwacji intensywności i czasu kwitnienia poszczególnych klonów (zgodności płciowej).

Porównanie różnych metod hodowli drzew przez selekcję

Za punkt wyjścia do porównań należy przyjąć dobry drzewostan nasienny (wyłączony lub gospodarczy), z którego w praktyce leśnej zbiera się nasiona do odnowień. W takich warunkach populacja pochodna będzie dalszym ciągiem populacji wyjściowej i z genetycznego punktu widzenia nie zmieni się, nie będzie więc zysku genetycznego ($\Delta G = 0$). Zbieranie nasion z drzewostanów genetycznie gorszych od typowych na danym terenie należy uznać za szkodliwe dla gospodarki leśnej, ponieważ wysiew takich nasion powoduje obniżenie jakości naszych lasów, a wartość zysku genetycznego staje się ujemna ($\Delta G < 0$), wykazując stratę. Metod genetycznego ulepszania nasion jest wiele. Kilka z nich podano w zestawieniu tabelarycznym z uwzględnieniem zysku genetycznego.

Zysk genetyczny według różnych metod hodowli

Metoda hodowli	Zysk genetyczny	Uwagi
Wybór rasy	x sprowadzonej > x lokalnej	
Drzewostan nasienny	ih_{ss}^2	małe i
Selekcja klonów do mnożenia wegetatywnego	ih_{sl}^2	
Selekcja odmian po mnożeniu wegetatywnym	i	
Plantacja nasienna ze szczepów	ih_{ss}^2	duże i
Plantacja nasienna ze szczepów po wyeliminowaniu najgorszych klonów na podstawie oceny potomstwa z wolnego zapylenia	$i_1h_{ss1}^2 + 1/2i_2h_{ss2}^2$	
Plantacja nasienna ze szczepów drugiego pokolenia po sprawdzeniu potomstwa z kontrolowanego krzyżowania	$i_1h_{ss1}^2 + 1/4i_2(h_{sl2}^2 + h_{ss2}^2)$	$h_{sl}^2 > h_{ss}^2$
Plantacja nasienna z siewek bez selekcji	$1/2i_1h_{ss}^2$	
Plantacja nasienna z siewek zredukowana do najlepszych rodów	$1/2i_1h_{ss1}^2 + 1/4i_2h_{ss2}^2$	
Plantacja nasienna z siewek po zredukowaniu do najlepszych drzew z najlepszych rodów	$1/2i_1h_{ss1}^2 + 1/4i_2h_{ss2}^2 + 3/4i_3h_{ss3}^2$	

i – funkcja procentu wybranych drzew (intensywność selekcji), h_{ss} – odziedziczalność *sensu stricto*, h_{sl} – odziedziczalność *sensu lato*

Jak wynika z szacunku zysku genetycznego według różnych metod hodowli selekcyjnej, efekt hodowlany jest zróżnicowany i zależy głównie od rodzaju populacji selekcyjnej.

Wybór rasy. Jeżeli do zalesień zostanie użyta inna rasa niż lokalna, to poprawa lub obniżenie plonów będzie zależeć od relatywnych wartości ras lokalnej i testowanej. Jeżeli testowana rasa była już sprawdzona lokalnie, to zysk produktywności można oszacować

jako różnicę między średnią wartością rasy lokalnej a wartością rasy testowanej ($\Delta G = x_s - x_l$). Na terenach, gdzie lokalne rasy są słabe, zysk produktywności może być bardzo duży i to znacznie większy od zysku, jaki byłby możliwy do uzyskania w wyniku uszlachetniania form wybranych lokalnie. Im bardziej dane warunki różnią się od warunków miejsca, gdzie była sprawdzana testowana rasa, tym mniejsza jest pewność co do spodziewanych zysków. Najbezpieczniej jest wprowadzać do uprawy leśnej rasy znane z dużej zdolności adaptacyjnej.

Drzewostan nasienny. Drzewostan nasienny to dobry drzewostan normalny, zagospodarowany w celu zwiększenia produkcji nasion przez jego rozrzedzenie. Jeżeli usuniemy 50% drzew najgorszych pod względem interesującej nas cechy, to intensywność selekcji (i) wyniesie 0,80, a przewidywany zysk genetyczny (ΔG) będzie równy $0,80 h^2_{ss}$. Uwzględniamy tylko odziedziczalność *sensu stricto* (h^2_{ss}), ponieważ tylko geny addytywne wpłyną pozytywnie na potomstwo generatywne.

Selekcja odmian do rozmnażania wegetatywnego. Jeżeli celem hodowli jest otrzymanie idealnych osobników, to ważny jest genotyp niezależnie od tego, w jakim stopniu dobre cechy są przekazywane potomstwu generatywnemu. Należy więc w tym przypadku uwzględnić odziedziczalność *sensu lato*: $\Delta G = ih^2_{sl}$. Intensywność selekcji może być w tym wypadku duża (np. $i = 3,38$ przy wyborze najlepszego osobnika spośród 1000).

Selekcja odmian po rozmnożeniu wegetatywnym. Jeżeli wybrane osobniki rozmnoży się wegetatywnie i porówna się średnie wartości uzyskane w warunkach wyrównanego środowiska (doświadczenie terenowe z powtórzeniami), to zmienność środowiskowa będzie reprezentowana przez zmienność cech u osobników tego samego klonu, wtedy $h^2 = 2$. Dlatego też intensywność selekcji (np. $i = 2,06$ przy wyborze 1 klonu z 20 testowanych) zdeterminuje zysk genetyczny ($\Delta G = i$).

Plantacja nasienna ze szczepów. Zakładając plantację nasienną ze szczepów, umożliwiamy krzyżowanie się najlepszych drzew, a więc jak w przypadku drzewostanu nasiennego $\Delta G = ih^2_{ss}$, z tym tylko, że intensywność selekcji będzie o wiele większa (np. $i = 3,38$, jeżeli za drzewo doborowe uznamy najlepsze spośród 1000).

Plantacja nasienna ze szczepów po wyeliminowaniu najgorszych klonów na podstawie oceny potomstwa drzew doborowych z wolnego zapylenia. Plantacja tego typu oprócz zysku genetycznego ($\Delta G = ih^2_{ss}$) może być zredukowana np. do 25% najlepszych klonów ($i_2 = 1,27$) na podstawie oceny ich potomstwa z wolnego zapylenia. Nie znając ojców, uwzględnia się tylko połowę tego zysku: $\Delta G = i_1 h^2_{ss1} + 1/2 i_2 h^2_{ss2}$.

Plantacja nasienna ze szczepów drugiego pokolenia po sprawdzeniu potomstwa z krzyżowania kontrolowanego. Oprócz zysku genetycznego ($\Delta G = ih^2_{ss}$) plantacja ta wnosić będzie zysk z całego potencjału genetycznego drzew doborowych (przekazywalność ogólna i specyficzna). Zysk obliczymy więc następująco: $\Delta G = i_1 h^2_{ss1} + 1/4 i_2 (h^2_{sl2} + h^2_{ss2})$. Zysk ten będzie większy o wkład przekazywalności specyficznej od zysku genetycznego uzyskiwanego na plantacjach opisanych poprzednio.

Plantacja nasienna z siewek nie poddana selekcji. Jeżeli zamiast szczepów posadzimy na plantacji nasiennej potomstwo z wolnego zapylenia drzew doborowych i doczekamy się ich wzajemnego krzyżowania, to uzyskamy zysk genetyczny o połowę mniejszy niż w przypadku plantacji nasiennej ze szczepów, czyli $\Delta G = 1/2 ih^2_{ss}$, ponieważ ojcowie drzew posadzonych na plantacji to drzewa przypadkowe. Efektywna selekcja dotyczy zatem tylko połowy zmienności genetycznej.

Plantacja nasienna z siewek po zredukowaniu liczby rodów. Podobnie jak wtedy, gdy zredukuje się liczbę klonów, pozostawiając tylko najlepsze, na plantacji z siewek można zredukować liczbę rodów (potomstw drzew doborowych) na podstawie ich wartości zaobserwowanej na samej plantacji.

Plantacja nasienna z siewek po zredukowaniu do najlepszych drzew w najlepszych rodach. Sadząc drzewa w małej więźbie, na małych poletkach rodowych, z założeniem dużej redukcji oraz przeprowadzenia intensywnej selekcji jeszcze przed wejściem drzew w okres plonowania, pozostawiamy na plantacji tylko drzewa najlepsze z najlepszych rodów. Zysk genetyczny będzie miał więc trzy źródła: selekcję drzew doborowych, selekcję rodów z wolnego zapylenia i selekcję wewnątrz rodów. Wtedy:

$$\Delta G = 1/2i_1h_{ss1}^2 + 1/4i_2h_{ss2}^2 + 3/4i_3h_{ss3}^2$$

Współczynnik odziedziczalności dla każdego etapu selekcji należy obliczyć osobno.

W przypadku braku korelacji między cechami wzrostowymi drzew w fazie młodocianej i w fazie dojrzałości zysk genetyczny trzeba zredukować proporcjonalnie do stopnia skorelowania tych cech.

Reasumując, należy podkreślić, że najszybsza poprawa genetyczna jest osiągalna przez odpowiedni dobór rasy. Zysk genetyczny w dużym stopniu zależy od wyboru selekcyjnego drzewostanów nasiennych oraz od prawidłowego zakładania plantacji nasiennych i plantacyjnych upraw nasiennych.

Literatura

- Białobok S.** 1965. Świerki polskie za granicą. *Las Polski*, 39(12), 8–9.
- Białobok S.** 1971. Zakładanie plantacji nasiennych drzew leśnych. PWRiL, Warszawa.
- Giertych M.** 1965a. Jak zaplanować plantację nasienną? *Las Polski*, 39(2), 6–8.
- Giertych M.** 1965b. Systematic lay-outs for seed orchards. *Silvae Genetica*, 14 (3), 91–94.
- Giertych M.** 1965c. Polska sosna za granicą. *Las Polski*, 39(11), 6–7.
- Giertych M.** 1970. Zagadnienia genetyczne. [W:] Sosna zwyczajna *Pinus sylvestris* L., red. S. Białobok *Nasze Drzewa Leśne*, Instytut Dendrologii PAN, 1, PWN, Poznań, 232–261.
- Giertych M.** 1971. Systematic lay-outs for seed orchards. *Silvae Genetica*, 20(4), 137–138.
- Giertych M.** 1975. Seed orchard designs. [W:] Seed orchards, red. R. Faulkner. *For. Com. Bull.*, 54, 25–37.
- Giertych M.** 1976. Genetyka świerka pospolitego. [W:] Świerk pospolity *Picea abies* (L.) Karst., red. S. Białobok. *Nasze Drzewa Leśne*, 5, Instytut Dendrologii PAN, PWN, Poznań, 287–331.
- Jakuszewski T.** 1973. Badania zmienności i dziedziczności populacji brzozy karelskiej z Górców. *Arboretum Kórnickie*, 18, 35–81.
- Przybylski T.** 1965. Zainteresowanie modrzewiem polskim za granicą. *Las Polski*, 39(13–14), 3–5.
- Siwecki R., Białobok S.** 1969. Breeding trials with Scots pine resistant to root rot *Fomes annosus* Fr. (Cke). *Genet. Pol.*, 10(3–4), 141–144.
- Toda R.** 1972. Heritability problems in forest genetics. IUFRO Genetics-SABRAO Joint Symposia, Tokyo, A-3(I), 1–9.
- Wilusz W., Giertych M.** 1974. Effects of classical silviculture on the genetic quality of the progeny. *Silvae Genetica*, 23(4), 127–130.

Zmienność gleb a możliwości restytucji ekosystemów leśnych

Wiesław Maciaszek*

Oparcie gospodarki leśnej na podstawach ekologicznych wymaga dokładnej znajomości siedliska. Podstawowymi elementami siedliska są gleba i klimat. Zróżnicowanie mezo- i mikroklimatu wywiera jednak istotny wpływ na przebieg procesów zachodzących w glebie, głównie na tempo procesów mineralizacji i humifikacji materii organicznej oraz dynamikę wilgotności gleby i składników pokarmowych.

Specyfika produkcji nakłada na leśników obowiązek bardzo dokładnego rozpoznania gleb jako podstawowego elementu siedliska leśnego na terenach nizinnych, wyżynnych i pogórzu oraz dopasowania do właściwości biologiczno-fizyczno-chemicznych tych gleb składu florystycznego zbiorowiska leśnego. Od właściwości gleb zależy dobór odpowiedniego sposobu zagospodarowania i użytkowania lasu. W przeciwieństwie do gleb użytkowanych rolniczo, przekształcenie gleb leśnych przez zabiegi melioracyjne, uprawę i nawożenie nie zawsze jest możliwe lub nie jest uzasadnione z przyrodniczego i ekonomicznego punktu widzenia.

Właściwe zharmonizowanie składu gatunkowego drzewostanu z trofizmem gleby, dobór wyselekcjonowanych i najlepszych genetycznie drzew, racjonalna gospodarka nasienna stanowią m.in. warunek zwiększania produktywności naszych lasów. Taki sposób postępowania pozwoli również na pełniejsze wykorzystanie pozaprodukcyjnych funkcji lasów oraz zapewni ich należyłą ochronę przed wpływem czynników abiotycznych i biotycznych, które zmieniają się podczas długiego cyklu produkcyjnego drewna.

Struktura gleb w Polsce

Struktura użytkowania gleb w Polsce przedstawia się następująco: gleby orne zajmują 45,74%, a gleby trwałych użytków zielonych – 13,90%. Łącznie stanowi to 59,64% całkowitej powierzchni kraju. Gleby leśne zajmują 28,09%, a na pozostałe grunty przypada 12,27% powierzchni kraju [Ochrona Środowiska... 1995].

Wśród gleb ornyczych 84% zajmuje kompleks trzech typów gleb: płowych, brunatnych i rdzawych. Na pozostałe typy gleb przypada 16% powierzchni gruntów ornyczych, w tym: czarne ziemie – 7,8%, mady – 5,2, czarnoziemy – 1,5, rędziny – 1,5%.

Struktura jakościowa gleb użytków zielonych jest następująca: gleby bardzo dobre i dobre (klasa I i II) stanowią 1,5% całkowitej powierzchni użytków zielonych, gleby średniej jakości (klasa III i IV) – 55,9%, a kompleks gleb słabych i bardzo słabych (klasa V i VI) aż 42,6% [Strzemski i in. 1973]. Około 167 tys. ha gleb gruntów ornyczych i użytków zielonych jest przeznaczonych do zalesienia (klasa VIz), co stanowi 0,9% powierzchni użytków rolnych [Ochrona Środowiska... 1995]. Gleby rolniczo nieprzydatne, mimo że należą do

* *Katedra Gleboznawstwa Leśnego, Akademia Rolnicza im. H. Kollątaja w Krakowie*

jednej klasy bonitacyjnej, jako potencjalne siedliska leśne mają różną wartość w zależności od podłoża skalnego, rzeźby terenu i stosunków wodnych [Maciaszek 1997].

Proces rozpoznawania zasobów glebowych lasów państwowych nie został jeszcze zakończony (tab. 1, 2). Największą powierzchnię zajmują siedliska świeże (85,2%) związane z glebami autogenicznymi i litogenicznymi. Siedliska wilgotne przypisane do gleb semihydrogenicznych zajmują 9,9, a siedliska bagienne utworzone przez gleby hydrogeniczne – 3,3%. Siedliska ubogie i dość ubogie (bory i bory mieszane) zajmują 61,9%, średnio żyzne (lasy mieszane) – 18,0, a żyzne (lasowe) – 20,1% powierzchni lasów państwowych (tab. 3).

Tabela 1. Stan (1998) rozpoznania zasobów glebowych

Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych	Liczba nadleśnictw		
	ogółem	mających mapy glebowo-siedliskowe	w trakcie wykonywania map glebowo-siedliskowych
Białystok	32	3	3
Gdańsk	15	15	0
Katowice	40	19	5
Kraków	16	8	3
Krosno	27	12	1
Lublin	25	23	2
Łódź	21	3	4
Olsztyn	33	10	1
Piła	20	7	2
Poznań	26	15	5
Radom	23	12	6
Szczecin	35	4	4
Szczecinek	31	21	4
Toruń	27	13	8
Warszawa	14	9	0
Wrocław	33	10	3
Zielona Góra	20	2	3
Razem	438	186	54

Pod lasami stanowiącymi własność państwa procentowy udział gleb o różnym uwilgotnieniu i trofizmie jest bardzo zróżnicowany regionalnie i w przybliżeniu przedstawia się następująco:

1) kompleks gleb bielicoziemnych, składający się z gleb rdzawych, bielicowych i bielic oraz oligotroficznych rankerów, stanowi od 7,7 do 86,6%, średnio 54,9%,

2) kompleks gleb brunatnoziemnych, składający się z gleb brunatnych kwaśnych, brunatnych właściwych i płowych oraz mezotroficznych rankerów, rędzin i parareędzin, stanowi od 3,9 do 80,0%, średnio 31,9%,

3) kompleks gleb semihydrogenicznych, o zróżnicowanym trofizmie, składający się z gleb glejobielicowych, czarnych ziem, gleb opadowo-glejowych, gruntowo-glejowych i murszastych, stanowi od 2,0 do 30,6%, średnio 9,9%,

4) kompleks gleb hydrogenicznych, obejmujący gleby mułowe, torfowe, gytiove, torfowo-glejowe i murszowo-torfowe, stanowi od 0,8 do 9,0%, średnio 3,0% (tab. 3).

Tabela 2. Struktura siedlisk leśnych

Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych	Bory	Bory mieszane	Lasy mieszane	Lasy	Siedliska			
					suche	świeże*	wilgotne	bagienne
Białystok	2,0	59,2	18,0	20,8	0,2	83,1	7,7	9,0
Gdańsk	29,0	26,0	32,0	13,0	1,0	92,0	2,0	5,0
Katowice	19,4	37,8	26,4	16,4	0,6	67,4	30,6	1,4
Kraków	1,7	14,6	12,6	71,1	0,1	87,5	11,6	0,8
Krosno	3,4	13,0	10,0	73,6	0,0	92,0	6,8	1,2
Lublin	32,0	24,1	19,3	24,6	0,8	81,7	12,4	5,1
Łódź	46,3	30,6	14,4	8,7	2,1	83,5	11,7	2,7
Olsztyn	27,9	32,9	18,1	21,1	0,9	88,1	5,7	5,3
Piła	34,4	33,3	18,4	13,9	2,6	80,7	13,7	3,0
Poznań	64,2	24,5	6,3	5,0	2,4	92,2	3,6	1,8
Radom	20,7	30,9	34,7	13,7	0,6	83,7	12,7	3,0
Szczecin	35,2	42,0	12,9	9,9	0,3	89,7	5,0	5,0
Szczecinek	36,7	34,0	18,7	10,6	0,5	91,8	4,1	3,6
Toruń	59,0	21,8	12,5	6,7	6,4	88,2	3,2	2,2
Warszawa	48,0	23,0	15,0	14,0	1,0	84,0	11,0	4,0
Wrocław	22,9	29,0	32,8	15,3	1,2	81,5	15,8	1,5
Zielona Góra	65,2	26,0	4,3	4,1	7,0	81,2	10,0	1,8
Razem	32,2	29,7	18,0	20,1	1,6	85,2	9,9	3,3

*łącznie z wariantem wilgotnym siedlisk wyżynnych i górskich

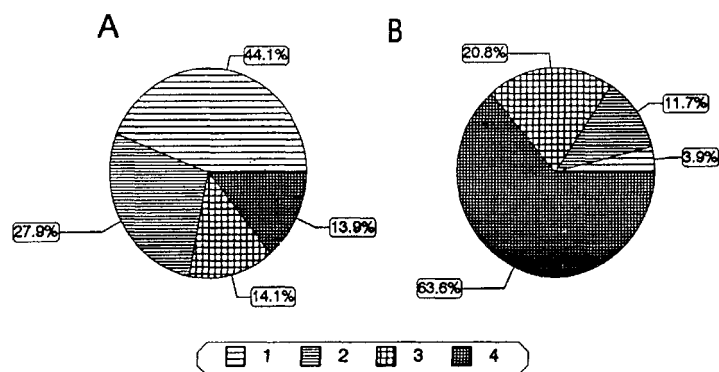
Tabela 3. Struktura gleb leśnych

Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych	Gleby			
	bielicoziemne	brunatnoziemne	semihydrogeniczne	hydrogeniczne
Białystok	560	273	77	90
Gdańsk	500	430	20	50
Katowice	382	298	306	14
Kraków	76	800	116	8
Krosno	130	790	68	12
Lublin	445	380	124	51
Łódź	681	175	117	27
Olsztyn	566	324	57	53
Piła	597	236	137	30
Poznań	866	81	40	13
Radom	417	426	127	30
Szczecin	734	166	50	50
Szczecinek	666	257	41	36
Toruń	790	156	32	22
Warszawa	640	210	110	40
Wrocław	436	391	158	15
Zielona Góra	843	39	100	18
Razem	549	319	99	33

Czynniki kształtujące zmienność gleb

Zróznicowanie gleb i siedlisk leśnych na terenie Polski wykazuje powiązanie z budową geologiczną i rzeźbą terenu. Uwzględniając rodzaje skał oraz ich wiek, podzielono obszar Polski na dwie części: południową i północną. Granica między nimi biegnie linią Wrocław–Tomaszów Mazowiecki–Włodawa. Polska południowa obejmuje obszar Sudetów wraz z Przedgórzem Sudeckim, Wyżynę Krakowsko-Częstochowską, Góry Świętokrzyskie, Wyżynę Lubelską oraz Karpaty. Część południowa wyróżnia się występowaniem skał starszych okresów geologicznych. Są to skały żyzniejsze glebotwórczo od skał występujących w części północnej. Polska północna, czyli Niż Polski zajmujący 70% powierzchni kraju, pokryta jest utworami czwartorzędu, osadzonymi w plejstocenie przez trzykrotnie nasuwający się lądolód, oraz utworami współczesnymi (holocenu) reprezentowanymi przez aluwia, deluwia i torfy. W obrębie Niżu Polskiego wyróżniono dwie strefy różniące się wiekiem skał i charakterem rzeźby, tj. strefę staroglacjalną w zasięgu zlodowacenia południowo-polskiego (Sanian) i zlodowacenia środkowo-polskiego (Odranian), oraz strefę młodoglacjalną w zasięgu zlodowacenia północno-polskiego (Vistulian), zajmującą około 30% powierzchni Niżu. Wiek skał glebotwórczych osadzonych przez lądolód wynosi od 1060 tys. lat do około 10 tys. lat (faza wolińska). Osady plejstocenu wykazują niezwykle zróżnicowanie przestrzenne składu mineralnego, uziarnienia, warstwowania i wysortowania. Starsze osady plejstocenu, występujące w strefie rzeźby staroglacjalnej, są bardziej zwietrzałe, głębiej odwapnione i częściej wykazują ślady przekształceń peryglacjalnych niż na obszarach o rzeźbie młodoglacjalnej. Wspomniane cechy, wiek tych osadów i rzeźba terenu są przyczyną występowania zgrupowań glebowych składających się ze zmieniających się w przestrzeni podstawowych jednostek systematyki gleb. Występują tam zespoły, asocjacje, kompleksy i kombinacje, które jeśli są uwarunkowane rzeźbą terenu, nazywane są katenami, oraz mozaiki i plamistości.

Różnice między wartością glebotwórczą skał w Polsce południowej i północnej znajdują odzwierciedlenie w trofizmie gleb i siedlisk leśnych. Na terenie nizinnym siedliska ubogie i dość ubogie (bory i bory mieszane) zajmują 72,0%, siedliska średnio żyzne (lasy mieszane) – 14,1, a siedliska żyzne (lasowe) – 13,9%, na terenach wyżynnych i górskich, odpowiednio, 15,6, 20,8, 63,6% (ryc. 1).



Ryc. 1. Struktura siedlisk na terenach: A – nizinnych, B – wyżynnych i górskich; 1 – bory, 2 – bory mieszane, 3 – lasy mieszane, 4 – lasy

Zróżnicowanie gleb na terenach wyżynnych i nizinnych

Interesujące dla praktyki leśnej są wyniki badań gleboznawczych dotyczących wpływu podłoża skalnego na kształtowanie się rzeźby terenu, gleb, siedlisk i szaty roślinnej, prowadzonych na terenie wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej [Adamczyk i Kobylecka 1982]. Teren ten jest zbudowany z wapieni górnej jury przykrytych warstwą utworów plejstoceńskich różnej miąższości, reprezentowanych głównie przez piaski, oraz występujących sporadycznie w postaci niewielkich płatów spiaszczonych utworów pyłowych (lessopodobnych). W rozmieszczeniu jednostek glebowych i zbiorowisk roślinnych występują wyraźne prawidłowości. Na wierzchołkach i w bliższym sąsiedztwie skałek wapiennych występują głównie różne podtypy rędzin mieszanych i pararendzin, na których rozwinęły się zbiorowiska ciepłolubnej buczyny (*Carici-Fagetum*) lub buczyny sudeckiej (*Dentario enneaphyllidis-Fagetum*). Środkowe i dolne odcinki stoków, z grubszą okrywą piasków lub pyłów i zanikającym wpływem podłoża wapiennego na kształtowanie się właściwości chemicznych poziomów wierzchnich gleb, zajmują gleby brunatne i podrzędnie gleby płowe. Tworzą one siedlisko grądu (*Tilio-Carpinetum*) lub kwaśnej buczyny (*Luzulo pilosae-Fagetum*). W dolinie wypełnionej ubogimi glebotwórczo piaskami plejstoceńskimi, o znacznej miąższości, występują gleby bielcowe tworzące siedliska borów (*Peucedano-Pinetum*, *Pino-Quercetum*). W obrębie stoku występują gleby o składzie granulometrycznym od utworów szkieletowo-gliniastych do piasków, o odczynie zasadowym i o odczynie kwaśnym, a nawet silnie kwaśnym.

Innym przykładem zmienności gleb w zakresie uwilgotnienia są pradoliny z piaszczystymi terasami akumulacji powstałymi w okresie zlodowacenia północnopolskiego (Vistulian) na obrzeżach rzeki Narwi w jej dolnym biegu [Kowalkowski i Borzyszkowski 1997]. Występuje tutaj pasowy charakter rzeźby o przebiegu równoległym do doliny. Terasy plejstoceńskie złożone i przekształcone w peryglacialnym procesie rzeczonym zbudowane są z głębokich piasków luźnych drobno- i średnioziarnistych. Późniejsze procesy przeobrażania przez wietrzenie, zaburzenia mrozowe, eoliczne i denudacyjne spowodowały zatarcie pierwotnego układu warstwowego do głębokości 1,5–2 m. Najwyższą terasę, z głębokim poziomem wód gruntowych i pagórkami wydmowymi, oraz krawędzie terasy zajmują gleby rdzawe tworzące na pagórkach siedliska borów suchych (*Cladonio-Pinetum*), a na wierzchołkach i krawędziach terasy – siedliska borów świeżych (*Vaccinio myrtilii-Pinetum*). Na terasie środkowej występują gleby rdzawe bielcowane. Terasę dolną, objętą wpływem wody gruntowej, zajmują gleby glejobielcowe właściwe i siedliska boru wilgotnego (*Vaccinio myrtilii-Pinetum* var. z *Pteridium aquilinum*). Zatem główny gatunek lasotwórczy, jakim jest tutaj sosna, występuje na siedliskach suchych, świeżych i wilgotnych, co wskazuje na jej uwarunkowaną genetycznie dobrą adaptację do tak zróżnicowanych warunków uwilgotnienia.

Równiny sandrowe, zbudowane głównie z ubogich glebotwórczo żwirów i piasków naniesionych przez wody wypływające z czoła lądolodu, stanowią obszar o dominacji gospodarki leśnej (Puszcza Piska, Puszcza Augustowska, Bory Tucholskie). Jest on jednak zróżnicowany litologicznie i glebowo. Piaski i żwiry podścielone są często żyzniejszą glebotwórczo gliną zwałową starszych zlodowaceń. Miejscami glina występuje na powierzchni, tworząc wyspy moreny dennej wśród osadów sandrowych. Powierzchnię sandru urozmaicają wypukłe formy w postaci wałów wydmowych oraz formy wklęsłe, do których należą obniżenia o różnej genezie. Na równinach sandrowych dominują gleby bielicoziemne (rdzawe i bielcowe) reprezentujące dwie generacje: starszą i młodszą. Starsze gleby bielicoziemne wytworzone z piasków wodnolodowcowych zajmują płaskie fragmenty sandru

lub jako gleby kopalne spotykane są w zwydmionych jego partiach [Bednarek 1991]. Ich obecność pod warstwą piasku eolicznego zwiększa bonitację drzewostanu. Młodsze gleby bielicoziemne utworzone są z piasków wydmych. Oprócz całkowitych gleb bielicoziemnych, tworzących siedliska borów, występują zasobniejsze w składniki pokarmowe dla roślin gleby niecałkowite, piaszczyste na glinie, a także mezo- i eutroficzne gleby brunatnoziemne (brunatne i płowe) utworzone z gliny zwałowej, tworzące siedliska grądów. Formy wklęsłe zajmują najczęściej gleby semihydrogeniczne i hydrogeniczne. Główne gatunki lasotwórcze na terenach sandrowych (sosna zwyczajna i dąb bezszypułkowy) mogą występować zarówno na glebach ubogich – oligotroficznych, jak i na zasobniejszych w składniki pokarmowe i wodę glebach niecałkowitych (piaszczysto-naglinowych i całkowitych gliniastych).

W strefie wzgórz morenowych zbudowanych z glin zwałowych, o rzeźbie młodoglacjalnej, typowej dla zlodowacenia północnopolskiego (Vistulian), stwierdzono następujące prawidłowości w rozmieszczeniu gleb i siedlisk:

- wierzchowiny pagórków morenowych oraz stoki zajmują gleby brunatne wylugowane, a przy małym nachyleniu – gleby płowe i siedliska lasu świeżego,
- dolne odcinki stoków pagórków morenowych zajmują gleby brunatne oglejone lub opadowo-glejowe i siedliska lasu wilgotnego,
- w dolinkach występują eutroficzne gleby gruntowo-glejowe lub torfowe torfowisk niskich tworzące siedliska olsów jesionowych [Ugla i Ferczyńska 1975].

Przedstawione przykłady wskazują, że w lasach wyżynnych i nizinnych występuje znaczna zmienność gleby w zakresie trofizmu i uwilgotnienia, która powinna być uwzględniona przy racjonalnym ich zagospodarowaniu.

Zróżnicowanie gleb w górach

Na terenach górskich głównymi czynnikami decydującymi o zróżnicowaniu gleb są skała macierzysta i uwarunkowana budową geologiczną (tektoniką i litologią) rzeźba terenu [Kuźnicki i in. 1973, Adamczyk 1984, Maciaszek 1996a, b]. Zjawisko pionowej strefowości gleb występuje w górach średniowysokich i wysokich, ale zbudowanych ze skał jednorodnych glebotwórczo. Z wysokością n.p.m. zwiększa się ilość opadów atmosferycznych, w tym udział opadów w postaci śniegu oraz ilość opadów poziomych (mgła, szron, sadz). Gradient opadowy wynosi średnio w Karpatach 60 mm/100 m wysokości i jest zróżnicowany w zależności od wystawy oraz piętra wysokościowego. Z wysokością n.p.m. obniża się temperatura powietrza średnio o 0,5°C na 100 m wzniesienia. Zróżnicowanie temperatury powietrza zależy od wysokości n.p.m., od rzeźby i ekspozycji stoku, od szerokości i długości geograficznej. Przebieg górnej granicy lasu jest w przybliżeniu zgodny z przebiegiem izotermy średniej temperatury rocznej 2°C.

Zaostrzenie się klimatu związane ze wzrostem wysokości powoduje występowanie pięter klimatyczno-roślinnych oraz wywiera wpływ na przebieg procesów glebowych, których efekty kumulują się w czasie i zaznaczają się w postaci pionowej strefowości (piętrowość) gleb. Zjawisko piętrowości gleb występuje w Karpatach fliszowych rzadko, a najwyraźniej zaznacza się tylko w paśmie Babiej Góry [Adamczyk 1983; tab. 4]. Tereny wyniesione powyżej 1000 m n.p.m., gdzie zaznacza się już nadrzędny wpływ czynnika klimatycznego na kształtowanie się gleb, zajmują około 0,1% powierzchni kraju. Głównym czynnikiem wywierającym wpływ na przebieg procesów glebotwórczych jest więc skała macierzysta.

Tabela 4. Strefowość gleb w Babiogórskim Parku Narodowym

Piętro, zasięg wysokościowy [m n.p.m.]	Morfologiczno-bioklimatyczne strefy gleb	Zbiorowiska roślinne
Piętro alpejskie 1725–1650	gołoborza	zespół porostów naskalnych
	litosole	zespół kostrzewy pstrej (<i>Versicoloretum babiogorense</i>)
	regosole i rankery	murawy wysokogórskie z sitem skuciną (<i>Trifido-Supinetum</i>), z kosmatką brunatną (<i>Deschampsio-Luzuletum</i>), borówczyska bażynowe (<i>Empetro-Vaccinetum</i>)
Piętro kosodrzewiny 1650–1390	rankery bielcowane i gleby bielcowe murszaste	traworośla z trzcinnikiem owłosionym (<i>Calamagrostetum villosae carpaticum</i>)
	gleby bielcowe torfiaste	wilgotniejszy podzespół borówczyska bażynowego (<i>Empetro-Vaccinetum sphagnetosum</i>), borówczyska czernicowego (<i>Vaccinetum myrtilli</i>), wilgotniejsze odmiany acydofilnego podzespołu kosodrzewiny karpackiej (<i>Pinetum mughi carpaticum silicolum</i>)
Piętro regla górnego 1390–1150	gleby bielcowe	wysokogórski bór świerkowy z paprocią (<i>Piceetum excelsae carpaticum fillicetosum</i>)
	bielice	podzespół boru świerkowego z borówką (<i>Piceetum excelsae carpaticum myrtilleto-sum</i>)
	astrefowe gleby szarobrunatne	laski jaworowe z jarzębiną (<i>Sorbo-Aceretum carpaticum</i>)
Piętro regla dolnego < 1150	gleby brunatne kwaśne (typowe, bielcowane) i gleby rdzawe (piaszczysto-kamieniste)	uboższe podzespoły buczyny karpackiej z kosmatką leśną (<i>Fagetum carpaticum festucetosum silvaticae</i>), dolnoregłowy bór mieszany z jodłą (<i>Abieti-Piceetum montanum</i>)
	gleby brunatne właściwe (typowe, szarobrunatne, oglejone) gliniasto-kamieniste	typowy podzespół buczyny karpackiej (<i>Fagetum carpaticum typicum</i>), żyzne płaty buczyny karpackiej (<i>F. c. allietosum</i>), ze szczyrem trwałym (<i>Mercurialis perennis</i>) lub niecierpkim (<i>Impatiens noli-tangere</i>)

Zróznicowanie podłoża skalnego jest uznawane za przyczynę występowania i dominacji w Karpatach fliszowych zjawiska strefowości gleb i siedlisk [Adamczyk 1984]. Dowodem na istnienie astrefowości gleb jest szachownica pól i lasów.

Skały fliszu karpackiego można zgrupować za Adamczykiem [1966] w dwie podstawowe serie troficzności: kwarcowo-krzemianową i marglisto-krzemianową. Seria kwarcowo-krzemianowa obejmuje skały gruboławicowe, gruboziarniste (psefitowo-samitowe), z reguły nie zawierające minerałów węglanowych, np. zlepieńce gruboławicowe i gruboziarniste odmiany piaskowców. Z uboższych glebotwórczo skał serii kwarcowo-krzemianowej powstają zwietrzliny szkieletowe, piaszczyste lub piaszczysto-gliniaste, przepuszczalne, przewiewne i ubogie w składniki pokarmowe dla roślin. Z takich zwietrzelin wykształcają się gleby o infiltracyjnym typie obiegu wody należące do rzędu bielicoziemnych (rdzawe, bielicowe i bielice). Gleby rdzawe, które tworzą w piętrze regla dolnego naturalne siedlisko kwaśnej buczyny górskiej (*Luzulo nemorosae-Fagetum*), gleby bielico- i bielice boru jodłowo-świerkowego (*Abieti-Piceetum montanum*).

Z kolei seria marglisto-krzemianowa obejmuje skały średnio- i cienkoławicowe, drobnoziarniste (psamitowo-pelitowe), o różnej zawartości węglanów. Do serii tej należą średnio- i drobnoziarniste odmiany piaskowców, mułowce, utwory łupkowo-piaskowcowe i łupki ilaste. Bardziej podatne na wietrzenie skały serii marglisto-krzemianowej dostarczają zwietrzelin mniej szkieletowych, gliniastych, a nawet gliniasto-ilastych, słabiej przepuszczalnych i natlenionych, lecz zasobnych w makro- i mikroelementy. Powstają z nich gleby o infiltracyjno-retencyjnym i retencyjnym typie obiegu wody [Adamczyk 1984].

W rejonach zbudowanych z piaskowców występują mezotroficzne gleby brunatne kwaśne typowe i mezoeutroficzne gleby brunatne wylugowane. Na terenach z przewagą utworów łupkowo-piaskowcowych i łupków ilastych powstają eutroficzne gleby brunatne właściwe typowe i brunatne oglejone, a nawet pararendziny, jeśli skałą macierzystą były margliste utwory łupkowo-piaskowcowe. W piętrze regla dolnego tworzą one naturalne siedlisko różnych podzespołów buczyny karpackiej (*Dentario glandulosae-Fagetum*)

Następnym czynnikiem różnicującym właściwości fizyczno-chemiczne gleby jest uwarunkowana tektoniką i litologią rzeźba terenu. W Karpatach fliszowych można wyróżnić trzy grupy gleb wykazujące powiązanie z rzeźbą terenu i genezą substratu glebowego. Są to:

- gleby partii grzbietowych,
- gleby stokowe,
- gleby dolin i potoków.

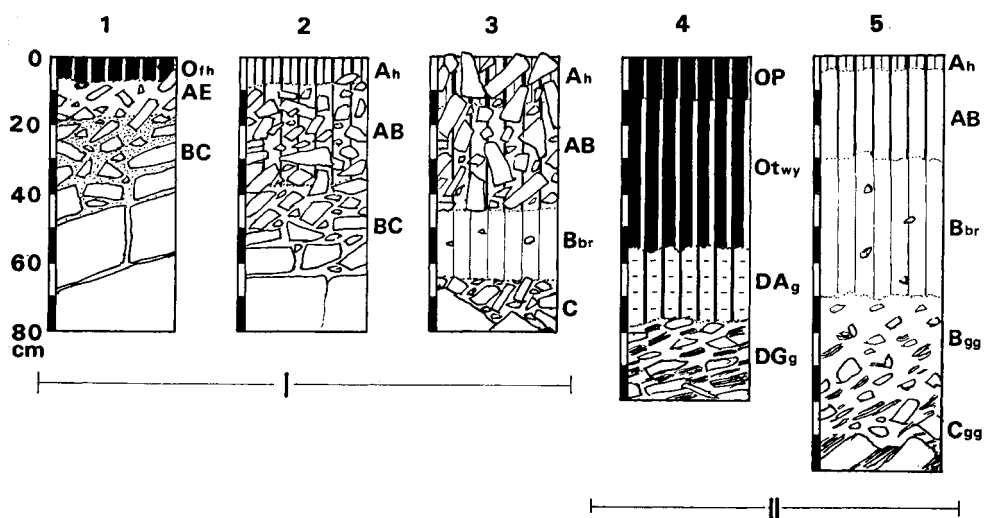
Gleby występujące w obrębie grzbietów górskich, kopiastych i kopulastych wierzchołków, zbudowanych ze skał odpornych na wietrzenie (formy twardzielowe), powstały z pokryw zwietrzelin *in situ*. Cechą charakterystyczną tych gleb jest duża ilość ostrokrawędzistych odłamków skalnych (gruz, rumosz), występujących już od samej powierzchni gleby, oraz przewaga piaszczystego i piaszczysto-gliniastego uziarnienia części ziemistych. Gleby te są płytkie i średnio głębokie, ich miąższość na ogół nie przekracza jednego metra.

W piętrze regla górnego, niezależnie od podłoża skalnego, występują gleby objęte procesami bielicowania (brunatne bielicowane, rdzawe bielicowane, bielicowe i bielice), a na lokalnych kulminacjach terenu – rankery bielicowane. Tworzą one naturalne siedlisko świerkowego boru wysokogórskiego (*Plagiothecio-Piceetum tatricum*). W piętrze regla dolnego w rejonie występowania skał serii kwarcowo-krzemianowej dominują również gleby bielicoziemne tworzące siedliska borowe. W rejonach zbudowanych ze skał serii marglisto-krzemianowej występują gleby brunatne kwaśne, brunatne właściwe silnie

wyługowane, a na kulminacjach terenu – rankery brunatne. Tworzą one potencjalne siedlisko kwaśnej buczyny górskiej (*Luzulo nemorosae-Fagetum*) i uboższych florystycznie wariantów żyznej buczyny karpackiej (*Dentario glandulosae-Fagetum*).

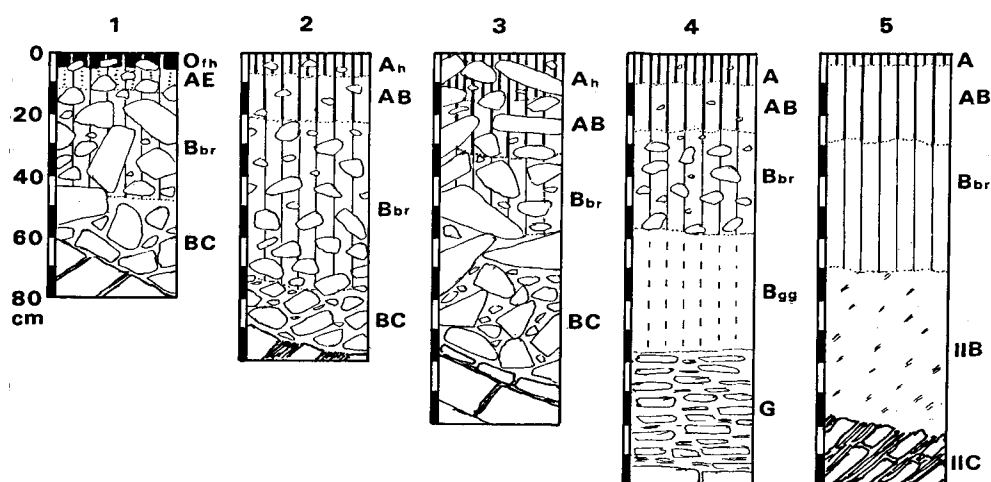
Właściwości gleb występujących w partiach grzbietowych, takie jak silna kamienistość, mała miąższość profilu, ograniczają walory produkcyjne tych gleb, lecz nakazują traktowanie występujących tam lasów jako lasów ochronnych (ryc. 2).

Na ogół żyzniejsze gleby występują w obrębie spłaszczonych odcinków grzbietów górskich i na przełęczach. Domieszka mułowców i łupków ilastych w obrębie ławic piaskowców, a więc skał bardziej podatnych na wietrzenie, powoduje że gleby są tam średnio głębokie i głębokie, słaboszkieletowe, a nawet bezszkieletowe, w wierzchnich poziomach wykazujące skład granulometryczny glin średnich i ciężkich, często pylastych. Najczęściej występujące podtypy gleb to: gleby brunatne kwaśne typowe, brunatne właściwe wyługowane i oglejone, często wykorzystywane rolniczo. W piętrze regla górnego spotyka się także gleby torfowe torfowisk wysokich (ryc. 2).



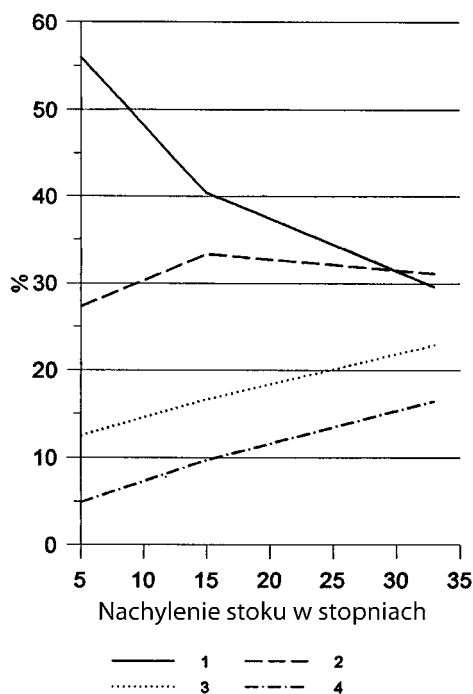
Ryc. 2. Warianty gleb wietrzeniowych; I – gleby grzbietów górskich zbudowanych z piaskowców warstw magurskich o infiltracyjnym typie obiegu wody: 1 – ranker bielcowany; Beskid Żywiecki – kulminacja w grzbiecie górskim Romanka–Lipowska, 1290 m n.p.m.; 2 – gleba brunatna kwaśna typowa, Beskid Niski – szczyt Jaworzynki, 865 m n.p.m.; 3 – gleba brunatna kwaśna typowa z mrozową segregacją szkieletu, Beskid Niski – kopulasty wierzchołek, Bartnia Góra, 620 m n.p.m.; II – gleby spłaszczonych odcinków grzbietów górskich i przełęcz w kompleksie piaskowców i łupków ilastych warstw magurskich o retencyjnym i infiltracyjno-retencyjnym typie obiegu wody; 4 – gleba torfowa torfowiska wysokiego, Beskid Żywiecki – Lipowska, 1310 m n.p.m.; 5 – gleba brunatna oglejona, Beskid Niski – przełęcz między Jaworzynką i Wysotą, 760 m n.p.m.

Gleby stokowe wytworzyły się głównie z pokryw koluwalnych (kamienisto-rumoszowych), soliflukcyjnych i osuwiskowych oraz z pokryw deluwiów. Kształt stoku i jego spadek zależą od budowy litologicznej. Stoki strome, grzędy i wypukłe odcinki stoków są zbudowane z odpornych na wietrzenie piaskowców grubo- i średnioławicowych. Stoki słabo nachylone i wklęsłe odcinki stoków budują skały łupkowo-piaskowcowe, bardziej podatne na wietrzenie. W związku z tym gleby położone na grzędach i wypukłych odcinkach stoków mają znamiona gleb grzbietów górskich, są bowiem płytkie lub średnio głębokie oraz silnie szkieletowe i uboższe w składniki pokarmowe dla roślin. Wklęsłe odcinki stoków zajmują gleby głębsze, o mniejszej zawartości szkieletu. W porównaniu z glebami poprzednio omawianymi mają większą pojemność wodną, są bardziej wilgotne i zasobniejsze w makro- i mikroelementy. Na grzędach i wypukłych odcinkach stoków występują uboższe warianty buczyny karpackiej, kwaśna buczyna górską, a nawet zbiorowiska przejściowe do boru jodłowo-świerkowego regla dolnego (*Abieti-Piceetum montanum/Dentario glandulosae-Fagetum*). Wklęsłe odcinki porastają żyzniejsze podzespoły buczyny karpackiej (ryc. 3).

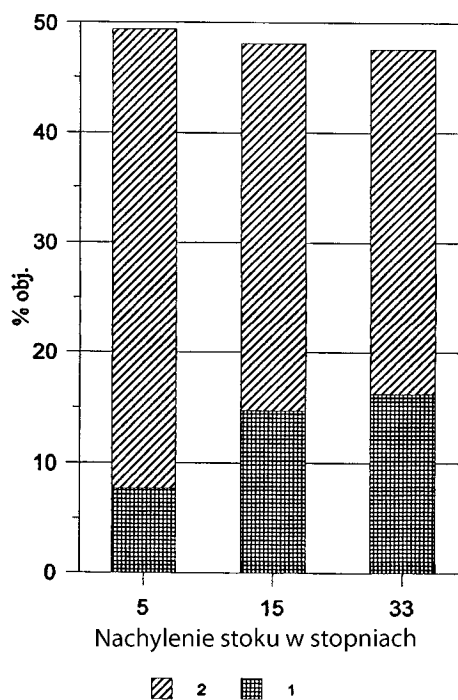


Ryc. 3. Warianty gleb stokowych; 1 – gleba brunatna kwaśna bielicowana, wypukła część stoku; 2 – gleba brunatna kwaśna typowa, wklęsły odcinek stoku, obie wytworzone z piaskowców i łupków warstw magurskich, Beskid Żywiecki, północno-zachodni stok Lipowskiej; 3 – gleba brunatna wylugowana, pokrywa kamienisto-rumoszowa w kompleksie warstw magurskich, Beskid Niski, południowo-wschodni stok Wysokiego Gronia; 4 – gleba brunatna oglejona, pokrywa soliflukcyjna w kompleksie łupków i piaskowców warstw podmagurskich, Beskid Sądecki, połogi stok, Mochnaczka Wyżna; 5 – gleba deluwialna brunatna, pyłowe deluwia stokowe podścielone zwietrzeliną łupków i piaskowców warstw inoceramowych, Beskid Niski, Szymbark – Las Pasternik

Z nachyleniem stoku, niezależnie od jego ekspozycji i wysokości n.p.m., zwiększa się w glebach zawartość szkieletu, a równocześnie zmniejsza się zawartość części spławialnych (0,02 mm) i ilu koloidalnego (0,002 mm). Zależności te są tak wyraźne, że zostały opisane równaniami regresji liniowej. Z nachyleniem stoku wzrasta w glebie zawartość frakcji kamieni (rumoszu) średnich (50–100 mm) i kamieni grubych (100–200 mm), a zmniejsza się ilość frakcji żwiru lub gruzu (1–20 mm) (ryc. 4).



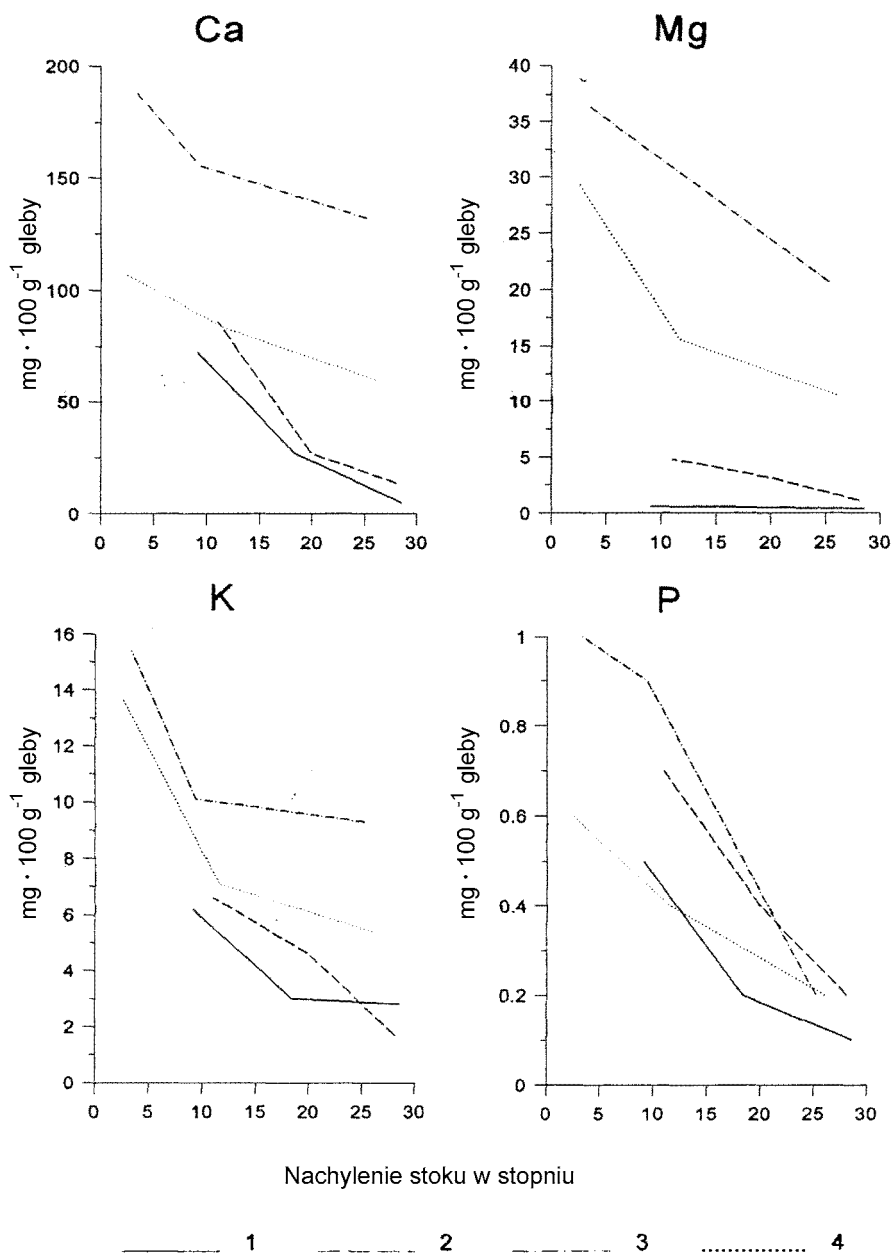
Ryc. 4. Zależność między nachyleniem stoku a składem granulometrycznym części szkieletowych w wybranych glebach leśnych; 1 – żwir i gruz (1–20 mm), 2 – kamienie i rumosz drobny (20–50 mm), 3 – kamienie i rumosz średni (50–100 mm), 4 – kamienie i rumosz gruby (100–200 mm)



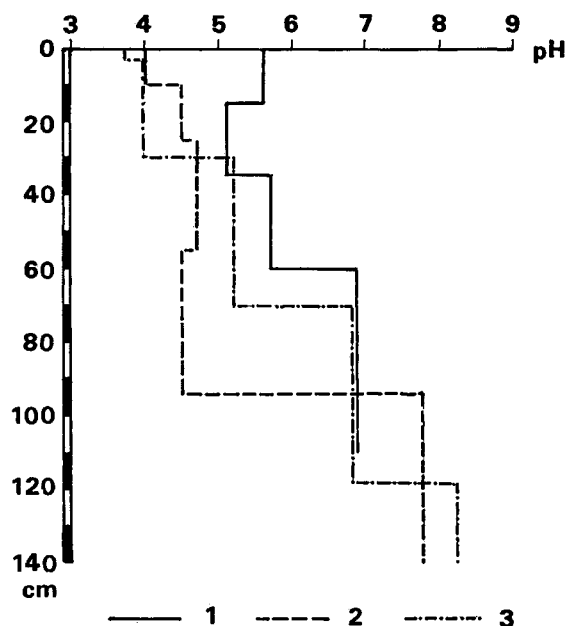
Ryc. 5. Zależność między nachyleniem stoku a właściwościami wodno-powietrzными wybranych gleb leśnych; 1 – pojemność powietrzna, 2 – pojemność wodna

W miarę zwiększania się rozmiarów odłamków skalnych maleje porowatość gleb i nasiąkliwość wodna. Wzrasta jednak ilość przestworów powietrznych sprzyjających infiltracji i wewnątrzglebowemu odpływowi nadwyżek wody opadowej wzdłuż stoku (ryc. 5) przy równoczesnym zmniejszaniu się zawartości części spławialnych i łu koloidalnego. Powoduje to obniżenie pojemności wodnej gleby, pojemności sorpcyjnej i zawartości przyswajalnego wapnia, magnezu, potasu i fosforu. (ryc. 6).

Na stokach silnie nachylonych (powyżej 45°) często obserwowanym zjawiskiem jest zmniejszanie się w miarę wysokości głębokości gleb i wzrost udziału gleb litogenicznych, rankerów, a nawet litosoli. Nie stwierdzono związku pomiędzy nachyleniem stoku a odczynem wierzchnich poziomów genetycznych gleb. W tym wypadku zależność ta została silnie zmodyfikowana przemieszczaniem się zwietrzałego materiału wzdłuż stoku w okresie czwartorzędowych zmian klimatu. W glebach wytworzonych z pokrywy soliflukcyjnych często obserwowanym zjawiskiem jest skokowa zmiana odczynu w profilu glebowym. Prowadzi to niekiedy, na skutek pojawienia się w runie gatunków acydofilnych, do błędnych wniosków dotyczących oceny możliwości produkcyjnych siedliska (ryc. 7).



Ryc. 6. Zależność między nachyleniem stoku a zawartością przyswajalnego Ca, Mg, K, P w poziomach skały macierzystej gleb wytworzonych: 1 – z gruboziarnistych piaskowców warstw istebniańskich, 2 – z piaskowców i łupków warstw godulskich, 3 – z łupków i piaskowców cienkoławicowych warstw podmagurskich (beloweskich), 4 – z piaskowców i łupków warstw magurskich



Ryc. 7. Przebieg krzywych pH w niektórych glebach stokowych o różnym stopniu degradacji chemicznej; 1 – gleba brunatna wylugowana, 2 – gleba brunatna oglejona, 3 – gleba deluwialna brunatna (poz. 3–5 na rycinie)

Obserwuje się, że im stoki są bardziej nachylone, tym mniejsze są walory produkcyjne gleb, maleje udział gleb o infiltracyjno-retencyjnym typie obiegu wody, a więc gleb wykazujących cechy procesów glejowych wywołanych nadwyżką wody. Następuje zatem naturalne, uwarunkowane edaficznie, różnicowanie się składu florystycznego zespołów leśnych na podzespoły i eliminowanie z drzewostanu gatunków o dużych i średnich wymaganiach w stosunku do wody glebowej i składników pokarmowych (jesionu, jawora, wiązu górskiego, jodły, świerka). Udział gleb autogenicznych wykazujących cechy procesów glejowych jest większy w dolnej części stoków. W załomach stokowych, gdzie warstwy przepuszczalne (piaskowce) kontaktują się z warstwami nieprzepuszczalnymi (łupkowo-piaskowcowymi i łupkami ilastymi), występują niewielkie płyty gleb hydrogenicznych (gruntowo-glejowych, mułowych i torfowych) tworzących siedlisko olszynki bagiennej (*Caltho-Alnetum*).

Gleby dolin rzek i potoków wytworzyły się z pokryw aluwialnych i aluwialno-deluwialnych. Występujące tam gleby (mady rzeczne i gleby deluwialne) odznaczają się dużą zmiennością właściwości fizyczno-chemicznych, zwłaszcza składu granulometrycznego na niewielkiej powierzchni. Gleby te są zazwyczaj wykorzystywane rolniczo. W głęboko wyciętych dolinach rzek i potoków zachowały się fragmenty lasów łęgowych, na ogół silnie zniekształconych.

Zmienność cech biofizycznych, fizycznych i chemicznych gleb górskich jest duża i powoduje, że często na niewielkiej przestrzeni występują gleby o różnych właściwościach. Pojemność wodna gleb górskich w warstwie o miąższości 1 m wynosi od 162 mm

w silnie szkieletowej rędzynie brunatnej wytworzonej z wapienia dolomitycznego w Tatrach do 535 mm w glebie brunatnej wylugowanej wytworzonej z łupków i piaskowców warstw podmargarskich [Brożek i Chmielewska 1986, Brożek i Figura 1988, Brożek i Włodek 1988].

Znaczne różnice pod względem właściwości chemicznych występują zarówno między różnymi typami gleb, jak i w obrębie profilu jednej gleby (ryc. 7). W górach przy odnawianiu lub wprowadzaniu gatunków lasotwórczych należy kierować się ich uwarunkowanymi genetycznie możliwościami adaptacji do warunków klimatyczno-edaficznych zmieniających się w przestrzeni poziomej i pionowej.

Restytucja ekosystemów leśnych

Problem odtworzenia ekosystemu leśnego dotyczy głównie tych terenów, na których kiedyś występowało zbiorowisko leśne, lecz w wyniku działania różnych czynników, najczęściej w wyniku działalności gospodarczej człowieka, zostało ono zniszczone. W różnym stopniu przekształceniu uległy również inne elementy środowiska przyrodniczego, w tym mezo- i mikroklimat oraz właściwości gleb.

Kwestią najważniejszą, ze względu na wielkość obszarów, jest restytucja ekosystemów leśnych na byłych gruntach użytkowanych rolniczo. Restytucja ekosystemów leśnych na pozarządkach, terenach objętych ruchami osuwiskowymi itp. wymaga oddzielnego omówienia. Zarówno pasywne, jak i intensywne odtwarzanie ekosystemu leśnego wymaga bardzo dokładnego poznania właściwości gleb. Trzeba również pamiętać o wielkości i kierunku przekształceń gleb objętych gospodarką rolną w stosunku do standardów, jakimi są gleby występujące w naturalnych zespołach leśnych.

W przypadku gleb użytkowanych rolniczo istnieje dokumentacja ułatwiająca proces regeneracji lasów powstała dzięki przeprowadzonej w latach 1957–1968 jednolitej klasyfikacji gleb. Łącznie sklasyfikowano w tym okresie około 22 mln ha, w tym: 16,1 mln gruntów ornych, 4,2 mln trwałych użytków zielonych (łąk i pastwisk) oraz 1,6 mln ha lasów nie będących pod zarządem ministra leśnictwa. Dokumenty tej klasyfikacji (protokoły klasyfikacyjne, szkice połowe z ustaleniami zasięgów, opisy odkrywek glebowych, mapy klasyfikacyjne w skali 1:2000, 1: 2280 lub 1:5000, zestawienia konturów klasyfikacyjnych i odkrywek glebowych, dokumenty związane z wyłożeniem klasyfikacji zainteresowanym stronom, z jej weryfikacją i rozpatrzeniem zgłoszonych zastrzeżeń) znajdują się obecnie w dyspozycji służb rolnych urzędów gminnych lub w Wojewódzkich Ośrodkach Dokumentacji Geodezyjno-Kartograficznej. Na podstawie klasyfikacji gruntów opracowywane są inne mapy glebowo-rolnicze, tzw. mapy przydatności rolniczej gleb w skali 1:5000 dla poszczególnych wsi, gospodarstw wielkotowarowych i w skali 1:25 000 dla dawnych powiatów. Przedstawiają one zasięgi typów, rodzajów i gatunków gleb oraz klas bonitacyjnych, kompleksów glebowo-uprawowych i kompleksów użytków zielonych. Byłoby ogromnym niedopatrzeniem niewykorzystanie tej dokumentacji, m.in. przez leśników, przed którymi postawiono zadanie zwiększenia lesistości kraju do 33% w połowie XXI wieku. Mimo że od zakończenia klasyfikacji upłynęło ponad trzydzieści lat, to niektóre informacje o glebach, np. o ich typie, rodzaju, gatunku (skład granulometryczny) są nadal aktualne.

Informacje na mapie glebowo-bonitacyjnej podane są w postaci zapisu kodowego, z użyciem symboli literowych i cyfrowych. Na przykład zapis 10-R-B-VI-3a obejmuje zbiór gleb o podobnych właściwościach fizycznych, chemicznych, wartości produkcyjnej i oznacza w kolejności: 10 – numer konturu klasyfikacyjnego, R – użytk orny, B – glebę

brunatną terenów równinowych, nizinnych i wyżynnych, VI – klasę bonitacyjną (grunty orne najsłabsze), 3 – glebę wytworzoną z glin, a – gatunek i odmianę gleby opisane w Komentarzu do Tabeli Klas Gruntów, pod glebami brunatnymi, klasy VI, wytworzonymi z glin.

Nawet po rozszyfrowaniu zapisu leśnicy praktycy, którzy są przyzwyczajeni do korzystania z map glebowo-siedliskowych, mogą mieć trudności z wykorzystaniem danych. W kategorii gruntów ornych klasy VI (grunty orne najsłabsze) i ewentualnie klasy V (grunty orne słabe), a więc dające plony słabe i niepewne roślin uprawnych, wymienia się następujące grupy gleb:

- suche i niespójne oraz bardzo płytkie,
- kamieniste i przez to trudne do uprawy oraz wykazujące niedostatek wilgoci,
- mokre, o stałe wysokim poziomie wody gruntowej, sapowate i zimne,
- ciężkie, zbyt wilgotne, występujące w położeniach utrudniających meliorację.

Wymienione gleby mają cechy gleb zaliczanych do następujących kompleksów przydatności rolniczej: 6 – żytni słaby, 7 – żytni bardzo słaby, 8 – zbożowo pastewny mocny, 9 – zbożowo pastewny słaby, 13 – owsiano-pastewny górski, 14 – gleby orne przeznaczone pod użytki zielone.

Pod zalesienie powinny być również przeznaczone gleby użytków zielonych klasy VI i niektóre gleby klasy V, np. gleby mineralne słabo próchniczne i ubogie w składniki pokarmowe dla roślin, okresowo suche lub nadmiernie wilgotne, gleby organiczne zarówno przesuszone (murszowe), mocno rozpylone, jak i gleby stale podtopione (mułowo-torfowe, torfowe) oraz gleby występujące w trudno dostępnym terenie i zakrzaczone. Należą one z reguły do kompleksu 3z obejmującego użytki zielone słabe i bardzo słabe.

Do zalesienia przeznacza się gleby o dwu wariantach uwilgotnienia: gleby okresowo suche i nadmiernie wilgotne. W zależności od skały macierzystej i jej genezy występują różne warianty troficzności gleb – od gleb oligomezotroficznych wytworzonych ze żwirów i z piasków do gleb eutroficznych wytworzonych z glin, pyłów lub ilów. W obrębie jednej klasy bonitacyjnej gleb użytkowanych rolniczo można oczekiwać wyraźnego zróżnicowania potencjalnych siedlisk – od borów mieszanych świeżych lub wilgotnych do lasów świeżych lub olsów jesionowych. Dlatego przygotowano tabele korelacji pomiędzy klasą bonitacyjną gleby a jej wartością jako potencjalnego siedliska leśnego (tab. 5, 6).

Po odczytaniu z mapy glebowo-bonitacyjnej zakodowanej informacji o glebie, która jest umieszczona w obrębie konturu klasyfikacyjnego, i porównaniu jej z danymi w tabelach korelacyjnych można określić, jakie potencjalne siedlisko leśne tworzy dana gleba. Z zapisu R-B-VI-3a wynika, że gleby tak oznaczone na mapie glebowo-bonitacyjnej tworzą potencjalne siedlisko lasu świeżego, na którym naturalnymi zbiorowiskami leśnymi, w zależności od położenia geograficznego, są podzespoły grądów typowych (*Stellario-Carpinetum*, *Galio-Carpinetum*, *Tilio-Carpinetum*) lub żyznej buczyny niżowej (*Melico-Fagetum*). Uwzględniając następnie położenie gleby (kraina przyrodniczo-leśna, dzielnica, piętro klimatyczno-roślinne), można już ustalić, opierając się na zaleceniach zawartych w *Zasadach hodowli lasu* i opracowaniach fitosocjologicznych dotyczących danego terenu, jaki powinien być racjonalny skład gatunkowy zalesień i zbiorowisk docelowych. Mapy glebowo-bonitacyjne zawierają także informacje o powierzchni konturu klasyfikacyjnego. Znając powierzchnię i siedliska, można więc przystąpić do zorganizowania bazy szkółkarskiej w celu wyprodukowania odpowiedniej liczby sadzonek potrzebnych gatunków drzew.

Tabela 5. Tabela korelacyjna gleb gruntów ornych i potencjalnych siedlisk leśnych

Klasa bonitacyjna	Typ siedliskowy lasu	Zbiorowisko leśne w klimaksowym stadium sukcesji
A. Gleby terenów równinnych, nizinnych i wyżynnych		
R-AB-V-1a R-AB-VI-1a	bór mieszany świeży	<i>Quercus roboris-Pinetum, Serratulo-Pinetum, Fago-Quercetum petraeae, Luzulo-Quercetum petraeae, Pino-Quercetum</i>
R-AB-V-1b	las mieszany świeży	<i>Potentillo-Quercetum, Luzulo pilosae-Fagetum, Stellario-Carpinetum, Galio-Carpinetum, Tilio-Carpinetum</i>
R-AB-VI-1b	las mieszany wilgotny	<i>Stellario-Carpinetum, Galio-Carpinetum, Tilio-Carpinetum, Luzulo pilosae-Fagetum</i>
R-AB-VI-2a R-AB-RZVI-2a	bór mieszany świeży	<i>Quercus roboris-Pinetum, Serratulo-Pinetum, Fago-Quercetum petraeae, Luzulo-Quercetum petraeae, Pino-Quercetum</i>
R-AB-VI-2b	bór mieszany wilgotny	<i>Pino-Quercetum, Betulo-Quercetum roboris, Quercus-Piceetum</i>
R-AB-VI-2c R-AB-RZVI-2d	las mieszany świeży las mieszany wyżynny	<i>Stellario-Carpinetum, Galio-Carpinetum, Tilio-Carpinetum, Luzulo pilosae-Fagetum</i>
R-AB-VI-2a R-AB-RZVI-2d	las świeży las wyżynny	<i>Stellario-Carpinetum, Galio-Carpinetum, Tilio-Carpinetum, Carici-Fagetum, Peucedano cervariae-Coryletosum</i>
R-AB-VI-2e	las mieszany świeży	<i>Stellario-Carpinetum, Galio-Carpinetum, Tilio-Carpinetum, Luzulo pilosae-Fagetum</i>
R-AB-VI-2g R-AB-RZVI-2e	las wilgotny	<i>Stellario-Carpinetum, Galio-Carpinetum, Tilio-Carpinetum</i>
R-AB-VI-2h R-AB-RZVI-2f R-AB-VI-2i	las świeży	<i>Stellario-Carpinetum, Galio-Carpinetum, Tilio-Carpinetum, Melico-Fagetum</i>
R-B-VI-3a R-B-V-4b		
R-B-V-4a		
R-D-Va, b R-E-VIa,d-h R-E-Va	las wilgotny	<i>Stellario-Carpinetum, Galio-Carpinetum, Tilio-Carpinetum</i>
R-E-VIb, c R-E-Vb	ols jesionowy	<i>Circaeo-Alnetum</i>
R-F-VIa R-F-Ba, b	las łągowy	<i>Salici-Populetum</i>
R-F-VIb R-F-Vc, d		<i>Ficario-Ulmetum campestris</i>
R-G-VIa R-G-Va-e		las świeży las wyżynny

Tabela 5. Cd.

Klasa bonitacyjna	Typ siedliskowy lasu	Zbiorowisko leśne w klimaksowym stadium sukcesji
B. Gleby terenów górzystych		
R-H-VIa	Las wyżynny Las górski	<i>Galio-Carpinetum, Tilio-Carpinetum, Dentario enneaphyllidis-Fagetum, Dentario glandulosae-Fagetum</i>
R-I-Vi		
R-I-VIa		
R-I-Va-f		
R-I-Vg		
R-J-Va	Las łęgowy górski	<i>Salici-Populetum, Alnetum incanae</i>
R-K-Va	Las górski	<i>Dentario glandulosae-Fagetum, Carici-Fagetum</i>

Tabela 6. Tabela korelacyjna gleb użytków zielonych i potencjalnych siedlisk leśnych

Klasa bonitacyjna	Typ siedliskowy lasu	Ziorowisko leśne w klimaksowym stadium sukcesji
A. Gleby terenów równinnych, nizinnych i wyżynnych		
BZ-Va BZ-VIa	las świeży las wyżynny	<i>Stellario-Carpinetum, Galio-Carpinetum, Tilio-Carpinetum</i>
BZ(G)-Va	las wilgotny	<i>Stellario-Carpinetum, Galio-Carpinetum, Tilio-Carpinetum</i>
DZ(G)-Va, b DZ(G)-VIa, b		
DZ(G)-Vc		<i>Ficario-Ulmetum campestris</i>
EZ-Va-e EZ-VIa-e FZ(G)-Va FZ(G)-VIa, b	ols jesionowy	<i>Circaeo-Alnetum</i>
FZ-VIa FZ-VIa, b	las łęgowy	<i>Salici-Populetum</i>
FZ(G)-Vb		<i>Ficario-Ulmetum campestris</i>
GZ-Va GZ-VIa GZ(G)-VIa	las wyżynny	<i>Galio-Carpinetum, Tilio-Carpinetum, Dentario enneaphyllidis-Fagetum, Dentario glandulosae-Fagetum</i>
GZ(G)-Va		<i>Carici remotae-Fraxinetum</i>
B. Gleby terenów górzystych		
HZ-Va HZ-VIa	las górski	<i>Dentario enneaphyllidis-Fagetum, Dentario glandulosae-Fagetum</i>
IZ-Va IZ-VIa		
KZ-Va KZ-VIa		
JZ-Va	las łęgowy górski	<i>Alnetum incanae</i>
JZ(G)-Va	ols górski	<i>Caltho-Alnetum</i>
MZ-Va MZ-VIa		

Właściwości gleb gruntów ornych i użytków zielonych pozwalają w wielu przypadkach na pominięcie drzewostanów przedplonowych. Są to z reguły gleby o dobrze wykształconym profilu, tworzące siedliska łęgów, olsów, lasów i borów mieszanych. Na glebach tych można bez większego ryzyka wykorzystać do zalesień gatunki liściaste (z wyjątkiem gatunków cieniowyrzynałych), typowe dla danego siedliska tworzące drzewostan lub naturalną jego domieszkę.

Postępując według proponowanych zaleceń, kosztowne i czasochłonne badania glebo-siedliskowe będzie można ograniczyć do terenów, na których stwierdzono niezgodności z danymi przedstawionymi na mapie glebowo-bonitacyjnej lub budzących wątpliwości co do właściwej oceny siedliska leśnego. Badaniami gleboznawczymi powinny być objęte również tereny, na których zaniechano produkcji rolniczej (ugory), a po kilkunastu latach nie stwierdzono obecności krzewów i siewek gatunków lekkonasiennych, wskaźników naturalnej sukcesji leśnej.

Gleby użytkowane rolniczo różnią się od gleb stale występujących pod zbiorowiskiem leśnym następującymi cechami:

- częstszym występowaniem tzw. podeszwy płuźnej, zwłaszcza w glebach gospodarstw wielkotowarowych, uprawianych ciężkim sprzętem o dużej wydajności,
- mniejszą zawartością części szkieletowych i większą na ogół (licząc w całym profilu) zawartością części spławialnych. Większość gleb uprawnych występujących na Niżu Polskim to gleby z nieciągłością litologiczną (niecałkowite), piaszczysto-naglinowe (piaski różnej genezy podścielone gliną zwałową),
- mniejszą głębokością biologiczną gleby, bowiem ok. 80% systemu korzeniowego roślin uprawnych występuje w poziomie prochniczo-ornym Ap,
- mniejszą porowatością całkowitą, pojemnością powietrzną i wodoodpornością struktury agregatowej,
- większą zasobnością w niektóre składniki pokarmowe dla roślin (N, P, K) i niewłaściwymi proporcjami między nimi, co jest następstwem nawożenia mineralnego,
- mniejszą zawartością materii organicznej utworzonej ze szczątków roślin uprawnych, które są bardziej podatne na procesy mineralizacji niż rośliny drzewiaste i mają odmienny skład chemiczny,
- specyficzną aktywnością mikrobiologiczną i brakiem mikroflory dokonującej rozkładu ligniny,
- brakiem specyficznej dla gleb leśnych mezo- i mikrofauny glebowej, której skład gatunkowy zależy głównie od warunków troficznych,
- niekiedy ograniczeniem ogólnej aktywności mikrobiologicznej (enzymatycznej) np. w wyniku akumulacji metali ciężkich, substancji toksycznych dostarczanych do gleby ze środkami ochrony roślin.

Gleby użytkowane rolniczo po zalesieniu stają się glebami porolnymi, jakimi pozostaną do czasu przywrócenia zespołów leśnych o składzie gatunkowym zbliżonym do klimakosowego. Proces przekształcania gleb porolnych w gleby leśne trwa wiele lat i zależy od właściwości gleb, składu gatunkowego przedplonu i czasu jego oddziaływania oraz od sposobu restytucji ekosystemu leśnego (pasywny – naturalna sukcesja regeneracyjna lub intensywny).

Proces przekształcania gleb porolnych w gleby leśne zostanie przedstawiony na przykładzie przedplonów sosnowych w Beskidzie Sądeckim i zapustów olszy szarej w Bieszczadach [Brożek i in. 1998].

Pod wpływem gatunków przedplonowych najszybciej zaznaczają się zmiany w morfologii profilów glebowych. Na powierzchni gleb w sośninach występuje podpoziom organiczny Ol w postaci ściółki iglastej o przeciętnej miąższości 2–3 cm. Po około 20–25 latach oddziaływania sośniny na gleby dawny poziom Ap (próchniczno-orny) różnicuje się na poziom próchniczny Ah i poziom przejściowy AB (próchniczno-brunatny). Pomiędzy czasem oddziaływania sośnin na gleby a miąższością rozwijającego się poziomu Ah stwierdzono wysoce istotną korelację. Przeciętny przyrost miąższości poziomu Ah wynosi 2,1 cm na 10 lat. Po około 45–50 latach oddziaływania przedplonów sosnowych miąższość tego poziomu osiąga wartości spotykane w glebach leśnych pod 80–100-letnimi drzewostanami jodłowymi.

Wieloletnie oddziaływanie systemów korzeniowych zbiorowisk roślin przedplonów sosnowych na gleby porolne spowodowało również pozytywne zmiany w poziomach zalegających głębiej w porównaniu z glebami użytkowymi rolniczo (na stanowiskach kontrolnych); w glebach przedplonów sosnowych zwiększyła się głębokość występowania poziomów glejowych i wzrosła miąższość biologiczna. Przeciętny przyrost miąższości biologicznej gleb pod sośninami w okresie pierwszych 50 lat ich wzrostu wynosi średnio 5,1 cm na 10 lat. Po około 45–50 latach oddziaływania przedplonu sosnowego miąższość biologiczna gleb porolnych jest zbliżona do oznaczonej w glebach pod drzewostanami jodłowymi.

Podobne przekształcenie morfologii profilów glebowych stwierdzono w glebach pod zapustami olszy szarej w Bieszczadach. Miąższość podpoziomu ściółki leśnej Ol w tych glebach wynosi średnio 1 cm, a miąższość poziomu Ah – około 7 cm. Stopniowy charakter przejścia pomiędzy poziomem AB i Bbr (brunatnym) wskazuje na postępującą modyfikację profilów glebowych, bowiem w glebach na stanowiskach kontrolnych (zbiorowiska trawiate) dawny poziom Ap wyraźnie się jeszcze odcina.

Przemianom morfologii profilów glebowych towarzyszą również zmiany właściwości fizycznych, które zarówno w glebach pod sośninami, jak i pod zapustami olszy szarej zaznaczają się w sposób statystycznie istotny tylko w poziomie próchnicznym Ah. W poziomie Ah gleb przedplonów sosnowych, w porównaniu z poziomem Ap gleb użytkowanych rolniczo, stwierdzono:

- zmniejszenie się gęstości objętościowej gleb z wiekiem przedplonu sosnowego średnio o $0,09-0,24 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$,
- zmniejszenie się zwięzłości gleby o $0,36-0,74 \text{ MPa}$,
- wzrost porowatości całkowitej o $3,0-7,9\%$ objętości gleby,
- wzrost ilości przestworów areacyjnych o $8,3-12,9\%$,
- zwiększenie się przepuszczalności powietrznej gleby i przez to natlenienie korzeni roślin przyczyniające się do wzrostu ich odporności na choroby grzybowe,
- poprawę właściwości hydrologicznych gleby w zakresie przyjmowania opadów burzowych i zmniejszenie się spływu powierzchniowego wody.

Przemiany właściwości chemicznych gleb przedplonów sosnowych zaznaczają się wyraźnie tylko w poziomach próchnicznych Ah i obejmują:

- wzrost kwasowości czynnej (pH) średnio o 0,5 w sośninach klasy Ib (11–20 lat) i o 0,9 w klasie IIIa (41–50 lat),
- wzrost kwasowości potencjalnej (hydrolitycznej) o $2,7-7,1 \text{ cmol (+)/kg}$ gleby,
- wzrost koncentracji Al ruchomego średnio o $10,4-39,1 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ gleby,

- zmniejszenie nasycenia kompleksu sorpcyjnego gleby kationami zasadowymi o 11,0–26,8%,
- przyrost zawartości materii organicznej średnio o $0,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, powszechnie uznawany za czynnik zwiększający odporność sośnin na infekcje grzybowe,
- rozszerzenie wartości C : N świadczące o postępującej przemianie składu chemicznego materii organicznej i aktywności biologicznej gleb,
- tendencję do obniżania zawartości przyswajalnego wapnia, magnezu i fosforu oraz wzrost ilości potasu, manganu, cynku i ołowiu.

W porównaniu z glebami przedplonów sosnowych w glebach pod zapustami olszy szarej stwierdzono:

- mniejszy przyrost kwasowości czynnej (pH), średnio o 0,6,
- znacznie większy przyrost kwasowości potencjalnej (hydrolitycznej), który może być zrównoważony dawką $32 \text{ t CaCO}_3 \cdot \text{ha}^{-1}$,
- większy przyrost Al ruchomego i wzrost o około 100% zawartości fosforanów glinowych trudno dostępnych dla roślin,
- większą akumulację azotu całkowitego, średnio $41 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ i około 2–3-krotne przyspieszenie procesów nityfikacji będącej później przyczyną wzrostu zakwaszenia gleb i etrofizacji wód w potokach.

Pod wpływem przedplonów sosnowych dawne gleby uprawne ulegają przekształceniu w gleby leśne uboższego podzespołu buczyny karpackiej (*Dentario glandulosae-Fagetum*). Zapusty olszy szarej powodują natomiast przekształcenie właściwości biofizycznych i biochemicznych gleb użytkowanych rolniczo, upodabniając je do gleb leśnych bogatych florystycznie podzespołów buczyny karpackiej (*Dentario glandulosae-Fagetum lunarietosum*, *D.g.-F. typicum*). Czynnikiem stanowiącym pewne zagrożenie dla wzrostu i rozwoju gatunków docelowych wprowadzanych na stanowiska po olszy szarej są: nadmierna koncentracja związków azotu i zakwaszenie gleby, co może spowodować względny niedostatek pozostałych makroelementów, zwłaszcza fosforu.

Proces przebudowy przedplonów sosnowych i zapustów olszy szarej może być rozpoczęty, jeśli pod ściółką leśną wykształci się poziom akumulacji próchnicy i osiągnie miąższość 2–3 cm. Następuje to zwykle po upływie 20–25 lat. Proces przebudowy gleb porolnych w gleby leśne od chwili wprowadzenia gatunku przedplonowego do ukształtowania zbiorowiska leśnego o charakterze klimaksowym potrwa około 100–150 lat. Przemiany biologicznych właściwości gleb porolnych, składu mikroflory oraz mezo- i mikrofauny glebowej postępują bowiem znacznie wolniej niż zmiany morfologii, właściwości fizycznych i chemicznych.

W składzie gatunkowym drzewostanów docelowych na gruntach porolnych w Karpatach fliszowych powinno się uwzględnić gatunki typowe dla buczyny karpackiej, a więc głównie jodłę i buka. Ze względu na znaczną żyzność gleb użytkowanych rolniczo wskazane jest zwiększenie domieszki gatunków zalicznych do megatrofów, np. jesionu, jaworu czy wiązu górskiego.

Literatura

- Adamczyk B.** 1966. Studia nad kształtowaniem się związków pomiędzy podłożem skalnym i glebą. Cz. II. Gleby wytworzone z utworów płaszczowiny magurskiej w Górcach. *Acta Agr. Silv., Ser. Silv.*, 6, 1–48.
- Adamczyk B.** 1983. Charakterystyka gleb Babiegórskiego Parku Narodowego. [W:] Park Narodowy na Babiej Górze. *Studia Naturae, Ser. B*, 29, PWN, Warszawa–Kraków.
- Adamczyk B.** 1984. Rola gleby w kształtowaniu środowiska przyrodniczego terenów górskich. *Stud. Ośr. Dok. Geograf. PAN w Krakowie*, 12, 9–47.
- Adamczyk B., Kobylecka S.** 1980. Gleby rezerwatu leśnego Zielona Góra koło Częstochowy. *Ochrona Przyrody*, 43, 301–327.
- Adamczyk B., Kobylecka S.** 1982. Wstępna charakterystyka gleb rezerwatu leśnego Parkowe w Złotym Potoku koło Częstochowy. *Ochrona Przyrody*, 44, 341–375.
- Bednarek R.** 1991. Wiek, geneza i stanowisko systematyczne gleb rdzawych w świetle badań paleopedologicznych w okolicach Osia. *Rozprawy, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń*.
- Brożek S., Chmielewski L.** 1986. Porowatość i nasiąkliwość wodna szkieletu glebowego wybranych górskich gleb leśnych. *Rocz. Glebozn.*, XXXVII, 4, 23–24.
- Brożek S., Maciaszek W., Zwydak M., Wanic T.** 1998. Wpływ olszy szarej zwyczajnej na przekształcenie gleb porolnych w gleby leśne. [W:] *Kongres Leśników Polskich. Materiały i dokumenty t. II, cz. 1*, 356–359.
- Brożek S., Figura T.** 1988. Porowatość i nasiąkliwość wodna szkieletu glebowego wytworzonego z tatyru i wapienia. *Rocz. Glebozn.*, XXXIX, 3, 21–32.
- Brożek S., Włodek P.** 1988. Porowatość i nasiąkliwość wodna szkieletu glebowego wytworzonego z piaskowców godulskich. *Rocz. Glebozn.*, XXXIX, 3, 33–43.
- Kowalkowski A., Borzyszkowski J.** 1977. Badania nad związkami między morfologią powierzchni Ziemi a strukturą pokrywy glebowej. *Rocz. Glebozn.*, 26, 3–4, 3–18.
- Kuźnicki F., Białousz S., Rusiecka D., Skłodowski P., Żakowska H.** 1973. Typologia i charakterystyka gleb górskich obszaru Sudetów. *Rocz. Glebozn.*, 24, 2, 27–84.
- Maciaszek W., Brożek S., Januszek K.** 1987. Współzależność między rzeźbą terenu, a przydatnością użytkową gleb w Zachodnich Karpatach fliszowych. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie, ser. Sesja Naukowa*, 17, 173–188.
- Maciaszek W.** 1996a. Gleby leśne Karpat fliszowych; zróżnicowanie, zagrożenia. *Sylvan*, 4, 41–51.
- Maciaszek W.** 1996b. Gleboznawcze aspekty zamierania dębów w południowo-wschodniej Polsce. *Prace IBL, Ser. A.*, 824, 90–109.
- Maciaszek W.** 1997. Wykorzystanie map glebowo-rolniczych w programie zwiększenia lesistości Polski. *Sylvan*, 5, 61–66.
- Ochrona Środowiska. 1995. *Informacje i opracowania statystyczne*. GUS, Warszawa.
- Strzemski M., Siuta J., Witek T.** 1973. *Przydatność rolnicza gleb Polski*. PWRiL, Warszawa.
- Ugla H., Ferczyńska Z.** 1978. Studia nad właściwościami gleb opadowo-glejowych pod lasami liściastymi w terenach falistych pojezierza Mazurskiego. *Rocz. Glebozn.*, 26, 1, 3–26.

Pielęgnacja sosny i buka w okresie młodocianym (czyszczenia). Jakościowa trzebież grupowa

Andrzej Jaworski*

Sosna

Pielęgnacja upraw i młodników sosnowych wykazuje duże podobieństwo do czyszczeń wykonywanych w odnowieniach bukowych i dębowych. Różni się jednak zasadniczo od zabiegów prowadzonych w uprawach i młodnikach świerkowych oraz jodłowych. Wynika to z właściwości biologicznych i warunków siedliskowych, w jakich wykształca się młodnik sosnowy.

Najłatwiejsze do pielęgnacji są odnowienia z sadzenia, założone w więźbie optymalnej dla danych warunków siedliskowych. Wybór gęstości upraw sosnowych jest ciągle przedmiotem studiów. W Rumunii i Rosji wysadza się od 4 do 10 tys. szt. · ha⁻¹, we Francji nawet mniej, w Polsce od 8 do 10, w Niemczech od 15 do 30, a w Czechach i na Słowacji od 12 do 15 tys. szt. · ha⁻¹.

Sosna pochodząca z siewu nie dorównuje pod względem jakości sosnie sadzonej. Młodniki powstałe z odnowienia naturalnego są trudniejsze do pielęgnacji w porównaniu do odnowień sosnowych z sadzenia. Młodniki pochodzące z samosiewu są dogodnie do pielęgnacji, jeżeli:

- są dostatecznie gęste,
- zwarcie nastąpiło na większych powierzchniach,
- są jak najmniej zróżnicowane pod względem wysokości.

Bardzo dużo zależy od proveniencji (pochodzeń geograficznych), decydują one o dużej zmienności cech i właściwości [Tyszkiewicz i Obmiński 1963]. Właściwa proveniencja pozwala na zmniejszenie intensywności przerzedzenia i przedłuża okres między kolejnymi zabiegami [Korpel 1975].

Szczególnie korzystnymi cechami wyróżniają się sosny pochodzące z północy i obszarów o klimacie kontynentalnym. Przewyższają one sosny z południowych obszarów zasięgu i klimatu morskiego m.in. korzystną budową pnia (prosta strzała, mniej ulegająca zniekształceniom) i regularną koroną (gałęzie krótsze i cieńsze, wykształcające koronę wąską i ostro zakończoną). Równie korzystne cechy jak sosny z północy wykazują ekotypy sosny z terenów górskich (np. rasa karpacka).

* *Katedra Szczegółowej Hodowli Lasu, Akademia Rolnicza im. H. Kollątaja w Krakowie*

Niektóre właściwości biologiczne sosny

Sosna jest gatunkiem wybitnie światłożądnym, odznacza się wczesną kulminacją przyrostu wysokości. Na siedliskach I bonitacji, przy trzebieży umiarkowanej, w warunkach wzrostu bez ocienienia, osiąga kulminację przyrostu wysokości w wieku 15–20 lat. Bieżący przyrost miąższości (tablice Schwappacha, I bonitacja, zabieg A) kulminuje w wieku 35 lat ($11,5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$), a przyrost przeciętny – w wieku 60 lat ($8,1 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$).

W stadium młodocianym decydującym o przyszłej jakości drewna sosna po osiągnięciu panującego lub dominującego stanowiska bądź uwolniona ma skłonności do wykształcania grubych gałęzi i wzrostu na boki. W wieku przedrębnym ma już niewielkie możliwości rozbudowy korony. Wynika to bowiem z niedostatecznych możliwości wykształcenia bocznego systemu korzeniowego. W przypadku usunięcia drzewa konkurencyjnego sosna o wiele wolniej niż buk i świerk opanowuje korzeniami wolną przestrzeń w górnej warstwie gleby [Assmann 1968].

W młodym wieku sosna reaguje na uwalnianie pozytywnie, słabiej w wieku średnim, a w wieku dojrzałym może nastąpić nawet zmniejszenie się przyrostu [Jurča 1978].

Sosna, jak już wspomniano, jest bardzo zróżnicowana genetycznie i dlatego dużo zależy od jej pochodzenia. Taka sama metoda zabiegów w takich samych warunkach może różnie wpływać na wzrost i rozwój drzew oraz jakość produkowanych sortymentów. Wzrost w młodości w luźnym zwarcu powoduje wykształcanie się grubych gałęzi, które decydują o słabszej jakości drewna. Podkrzesanie może tylko częściowo skorygować te wady. Przy gęstym zwarcu dalsze gałęzie obumierają dość szybko, ale nie ma ono już wpływu na szybkość ich odpadania. Na terenach szkód śniegowych sosna ulega złamaniom. Szerokogałęzisty wzrost w młodości prowadzi do zniszczenia lub późniejszego skarłowacenia. Przygłuszone i prześcignięte we wroście sosny po uwolnieniu stosunkowo słabo reagują wzmożeniem przyrostu. Najlepiej reagują sosny z warstwy środkowej, ale znacznie słabiej niż gatunki cienioznośne [Assmann 1968, Jurča 1978].

Na podstawie testów wczesnych niektóre cechy określić można już w trzecim, czwartym roku po wysadzeniu. W wieku 6–8 lat pewne hodowlane cechy sosny są już ujawnione, a w wieku 20–30 lat – w fazie żerdziowiny – cechy przyszłych sortymentów są już z reguły rozstrzygnięte. Wskazuje to, że w wypadku sosny w średnim wieku nie można już za pomocą zabiegów wpłynąć na jej miąższość, jakość i wartość [Jurča 1978].

Cel pielęgnacji

Celem pielęgnacji jest wyhodowanie sortymentów wysokiej jakości, nieznacznie sękatych, o grubości odpowiadającej drewnu tartaczemu. Szczególnie pożądane jest drewno fornirowe, o równomiernym przyroście rocznym, prostowłókniste, o grubości 40–50 cm. Produkcja gorszych sortymentów jest gospodarczo nieopłacalna.

Struktura odnowień jest bardziej urozmaicona niż w młodnikach świerkowych. Wynika to zarówno z warunków wzrostu, jak i cech genetycznych. Silnie wysokościowo zróżnicowane młodniki nie są korzystnym obiektem do pielęgnacji. Głównym celem pielęgnacji jest zwiększenie jakości wzrastających drzew.

Sośniny można podzielić na trzy kategorie [Jurča 1978]:

A – drzewostany, w których realne jest wyhodowanie sortymentów najlepszej jakości, o doskonale oczyszczonych pniach i stosunkowo regularnym przyroście na grubość. Należą

tu drzewostany dobrych proveniencji, na najodpowiedniejszych siedliskach (Bśw, BMśw), charakteryzujące się właściwą strukturą (dostateczna gęstość, niewielki udział drzewek złej jakości, małe zróżnicowanie wysokości). Wiadomo, że duża gęstość sprzyja obumieraniu dolnych gałęzi, ponieważ jednak nie można liczyć na ich wcześniejsze naturalne oczyszczanie, dlatego w pewnych przypadkach konieczne jest podkrzesywanie (250–300 szt.);

B – drzewostany, w których można wyhodować zazwyczaj sortymenty tartaczne, dąży się więc do otrzymania prostych pni, umiarkowanie sękatych. Do tej kategorii należą drzewostany mniej dobrych proveniencji, na bogatych siedliskach, w młodym wieku o strukturze średnio korzystnej, na ogół rzadsze lub z większym udziałem sosen złej jakości czy też niepożądanych gatunków domieszkowych. Są to drzewostany, w których przypadku nie można się spodziewać wyhodowania najcenniejszych sortymentów.

C – drzewostany, w których można dążyć tylko do produkcji miąższości na umiarkowanie prostych pniach bez względu na ich jakość. Należą tu drzewostany wzrastające na ubogich siedliskach, bardzo złych proveniencji i niekorzystnej strukturze, nie przeznaczone jednak do przebudowy.

Zasady pielęgnacji

W przypadku upraw z siewu ze względu na wrażliwość na zagłuszenie oraz łatwość ulegania osutce walka z chwastami i przeredzanie są podstawowymi zabiegami pielęgnacyjnymi. Odnowienia z siewu należy przeredzać po raz pierwszy w ciągu następnej wiosny po wysiewie. Dążymy, by rozmieszczenie pozostałych siewek było możliwie równomierne. Usuwa się okazy chore, słabe, wadliwe itp. Zwraca się też uwagę na sosenki o wyjątkowo silnym ugałęzieniu, które mogą stać się rozpieraczami.

Pielęgnowanie młodnika sosnowego sprowadza się do możliwie wczesnego rozwiązania problemu rozpieraczy przez przeprowadzenie w wieku zwierającej się uprawy szybkiego unieszkodliwienia nadmiernie wybująłych okazów. W tych fazach rozwoju drzewostanu sosnowego zróżnicowanie drzewek jest już znaczne, ale młodnik nie przekracza jeszcze wysokości 1,5 m. Pozwala to objąć wzrokiem sytuację na najbliższym fragmencie uprawy i dostrzeżenie potencjalnych rozpieraczy, a następnie ich unieszkodliwienie. Zabieg ten najlepiej wykonać z użyciem tasaka, toporka lub sekatora, usuwając wierzchołek (ogłowienie) wraz z dwoma najwyższymi okółkami [Szymański i Szczerbiński 1959]. Zapobiegnie to niebezpiecznemu dla młodnika sosnowego przerwaniu zwarcia. Ogłowiona sosenka wypełnia bowiem zwarcie, a następnie wydziela się jako drzewko wielowierzchołkowe, przerośnięte przez sąsiednie okazy. Zdaniem Szymańskiego [1980] po takim rozwiązaniu problemu rozpieraczy młodnik winno się pozostawić bez pielęgnacji do pierwszej trzebieży drzew w wieku 25 lat. Zabieg ten należy niekiedy uzupełniać usuwaniem biczących brzoź i źle ukształtowanych sosenek.

Wczesne rozpoczęcie pielęgnacji młodników sosnowych powoduje, że koszty zabiegów pielęgnacyjnych są mniejsze, dlatego Bell [1974] zaleca wykonywanie tych zabiegów w fazie 5–6-letniej uprawy przy wysokości 1,0–1,3 m i powtórzenie przy wysokości 2–5 m. Polegają one na wycinaniu niepożądanego domieszki i chorych egzemplarzy, ogławianiu rozpieraczy, rozluźnieniu zbyt gęstego odnowienia naturalnego.

W uprawach i młodnikach sosnowych często zbyt obfitą domieszkę stanowi brzoza oddziałująca mechanicznie na sosnę. Intensywność tego oddziaływania zależy m.in. od stopnia zmieszania sosny i brzozy, warunków siedliskowych i wieku drzewostanu.

W młodniku z udziałem sosny i brzozy ujemny wpływ tego drugiego gatunku zaczyna się wtedy, gdy brzoza przewyższa sosnę o 25%. Jest to termin odpowiedni do rozpoczęcia cięć pielęgnacyjnych [Popov 1980].

Do zabezpieczenia ściętych pniaków sosny po zabiegach pielęgnacyjnych przed infekcją ze strony huby korzeni (korzeniowiec wieloletni – *Heterobasidium annosus*) stosuje się środki chemiczne (kreozot, azotyn sodu, boraks) oraz wykorzystuje metody biologiczne. Dobre rezultaty osiągnięto, stosując *Phlebia gigantea* w postaci preparatu „*P. gigantea suspensor* – Ecological Laboratories”, którym należy smarować pniaki sosnowe [Sierota 1975].

Zasady pielęgnacji młodników należących do kategorii A

Termin pierwszego zabiegu powinien nastąpić jeszcze w okresie uprawy lub nalotu, najpóźniej w momencie powstania młodnika, najczęściej ma to miejsce u sosenek w wieku 6–8 lat, najpóźniej, gdy młodnik osiąga wysokość człowieka.

Umiejscowienie zabiegu zależy od stanu młodnika. Przy pierwszych cięciach wykonuje się „czyszczenie górne” w celu wyrównania wysokości przyrostu koron i poprawy składu jakościowego drzewostanu. Osiągnąć to należy w jednym lub kilku nawrotach, zależnie od struktury odnowienia. Pod koniec fazy młodnika, szczególnie na początku żerdziowiny, po osiągnięciu dobrej jakości przechodzi się do niższych warstw.

Intensywność cięć powinna uwzględniać strukturę młodego drzewostanu i jego wiek. Ogólnie można określić je jako zabiegi umiarkowane, szczególnie dotyczy to pierwszych cięć w warstwie górnej. Należy się przy tym starać, aby zwarcie nie zostało istotnie naruszone. W niektórych przypadkach do unieszkodliwienia przerostów i rozpierzaczy zaleca się ogławianie. Późniejsze zabiegi, pod koniec fazy młodnika i na początku żerdziowiny, wykonuje się w warstwach niższych. Cięcia mogą być wtedy nieco intensywniejsze (ich celem może być na przykład polepszenie dostępu), jednakże bez zbytniego naruszania zwarcia.

Sposób wyboru drzew do usunięcia jest uwarunkowany przede wszystkim możliwością szybkiej poprawy struktury młodnika i jego jakości. W pierwszych zabiegach należy usuwać przypadkowe domieszki, a przede wszystkim – kierując się zasadą selekcji negatywnej – uprzętać przedrosty sosnowe. Należy także usuwać sosenki przewyższające wysokością inne, a więc sosenki, które wykazują tendencję do tworzenia rozpierzaczy i przerostów. Cięcia według zasad selekcji negatywnej stosuje się aż do uzyskania pożądanej budowy i składu młodnika. Późniejsze zabiegi w warstwach dolnych też mają charakter selekcji negatywnej. Zależnie od potrzeb wskazane jest stosowanie, ale w odpowiednim zakresie, cięć opartych na zasadach selekcji pozytywnej.

Zasady pielęgnacji młodników należących do kategorii B

Pierwszy zabieg powinien być wykonany później niż w przypadku sośnin kategorii A, dlatego czyszczenia młodników kategorii B należy rozpocząć przy wysokości 2–3 m.

Umiejscowienie zabiegu – podobnie jak w kategorii A, zaś przejście do niższych warstw powinno nastąpić później.

Intensywność zabiegu – większa niż w przypadku kategorii A (w celu przedłużenia okresu między cięciami). Pod koniec fazy młodnika i na początku żerdziowiny należy doprowadzić cięciami do większej przejrzystości i dostępności drzewostanu oraz do przyspieszenia wykształcenia grubszych sortymentów. Silniejsze zabiegi niż w przypadku kategorii A

należy wykonywać w młodnikach gorszych, zbyt gęstych, w których trzeba usuwać rozpieracze. Gdy grozi to naruszeniem zwarcia lub jeśli młodniki są rzadsze i zróżnicowane wysokościowo, wskazane jest ogławianie. Sposób selekcji podobny jak w kategorii A. Początkowo obowiązuje selekcja negatywna, a w fazie żerdziowiny, a więc już z zastosowaniem trzebieży, selekcja pozytywna. W młodnikach rzadszych i zróżnicowanych wysokościowo obowiązują cięcia selekcyjne. W gęstszych i wyrównanych pod względem wysokości można wykonywać kombinacje cięć schematycznych i selekcyjnych.

Zasady pielęgnacji młodników należących do kategorii C

Termin pierwszego zabiegu uwarunkowany jest możliwościami gospodarczymi. Przyступа się do niego później niż w przypadku sośnin kategorii A i B.

Miejsce zabiegów – przeważnie warstwa górna.

Intensywność zabiegów taka, aby następne cięcia były wykonywane rzadko, ale nie rzadziej niż co dziesięć lat.

Sposób selekcji. Należy pozostawić najokazalsze sosny (możliwie równomiernie rozmieszczone) bez względu na ich cechy. Pozostawia się też rozpieracze o prostych pniach, a także drzewa jakościowo najlepsze. W młodnikach kategorii C stosuje się zabiegi indywidualne, gdyż są to młodniki na ogół rzadkie i zróżnicowane wysokościowo. Cięcia schematyczne należy wykonywać w przypadku dużej liczby drzew, aby po wykonaniu takich cięć pozostało dostatecznie dużo równomiernie rozmieszczonych sosenek wykazujących dojrzałość wzrostową.

Zalecenia dotyczące rozpieraczy i przerostów

Podejście do sposobu traktowania rozpieraczy i przerostów nie jest jednakowe i zależy od celu gospodarczego. Przy produkcji drewna tartacznego ocena rozpieraczy musi być ostra. Młodniki powinny zawierać dużo drzew cienko ugałęzionych i niewielką liczbę zdecydowanych rozpieraczy. Przy produkcji drewna budowlanego lub kopalnianego proste przerosty należy oszczędzać ze względu na duży przyrost. Na najlepszych siedliskach sprzyjających produkcji drewna budowlanego rozpieracze usuwa się, gdy są krzywe i rozgałęzione, natomiast pozostawia się rozpieracze proste. Drewno kopalniane powinno się produkować na najsłabszych siedliskach, bo w takich warunkach nie tworzą się rozpieracze lub jest ich mało.

Ponieważ wydzielanie się następuje wolno, konieczne jest powiększanie przestrzeni życiowej przez redukcję drzew. Bardzo ważne jest wczesne rozpoznanie rozpieraczy. Na żyźniejszych siedliskach należy pozbywać się ich wcześniej, bowiem w tych warunkach wszystkie procesy życiowe (np. wydzielanie się drzew) przebiegają szybciej i energiczniej. Na siedliskach słabszych skłonność do tworzenia rozpieraczy jest z natury mniejsza [Puchalski 1969]. Ważna jest wysokość ogławiania sosny. Ogławianie zbyt wysoko prowadzi do stosunkowo szybkiego regenerowania się rozpieraczy. Ogłowione za nisko obumierają i nie utrzymują pożądanego zwarcia. Orientacyjnie można przyjąć wysokość do 1,5 m. Najlepiej jednak ogławiać przez przycinanie wierzchołka z dwoma najwyższymi okółkami [Szymański 1980].

Buk

Niektóre właściwości biologiczne buka

Buk jest gatunkiem cienioznośnym. Kulminację przyrostu osiąga w późnym wieku.

Na siedlisku I bonitacji (według tablic Schwappacha – zabiegi A) należy oczekiwać kulminacji przyrostu bieżącego grubizny w wieku 55 lat ($13,8 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$), a kulminacji przyrostu przeciętnego – dopiero powyżej 125 lat (ponad $9,6 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$). Gatunek ten w niewielkim stopniu podlega oddziaływaniu czynników biotycznych i abiotycznych.

Buk wykazuje wiele pozytywnych cech hodowlanych [Assmann 1968, Jurča 1978]:

- bardzo ważna jest jego silna reakcja na przerwy w zwarciu, bowiem jako gatunek „plastyczny” może wypełnić przestrzeń o bardzo różnej wielkości,

- na cięcia uwalniające koronę reaguje znacznym przyrostem i to nie tylko w młodym wieku,

- ma zdolność szybkiego zwiększania objętości korony i utrzymania w wielu przypadkach zdolności autoregulacji struktury drzewostanu,

- krytyczny stopień smukłości (stosunek wysokości do grubości strzałki), przy którym następuje zginanie pod wpływem nieznacznie obciążonych koron (np. wilgotnym śniegiem) wynosi 180–220,

- jakość drewna określana jest stopniem oczyszczania strzały, nie ma znaczenia szerokość słoje,

- duże naturalne zróżnicowanie kłód, wyrażające się brakiem krzywizn i dobrym oczyszczaniem, stwarza możliwości uzyskania pożądanych wyników przez selekcję uszlachetniającą,

- patogeniczne zagrożenie przez owady (*Agrillus viridis* – opiętek zielony, *Cryptococcus fagi* – czerwiec bukowiec, *Dasychira pudibunda* – szczotecznicza szarawka) oraz grzyby ma stosunkowo małe znaczenie; zagrożenie może być całkowicie wykluczone, gdy uniknie się bocznego odsłonięcia i gwałtownego prześwietlenia.

Omawiany gatunek wykazuje jednak także negatywne cechy hodowlane:

- znaczną tendencję do rozrastania się korony na szerokość,

- zachowywanie suchych liści do wiosny,

- zdolność do wykształcania rozwidleń w różnym okresie rozwoju młodników.

Ostatnio wymieniona cecha wymaga dokładniejszego omówienia. Wykształcanie rozwidleń uwarunkowane jest bardzo często czynnikami genetycznymi. W takim przypadku na tym samym drzewie wykształca się wiele widełek. Cecha ta jest możliwa do rozpoznania już w młodym wieku, bowiem na pędach występują dwa pączki wierzchołkowe (to właśnie z nich powstają następnie rozwidlone pędy). Korygowanie pokroju korony przez przycinanie rozwidleń nie ma w takich sytuacjach sensu, gdyż strzała później znowu się rozdwaja. Buki, które mają jeden pączek wierzchołkowy na jednym pędzie nie mają genetycznych skłonności do wykształcania rozwidleń.

Dwójki (widełki) mogą mieć też charakter cechy „nabytej” w wyniku uszkodzenia pączka szczytowego (np. przez mróz). Wówczas na strzałce występuje pojedyncze rozwidlenie, przycinanie ich jest bardzo pożądane. Powstawaniu podwójnych pędów sprzyja wzrost na powierzchni odsłoniętej [Le Tacon 1983].

Na podstawie obszernych badań Kurth [1946] doszedł do wniosku, że w odnowieniu bukowym środowisko wywiera większy wpływ na jakość drzew niż podłoże dziedziczne.

Ze względu na negatywne cechy omawianego gatunku należy pamiętać, że jakościowy skład młodników bukowych nigdy nie może być uważany za definitywny; konieczne jest prowadzenie selekcji w późniejszym okresie, czyli dokonanie wyboru spośród innych drzew, jeżeli poprzednio dobrze ukształtowane drzewa pogorszyły swą jakość. Najodpowiedniejsze warunki buk znajduje na siedliskach lasowych.

Głównym celem hodowlanym jest osiągnięcie maksymalnie dużego udziału cennych bukowych sortymentów z jednostki powierzchni. Korzystną cenę za drewno bukowe można osiągnąć dopiero za dłużyce o pierśnicy powyżej 30 cm. Najcenniejsze drewno z dużym udziałem najlepszych sortymentów (według Assmanna, klasa A) mają drzewa o pierśnicy 50–60 cm [Assmann 1968].

Struktura odnowienia wynika z jego genezy. Najczęściej są to odnowienia naturalne, wykazujące mniejsze lub większe zróżnicowanie pod względem zagęszczenia, wysokości i jakości.

Biorąc pod uwagę strukturę odnowienia, drzewostany bukowe można podzielić według Jurczy [1978] na trzy kategorie:

kategoria A – młodniki bukowe rosnące w optymalnych warunkach siedliskowych, dostatecznie gęste, o właściwej budowie i strukturze (małe zróżnicowanie wysokości), które dają nadzieję na produkcję najcenniejszych sortymentów w dużym procencie;

kategoria B – młodniki wzrastające w optymalnych lub umiarkowanie dobrych warunkach, ich budowa i struktura nie są całkowicie odpowiednie (stopień zagęszczenia wpływa na pogorszenie jakości, spotyka się przedrosty i przerosty), ale przy właściwej pielęgnacji istnieje możliwość zwiększenia produkcji ogólnej cennych sortymentów. Ich produkcja jest jednak w przypadku tej kategorii buczyn na ogół znikoma;

kategoria C – młodniki bukowe, rosnące w złych warunkach siedliskowych (np. tzw. buczyny przygrzbietowe), źle ukształtowane, nie rokujące dużego stopnia poprawy ich jakości w wyniku cięć pielęgnacyjnych. Zalicza się tu młodniki bardzo źle odnowione (odnowienie nie pokrywa powierzchni równomiernie), rzadkie, wysokościowo niewłaściwie zróżnicowane i jakościowo słabe. W tej kategorii stosuje się tylko zabiegi pielęgnacyjne, nie należy więc oczekiwać poprawy jakości przyszłych sortymentów.

Ogólne zasady pielęgnacji

Pielęgnowanie odnowień buka wymaga utrzymania od młodości silnego, równomiernego zwarcia (w granicach 0,9–1,0). Odnosi się to zarówno do większych powierzchni, jak i grup, i kęp. Młodniki bukowe charakteryzuje wyraźna warstwowość. Zabiegi wykonuje się zasadniczo w warstwie górnej, niekiedy jednak należy wkraczać do warstwy środkowej. Czyszczenia rozpoczyna się od zabiegów w warstwie górnej według zasad selekcji negatywnej, usuwając przede wszystkim przerosty, rozpieracze, sztuki chore, okaleczone, krzywe, o pniu wykazującym genetyczne skłonności do rozwidleń. Zabiegi te nie mogą przerwać zwarcia. Dlatego niejednokrotnie celowe jest ogławianie, przycinanie lub obrączkowanie. Obrączkowanie umożliwia stopniową eliminację drzew niepożądanych. Właściwe obrączkowanie powoduje obumieranie drzew podczas czwartego, najpóźniej piątego okresu wegetacyjnego. Po wykonanym zabiegu pułap koron powinien być wyrównany. Podstawowym błędem popełnianym przy pielęgnacji odnowień bukowych (podobnie jak

dębowych) jest zbyt silne przerwanie zwarcia (poniżej 0,9) i intensywne cięcia w środkowej, a nawet dolnej warstwie. Silne przerzedzenie sprzyja rozwidlaniu się pędów. Młodniki bukowe i dębowe można przerzedzać tylko wówczas, gdy występuje nadmierne zwarcie sprzyjające wyrastaniu zbyt cienkich i smukłych drzew, które ulegają zgięciu lub uszkodzeniu przez śnieg. Sprzyja temu obecność suchych liści. Przegęszczone młodniki wymagają ostrożnego zmniejszania zagęszczenia i zwarcia do wartości podanych na wstępie.

Zasady pielęgnacji podrostów i młodników kategorii A

Pierwszy zabieg należy wykonać już w nalocie, co jest regułą w buczynach odnawialnych rębnią stopniową gniazdową udoskonaloną, szczególnie wtedy, gdy wykształcają się szkodliwe przedrosty. W odnowieniach bez wadliwych drzew zabieg ten można wykonać na początku fazy młodnika. W młodnikach bukowych kategorii A nie wolno dopuszczać do przedłużenia okresu między zabiegami. Pierwsze zabiegi należy wykonywać co trzy lata, późniejsze co pięć lat.

W zabiegach stosowanych w warstwach górnych należy przestrzegać w początkowym okresie czyszczeń. Gdy zbyt gęstemu młodnikowi grozi wysmuklenie, trzeba na początku fazy młodnika zwiększyć intensywność zabiegu, wkraczając do niższych warstw. Zdaniem Jurcy [1978] zabiegi w środkowej warstwie są głównym celem cięć pielęgnacyjnych pod koniec fazy młodnika, gdyż głównie z tej warstwy ukształtuje się przyszły drzewostan.

Pod koniec fazy młodnika, po wykształceniu dobrego jakościowo składu, można zwiększyć redukcję drzew w warstwach niższych. Osiągnięć dzięki temu zarówno „przejrzystość”, jak również zwiększenie się przyrostu na grubość oraz udziału w produkcji ogólnej cennych sortymentów. Tak pielęgnowany młodnik będzie lepiej przygotowany do trzebieży.

Intensywność zabiegów zależy od stanu młodnika. W pierwszym zabiegu wycina się w warstwie górnej przedrosty, przerosty i rozpieracze, drzewa krzywe, chore, uszkodzone oraz rozwidlone. Gdy drzew o cechach negatywnych jest dużo, konieczne jest ich stopniowe usuwanie co dwa, trzy lata.

Po wykonanym zabiegu zwarcie młodnika nie może być przerwane; zadrzewienie poniżej wskaźnika 0,9–1,0. Podanych wartości nie może także przekroczyć zwarcie w młodnikach stabilnych.

Często wskazane jest podkrzesywanie albo ogławianie. W młodnikach niepielęgnowanych skuteczną metodą eliminowania rozpieraczy jest (bez przerywania zwarcia) ich obrączkowanie (zdarcie pierścienia kory na pniu). Właściwie wykonany zabieg powoduje śmierć okaleczonego drzewa zwykle podczas czwartego, najpóźniej piątego okresu wegetacyjnego. Część rozpieraczy rosnących w grupach przy drogach czy szlakach należy pozostawić w celu osiągnięcia zróżnicowania drzewostanu pod względem cech fenotypowych.

Sposób wyboru drzew do usunięcia oparty jest na zasadach selekcji negatywnej (usuwa się drzewa wadliwe i chore, a przy zabiegach w niższych warstwach – drzewa opóźnione w rozwoju). Pod koniec fazy młodnika, gdy ujawniają się cechy pozytywne, można przejść do selekcji pozytywnej [Jurca 1978]. W młodnikach bukowych należy zwracać uwagę na cenne domieszki, które powinno się systematycznie uwalniać.

Zasady pielęgnacji odnowień kategorii B

Termin pierwszego zabiegu powinien przypadać w fazie nalotu lub na początku fazy młodnika, podobnie jak w młodnikach kategorii A. Cięcia w młodnikach niezbyt gęstych, zróżnicowanych wysokościowo, winny być jednak wykonywane nie tak często, lecz nie rzadziej niż co pięć lat.

Początkowo cięcia powinny być wykonywane zawsze w warstwie górnej i w zasadzie przez cały okres młodnika także w tej warstwie. Głównym celem tych cięć jest poprawa budowy, rzadziej kształtowanie cech jakościowych. Nie jest właściwe wykonywanie cięć w warstwach środkowych i dolnych. Cięcia w warstwach górnych regulują zwarcie i poprawiają jakość drzewostanu głównego). Jednak, gdy jest to niezbędne, cięcia pielęgnacyjne można wykonywać także w warstwach dolnych, ale później niż w przypadku buczyn kategorii A, najlepiej dopiero w fazie żerdziowiny (w okresie trzebieży wczesnych). Wyjątek mogą stanowić zwarte (zagęszczone) części młodnika, wtedy do cięć w tych warstwach można przystąpić wcześniej.

Intensywność zabiegu określona jest zasadą, by w fazie młodnika nie nastąpiło przerwanie zwarcia. Zwarcie w młodnikach z większą liczbą drzewek nie może wynosić poniżej 0,9, a w młodnikach z liczbą mniejszą – poniżej 1,0.

Sposób selekcji jest podobny jak w przypadku kategorii A (selekcja negatywna). Ze względu na mniejszą liczbę drzew w młodnikach kategorii B wskazane jest w większym stopniu stosowanie zabiegów o charakterze selekcji pozytywnej, aby jak najwcześniej zaopiekować się względnie najlepszymi bukami. W odnowieniach tej kategorii należy zwracać uwagę na cenne domieszki i to bardziej wnikliwie niż w buczynach kategorii A.

Pielęgnowanie buczyn kategorii C

Termin pierwszego zabiegu i kolejnych powinien być tak dobrany, aby okres między cięciami pielęgnacyjnymi wynosił co najmniej dziesięć lat.

Zabiegi wykonuje się w górnych warstwach dopóty, dopóki konieczne jest usuwanie niepożądanych drzew i przedrostów.

Intensywność cięć powinna być taka, aby zabieg nie musiał być powtarzany częściej niż co dziesięć lat. Sposób wyboru drzew do usunięcia winien mieć charakter selekcyjny.

Jakościowa trzebież grupowa

Z licznych badań, szczególnie lasów pierwotnych, wynika że biogrupy drzew powstają swobodnie i ich rozwój przebiega bez zakłóceń. Proces agregacji, który prowadzi do powstania biogrup jest też charakterystyczny dla drzewostanów pochodzących z odnowienia sztucznego. Ważną cechą drzew tworzących biogrupy jest ich oddziaływanie na siebie w wyniku homoplastycznego zrastania się korzeni. Ponadto korzenie tych drzew sięgają głębiej niż wtedy, gdy rosną pojedynczo. Znane są też przypadki grup dojrzałych drzew złożonych z różnych gatunków (np. dąb i buk, buk i świerk), które stykają się ze sobą w szyi korzeniowej.

Typowe biogrupy tworzą świerki, szczególnie w wyższych położeniach górskich. Dąb ze Spessartu rośnie często w bardzo małych odległościach, podobnie jak buk i jodła w lasach karpackich. Przytoczone przykłady wskazują, że biogrupy są charakterystyczną cechą drzewostanów jedno- i wielogatunkowych.

Ocena trzebieży Schädelina

W trzebieży Schädelina [1934] szczególnie akcentowane jest regularne rozmieszczenie kandydatów i aspirantów. Aby osiągnąć równomierny rozwój koron, autor ten zalecał uwalnianie aspirantów od wpływu najgroźniejszego, wybranego drzewa, powodującego zniekształcenie korony. Drzewa usuwane zgodnie z tym zaleceniem niekiedy nie różnią się zasadniczo pod względem cech przyrostowych i jakościowych od drzew popieranych. W efekcie takiego postępowania tworzą się równomierne, ale duże odległości między aspirantami. Krytycy trzebieży Schädelina podkreślają, że w trosce o równomierność rozmieszczenia aspirantów eliminowane są drzewa konkurencyjne i to niezależnie od tego, czy są jakościowo dobre czy złe.

Zalecenia Schädelina są szczególnie niebezpieczne z powodu pozostawiania w drzewostanach małej liczby drzew dobrej jakości. Trzebież selekcyjna w przypadkach starszych, zaniedbanych drzewostanów zuboża bowiem jeszcze bardziej drzewostan w drzewa tej kategorii.

Trzebieży Schädelina przeciwstawia się koncepcję Bussego [1935]. Według tego autora podczas cięć trzebieżowych należy uwzględniać, zgodnie z naturalnym rozwojem drzewostanów, grupy drzew. Busse uważał, że rozluźnienie biogrup (nazywanych przez niego jednostkami trzebieżowymi) pogarsza produktywność drzewostanu. Należy zatem utrzymać wszystkie najlepsze nośniki przyrostu drzew, zarówno gdy rosną w pożądanej lub niepożądanej odległości, jak i wtedy gdy rosną w grupach. Asymetria koron ma znaczenie drugorzędne, nie wpływa, jak sądził Schädelin, na ekscentryczność pnia.

Założenia jakościowej trzebieży grupowej w drzewostanach bukowych

Metodę trzebieży selekcyjnej opracowali leśnicy niemieccy [Kato 1972, Kato i Mülder 1983] w odniesieniu do drzewostanów bukowych, o wyraźnie nieregularnym rozmieszczeniu drzew i dużych walorach jakościowych.

Drzewostany bukowe cechujące się nieregularnym grupowym rozmieszczeniem drzew powstają często w procesie odnowienia pod osłoną (rębnie częściowe lub stopniowe z długim okresem odnowienia) jako rezultat małej ostrożności przy pozyskiwaniu drewna. Nieregularne, grupowe rozmieszczenie powstaje także jako rezultat procesów naturalnych. Przyczyną może być gwałtowna zmiana warunków glebowych na małej powierzchni, nierównomierne odnowienie naturalne, genetyczne właściwości drzew macierzystych, zaniedbania w pielęgnacji odnowień czy występowanie chorób. Takie naturalne dla drzewostanu zjawisko trzeba wykorzystać w procesie biologicznej racjonalizacji w celu zwiększenia produktywności.

By zwiększyć produktywność drzewostanów bukowych, w odróżnieniu od drzewostanów złożonych z gatunków iglastych, można wykorzystać, przy małej liczbie równomiernie rozmieszczonych drzew wykazujących cechy osobników dorodnych, również osobniki o dobrej jakości, rosnące obok siebie. Buki takie mają zazwyczaj asymetryczne, jednostronnie rozwinięte korony od strony zewnętrznej biogrupy. Stosując zasady selekcji indywidualnej, można 2–4 najlepszym drzewom w grupie poprawić możliwości rozwoju korony. Gdy drzewa te będą zwierały się tylko z jednej strony (od środka grupy), to nie dojdzie do strat przyrostu, ponieważ z innych stron korony byłyby wolne. O prawidłowym przyroście i jego symetrycznym rozkładzie nie decyduje odległość od najbliższego, panującego

drzewa, ale wielkość powierzchni, jaką można udostępnić popieranemu drzewu z bocznej, zewnętrznej strony biogrupy. W wyniku takiego postępowania zwiększy się produkcja w porównaniu z produkcją drzewostanu charakteryzującego się równomiernym rozmieszczeniem drzew najlepszej jakości.

Zasady wyznaczania drzew w jakościowej trzebieży grupowej

Wybiera się 2–4 najlepsze drzewa najwyższej jakości (drzewa przyszłościowe) rosnące po zewnętrznej stronie grupy, bez względu na odległość między nimi (2 m i mniej).

Przestrzeń życiowa (stoisko) pojedynczych buków nie musi być rozłożona symetrycznie wokół ich podstaw, bowiem nie powoduje tworzenia się eliptycznych przekrojów. Każde drzewo musi mieć z boku (od strony zewnętrznej biogrupy) wolną przestrzeń.

Za drzewa przyszłościowe uznaje się te, które mają dobrze ukształtowany pień na odcinku co najmniej 4 m, co pozwala na wyhodowanie drzew najlepszej jakości. Trzebież należy rozpoczynać wtedy, gdy średnia wysokość drzewostanu wynosi 13, a górna – 14 m, co następuje, w zależności od bonitacji, w wieku około 40–60 lat.

Efekty stosowania jakościowej trzebieży grupowej

Kato i Müller [1983] (lasy szkolne Wydziału Leśnego Uniwersytetu w Getyndze) podają, że stosowanie opracowanej przez nich metody trzebieży grupowej spowodowało zwiększenie udziału miąższościowego w miąższości ogólnej drzew najlepszej jakości z 34% (w 1966 r.) do 59% (1981 r.). W przypadku stosowania trzebieży Schädelina, zmierzającej do regularnego rozmieszczenia drzew przyszłościowych, wzrost udziału miąższości najlepszych drzew w miąższości ogólnej był – jak piszą – znikomy (z 34 do 39%). Podobne trendy utrzymały się w przypadku stosowania obu metod trzebieży po 25 latach. Cytowani autorzy szacują, że np. w 100-letnim drzewostanie bukowym zagospodarowanym według zasad trzebieży selekcyjnej liczba drzew wysokiej jakości może być nawet dwukrotnie mniejsza niż w drzewostanach pielęgnowanych zgodnie z zasadami jakościowej trzebieży grupowej. Autorzy ci obliczyli ponadto, że po jej zastosowaniu w drzewostanach II klasy bonitacji, przy docelowej grubości 32,5 cm w korze, powinno być w wieku 70 lat – 420, a w wieku 90 lat – 300 drzew najlepszej jakości (popieranych) na 1 ha. Wartość 140-letnich drzewostanów bukowych może być o 25% większa przy stosowaniu jakościowej trzebieży grupowej niż przy stosowaniu trzebieży selekcyjnej.

Literatura

- Assmann E.** 1968. Nauka o produktywności lasu. PWRiL, Warszawa.
- Bell P.** 1974. Jungbestandspflege in Kiefern- und Fichtenbeständen. Allg. Forstzeitschr. Jg., 29, nr 29, 651–652.
- Busse J.** 1935. Gruppendurchforstung. Silva, Jg., 13, 19, 145–152.
- Jurča J.** 1978. Technika pěstění lesu v hospodařstvi pasečnem. [W:] Pěstění lesu, red. M. Vyskot i inni. SZN, Praha, 27–356.
- Kato F.** 1972. Die qualitative Gruppendurchforstung der Buche als Problem der entscheidungsorientierten forstlichen Betriebswirtschaftslehre. Forst- u. Holzwirt., 4, 72–76.

- Kato F., Mülder D.** 1983. Qualitative Gruppendurchforstung der Buche. Wertentwicklung nach 15 Jahren. Allg. Forst- u. Jagdztg., Jg., 154, 8, 139–145.
- Korpeľ Š.** 1975. Štruktura a fytotechnika vychovy borovicovych huštín. Lesnictvi, R. 21, 8/9, 717–747.
- Kurth A.** 1946. Untersuchungen über Aufbau und Qualität von Buchendickungen. Mitt. Schweiz. Anst., Bd, 24, 2, 479–658.
- Le Tacon F.** 1983. La plantation en plein decouvert: une des causes de la mauvaise form du hêtre dans le nor-dest de la France. Rev. For. Fr., t. 35, 6, 452–459.
- Popov V.K.** 1980. Wzajemne oddziaływanie sosny i brzozy w uprawach leśnych. Les. Ž., 1, 9–12.
- Puchalski T.** 1969. Wybrane zagadnienia z hodowli lasu. Wzrost drzew i drzewostanów. Skrypt WSR, Poznań.
- Schädelin W.** 1934. Die Durchforstung als Auslese- und Veredelungsbetrieb höchster Wertleistung. Verlag P. Haupt, Bern–Leipzig.
- Sierota Z.** 1975. Ocena skuteczności zabiegu sztucznej inokulacji pniaków sosnowych przy użyciu grzyba *Phlebia gigantea* (Fr. Donk) na skalę półgospodarczą. Sylwan, R. 119, 9, 37–43
- Szymański S.** 1980. Doskonalenie selekcyjnej metody cięć pielęgnacyjnych. Sylwan R. 124, 4, 1–6.
- Szczerbiński W., Szymański S.** 1959. Problem przerostów i rozpieraczy w litych młodnikach sosnowych oraz ocena zastosowanych metod ich unieszkodliwienia. Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, Pr. Kom. Nauk Rol. i Leś., t. VI, 1, 3–96.
- Tyszkiewicz S., Obmiński Z.** 1963. Hodowla i uprawa lasu. PWRiL, Warszawa.

Mechanizacja prac leśnych w ochronie bioróżnorodności

Józef Walczyk*

Pozyskiwanie i obróbka nasion

Zachowanie bioróżnorodności drzew leśnych często wiąże się z ingerencją człowieka w środowisko naturalne. Niezbędne są sztuczne odnowienia i zalesienia, co z kolei wymaga wykonania całego szeregu czynności takich, jak pozyskanie nasion, ich obróbka i przechowywanie, wyhodowanie sadzonek, przygotowanie gleby pod odnowienia, sadzenie oraz pielęgnacja sadzonek i upraw. Aby można było wykonać wymienione czynności terminowo, przy małym nakładzie uciążliwej pracy ręcznej, z zachowaniem wysokiej jakości zabiegów, wymagane jest stosowanie specjalistycznych maszyn i urządzeń. W dalszej części zostaną omówione wybrane maszyny służące do pozyskiwania, obróbki pozbiorowej i przechowywania nasion oraz mechanizacji produkcji sadzonek drzew leśnych.

Maszyny i urządzenia do zbioru nasion

Wyróżnia się następujące sposoby pozyskiwania nasion:

1) zbiór nasion opadłych z ziemi – stosowany w przypadku nasion ciężkich (żołędź, bukień),

2) zbiór nasion z drzew ściętych lub obalonych,

3) zbiór nasion z drzew stojących; w tym przypadku rozróżnia się zbiór nasion z krzewów i niskich drzew (do wysokości 10 m) oraz zbiór nasion z drzew wysokich (powyżej 10 m).

Aby zmniejszyć uciążliwość prac związanych ze zbiorem, usprawnić je i zwiększyć ich wydajność, stosowane są następujące maszyny i urządzenia: specjalnej konstrukcji słupolazy, drabiny gospodarcze i ogrodnicze, drabiny linowe, drabiny segmentowe, drabiny teleskopowe, rusztowania przenośne, drabiny na pojazdach mechanicznych, podnośniki na pojazdach mechanicznych, otrząsacze, urządzenia ssawne, balony.

Słupolazy są dość uciążliwe w stosowaniu, szczególnie w przypadku dobrze ugałęzionych drzew, wymagają odpowiedniej techniki pracy, a ich nieumiejętne stosowanie może prowadzić do uszkodzenia kory drzewa, z tych względów w praktyce stosowane są rzadko.

Drabiny gospodarcze i ogrodnicze są ciężkie, przy dużej długości uciążliwe w transporcie i mogą być stosowane przy pozyskiwaniu nasion z drzew niskich, są urządzeniami prostymi, a ich budowa jest ogólnie znana. Drabiny linowe mogą już być stosowane do zbioru nasion z drzew wysokich, ich budowa jest również prosta, ale ich stosowanie wymaga od zbieracza dużych umiejętności i sprawności fizycznej. Łatwiejsze w użyciu są

* Katedra Mechanizacji Prac Leśnych, Akademia Rolnicza im. H. Kollątaja w Krakowie

drabiny segmentowe, które zbieracz montuje na drzewie, dodając kolejno od góry poszczególne segmenty, drabina taka jest zabezpieczana poprzez mocowanie poszczególnych segmentów do pnia drzewa, jednak i proces montażu, i demontażu jest pracochłonny.

Przykładowe dane drabiny segmentowej: dziewięć segmentów, w tym dwa segmenty 4-metrowe z 13 szczeblami (ciężar każdego segmentu 7,2 kg), sześć segmentów 3-metrowych z 9 szczeblami każdy (ciężar segmentu – 5,3 kg), jednego segmentu 2-metrowego z 7 szczeblami (ciężar segmentu – 4,3 kg). Całkowita długość drabiny wynosi więc 28 m, a ciężar – 50,5 kg. Dlatego drabiny tego typu muszą być montowane z segmentów w pozycji pionowej, gdyż postawienie ich jako całości byłoby bardzo trudne.

Rusztowania przenośne nadają się raczej do pozyskiwania nasion z drzew niskich, a ich stosowanie jest pracochłonne.

Znacznie wyższym stopniem mechanizacji odznaczają się drabiny teleskopowe, najczęściej montuje się je na pojazdach, są drogie, a mimo to nie zapewniają pełnego komfortu pracy zbieracza, ponadto do ich obsługi niezbędne są dwie osoby.

Większości wad drabin teleskopowych nie mają podnośniki hydrauliczne, które zapewniają duży komfort i bezpieczeństwo pracy zbieracza, nie wymagają dwuosobowej obsługi, położenie kosza reguluje zbieracz, a kosz w czasie zbierania zawsze znajduje się w pozycji poziomej.

Przykładowe parametry podnośników: wysokość podnoszenia do 22 m, wysięg boczny do 13 m. Zarówno drabiny teleskopowe, jak i podnośniki hydrauliczne są najczęściej urządzeniami adaptowanymi z innych dziedzin gospodarki (budownictwo, straż pożarna).

Inną organizacją pozyskiwania nasion cechują się otrząsacze. Ich praca polega na wprowadzeniu pnia drzewa w krótkotrwałą wibrację tak, by dojrzałe nasiona opadały na ziemię. Opadłe nasiona mogą być zbierane z rozścielonych wcześniej płacht lub bezpośrednio z ziemi za pomocą urządzeń ssących. Dane techniczne otrząsacza i wydajność otrząsania na przykładzie otrząsacza WSO-1 [Więsik 1991]: wysokość otrząsanych drzew < 25 m, średnica pnia < 0,4 m, kąt nachylenia zbocza do 20°, wydajność: dwóch operatorów i dwunastu zbieraczy przez 12 godzin zbiera szyszki z około 40 drzew o wysokości do 20 m, pozyskując około 200 kg szyszek na godzinę.

Otrząsanie nasion z jednego drzewa za pomocą umocowanej na pniu głowicy wibratora trwa około 1,4 minut, zaś same wibracje trwają około 12 sekund. Na drzewie pozostaje około 15–23% szyszek gorszej jakości.

Przechowywanie i obróbka nasion

Zebrane nasiona należy transportować w odpowiednich skrzyniach umieszczonych na paletach lub w skrzyniopaletach do magazynu, gdzie za pomocą wózków widłowych są rozładowywane i ustawiane w pomieszczeniu o kontrolowanej atmosferze.

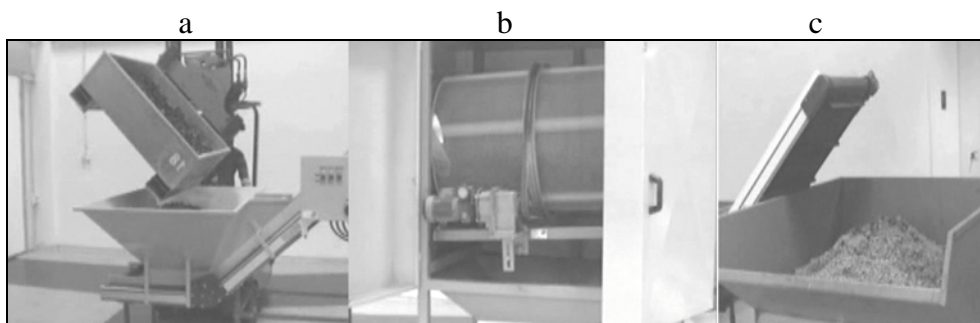
Nasiona z magazynu przechowywania wstępnego są pobierane za pomocą wózka widłowego i przenoszone na linię technologiczną obróbki nasion. Budowa linii będzie omówiona na przykładzie linii technologicznej szwedzkiej firmy BCC [Katalog BCC], w której to urządzenie jest wyposażone wiele polskich łuszczarni nasion, między innymi Leśny Bank Genów Kostrzyca. Pierwszym elementem tej linii jest szafa łuszczarska. Jest to urządzenie składające się z kilku komór suszarniczych, w opisywanym przypadku z czterech, z których każda wyposażona jest w pięć szuflad. Szyszki ze skrzyniopalety przesypuje się

do szuflady umieszczanej jako pierwsza od góry w komorze suszarniczej. Od dołu komory dmuchane jest ciepłe powietrze o określonej temperaturze i kontrolowanej wilgotności, parametry te utrzymywane są według zaprogramowanego reżimu w ściśle określonych zakresach za pomocą sterowników mikroprocesorowych. Po wysuszeniu i otwarciu się szyszek szuflada dolna jest przenoszona wózkiem widłowym na linię wytrząsania nasion, pozostałe szuflady są przemieszczane o jedną pozycję ku dołowi, a do szuflady opróżnionej wsypywane są świeże szyszki i znów jest ona umieszczana jako pierwsza od góry. Takie postępowanie zapewnia dobre wykorzystanie chłonności powietrza i gwarantuje zachowanie właściwego rozkładu temperatury w szafie. Opisaną szafę łuszcarską wraz z wózkiem widłowym służącym do manipulacji szufladami oraz ich napełniania i opróżniania przedstawiono na fotografii 1.



Fot. 1. Szafa łuszcarska; 1 – pulpit sterowniczy, 2 – otwarte drzwi jednej komory szafy, 3 – komora szafy z szufladami, 4 – szuflada z szyszkami, 5 – wózek widłowy do manipulacji (fot. J. Walczyk)

Szyszki z szuflady łuszcarki wysypywane są do kosza zasypowego (fot. 2a) wytrząsacza szyszek, skąd za pomocą przenośnika są transportowane do bębna wytrząsającego (fot. 2b). Bęben ma możliwość regulacji kąta nachylenia położenia osi obrotu. Pozwala to na regulację czasu przebywania szyszek w bębnie, co z kolei umożliwia regulację intensywności wytrząsania nasion. W czasie wytrząsania szyszki przesuwają się powoli w kierunku wylotu z bębna. Wylatujące z niego szyszki spadają na kolejny przenośnik, który transportuje je do zbiornika odpadów (fot. 2c).

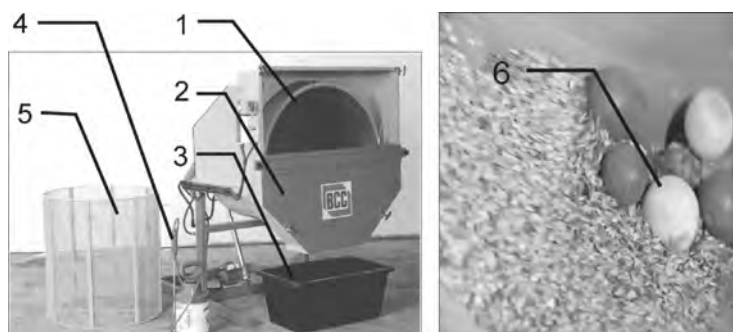


Fot. 2. Wytrząsacz otwartych szyszek; a – kosz zasypowy, b – siatkowy bęben obrotowy o regulowanym kącie pochylenia, c – kosz na puste szyszki (fot. J. Walczyk)

Pozyskane nasiona są przenoszone do odskrzydlacza. Głównymi elementami tego urządzenia są bęben obrotowy o regulowanym kącie ustawienia osi obrotu oraz dwie dysze, jedna rozpylająca wodę, a druga dostarczająca powietrze. Odskrzydlenie nasion może odbywać się na mokro lub na sucho.

Odskrzydlenie suche polega na umieszczeniu w bębnie obrotowym wytrząsacza mieszanki nasion i gumowych piłeczek. W czasie przesypywania się masy w bębnie skrzydełka są obracane przez piłeczki.

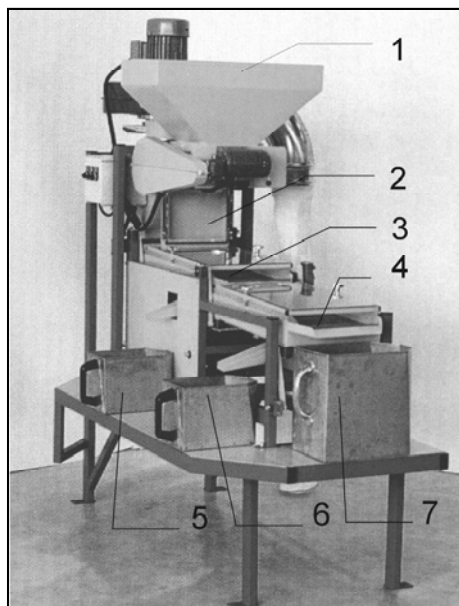
Przy odskrzydleniu mokrym nasiona wsypane do bębna obrotowego są spryskiwane wodą i oblepiają się na jego płaszczu. Po nawilgoceniu nasion włącza się dyszę wodną i uruchamia urządzenie do nadmuchu powietrza. Podczas schnięcia skrzydełka rozprężają się i oddzielają od nasion. Odskrzydłacz po wyposażeniu go w dodatkowy bęben siatkowy może również posłużyć jako wytrząsacz małej partii szyszek. Za pomocą odskrzydłacza można także otoczkować nasiona, zastępując dyszę wodną odpowiednim opryskiwaczem nanoszącym na nasiona masę otoczkującą. Na fotografii 3 przedstawiono odskrzydłacz wraz z dodatkowym wyposażeniem oraz wewnątrz bębna wypełnionego nasionami i piłeczkami gumowymi.



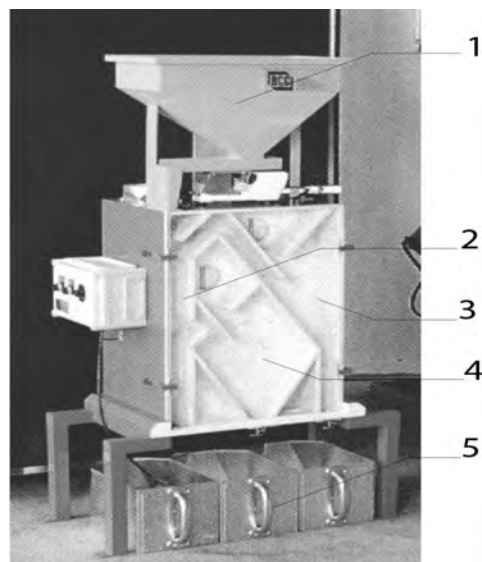
Fot. 3. Odskrzydłacz nasion wraz z dodatkowym wyposażeniem; 1 – bęben obrotowy, 2 – wylot nasion, 3 – zbiornik na odskrzydłone nasiona, 4 – urządzenie do nanoszenia masy otoczkującej, 5 – dodatkowy bęben siatkowy, 6 – nasiona wraz z piłeczkami w bębnie (fot. J. Walczyk)

Po odskrzydleniu nasiona poddawane są procesowi czyszczenia i sortowania. Procesy te mogą się odbywać w czyszczalni pneumatyczno-sitowej [Grochowicz 1994]. Nasiona dawkowane z kosza zasypowego wpadają do kanału podciśnienia. W kanale tym skrzydełka i drobne zanieczyszczenia są odsysane, a same nasiona spadają na kaskadę sit drgających, gdzie są sortowane na frakcje. Sito górne o najmniejszych otworach przepuszcza tylko małe nasiona, większe spadają na sito dolne, przez które przelatuja nasiona większe. Duże zanieczyszczenia spadają z tego sita bezpośrednio do pojemnika. Sita są wymienne i dobierane w zależności od rodzaju i wymiarów czyszczonych nasion. Omawiane urządzenie przedstawiono na fotografii 4.

Oczyszczone nasiona mogą być dodatkowo sortowane na frakcje w separatorze pneumatycznym (fot. 5). W urządzeniu tym nasiona ze zbiornika za pomocą wibratora są dawkowane do kanału głównego. Z kanału tego odchodzą dwa kanały pomocnicze do komór bocznych, w których można regulować wielkość podciśnienia. Nasiona o dużej masie przelatuja przez kanał główny i spadają do zbiornika nasion ciężkich. Nasiona lekkie są odsysane do komory pierwszej i tam się osadzają. Nasiona średnie są zasysane przez kanał drugi i osadzają się w komorze drugiej. Prędkość przepływu powietrza w kanałach pomocniczych jest regulowana przez przysłony kanałów podciśnienia znajdujące się w poszczególnych komorach.

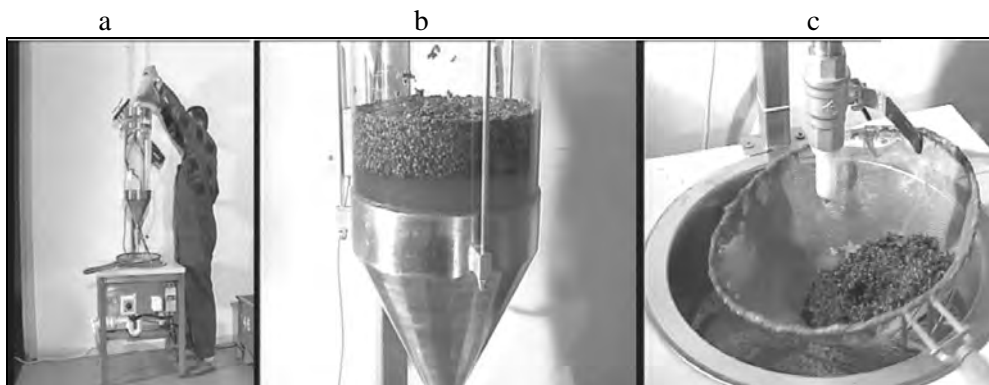


Fot. 4. Czyszczalnia pneumatyczno-sitowa; 1 – zbiornik nasion, 2 – kanał podciśnienia, 3 – sito górne, 4 – sito dolne, 5 – pojemnik na nasiona drobne, 6 – pojemnik na nasiona większe, 7 – pojemnik na zanieczyszczenia grube (fot. J. Walczyk)



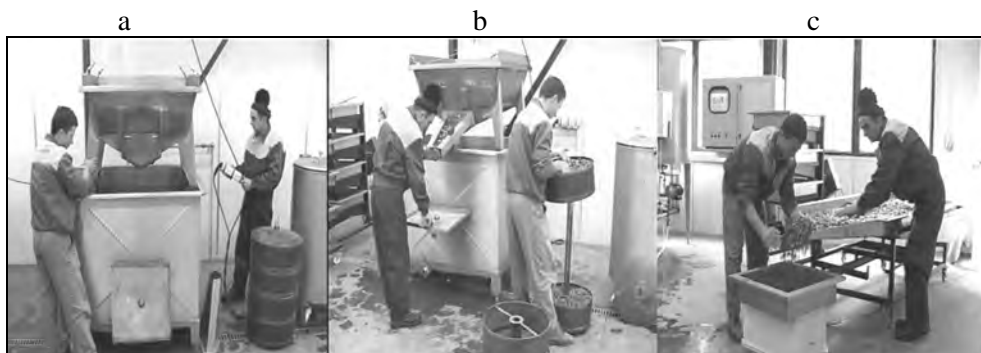
Fot. 5. Separator pneumatyczny nasion; 1 – zbiornik wraz z wibratorem, 2 – kanał pionowy, 3 – pierwsza komora osadowa nasion najlżejszych, 4 – druga komora osadowa nasion o średniej masie, 5 – pojemniki na separowane nasiona (fot. J. Walczyk)

Nasiona z pęknięciami i innymi uszkodzeniami mogą być oddzielane na tzw. separatorze mokrym (fot. 6). Nasiona uszkodzone szybciej nasiąkają wodą i stają się cięższe, dzięki czemu można je łatwo oddzielić od nasion pełnych nieuszkodzonych.



Fot. 6. Mokry separator nasion; a – widok ogólny, b – nasiona dobrej jakości pływające na powierzchni wody, c – spust nasion (fot. J. Walczyk)

Żołędzie mogą być oczyszczone z zanieczyszczeń oraz z martwych i uszkodzonych nasion poprzez splanianie. Odbywa się to w specjalnych wannach z dwoma zbiornikami. Zbiornik wewnętrzny jest wyjmowany i niższy od zbiornika zewnętrznego. Po włączeniu przepływu wody do zbiornika wewnętrznego nasiona puste i zanieczyszczenia przepływają przez jego krawędź i są odprowadzane na zewnątrz. Żołędzie zdrowe pozostają w zbiorniku wewnętrznym, skąd są wybierane (fot. 7).



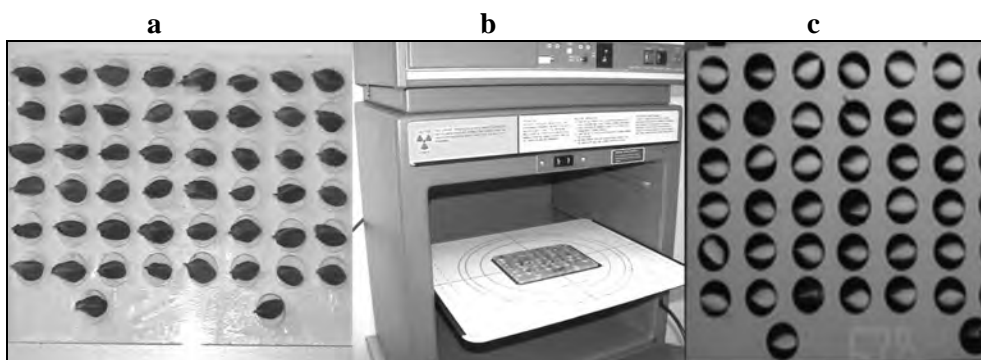
Fot. 7. Proces splaniania nasion; a – wanna do splaniania, b – załadunek splanionych nasion do bębna do termoterapii, c – napętnianie szuflady nasionami przeznaczonymi do osuszania powierzchniowego (fot. J. Walczyk)

Odkazanie żołędzi i bukwi odbywa się w procesie termoterapii (fot. 8). Żołędzie są przetrzymywane przez 2,5 godziny w temperaturze 41°C. Do kotła wkładane są zamocowane nad sobą trzy pojemniki w kształcie walca, do których wysypuje się żołędzie. Płaszcze pojemników wykonane są z blachy perforowanej, by umożliwić swobodny przepływ wody.

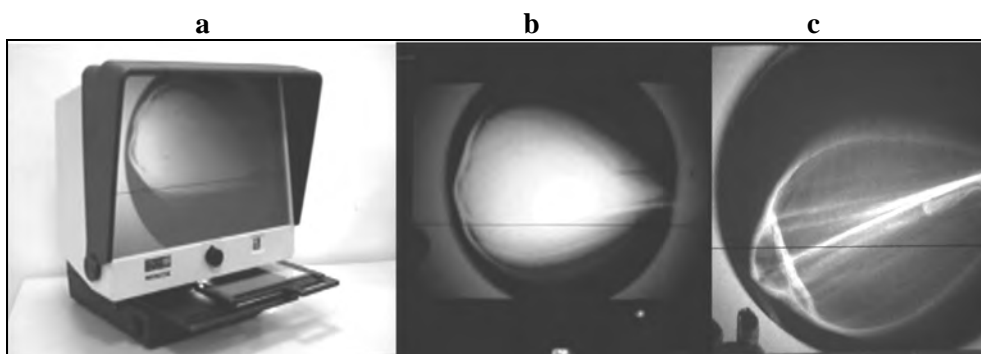


Fot. 8. Proces termoterapii żołędzi; a – kotły podczas wprowadzania perforowanego pojemnika z żołędziami, b – wysypywanie żołędzi z jednej sekcji pojemnika, c – umieszczanie nasion po powierzchniowym osuszeniu w plastikowych beczkach (fot. J. Walczyk)

Partie nasion przeznaczone do przechowania mogą być poddane kontroli za pomocą aparatu rentgenowskiego. Prześwietlenie nasion pozwala wykryć nasiona puste lub o źle wykształconych zarodkach. Nasiona przeznaczone do prześwietlenia układane są w szablonych po 100 sztuk (fot. 9). Szablon jest wkładany do aparatu rentgenowskiego, gdzie klisza jest naświetlana. Po jej wywołaniu ocenia się jakość nasion (fot. 10).



Fot. 9. Proces wykonywania zdjęć rentgenowskich; a – nasiona w szablone przygotowane do zdjęcia, b – aparat rentgenowski z otwartą komorą naświetleń, c – rentgenogram (fot. J. Walczyk)

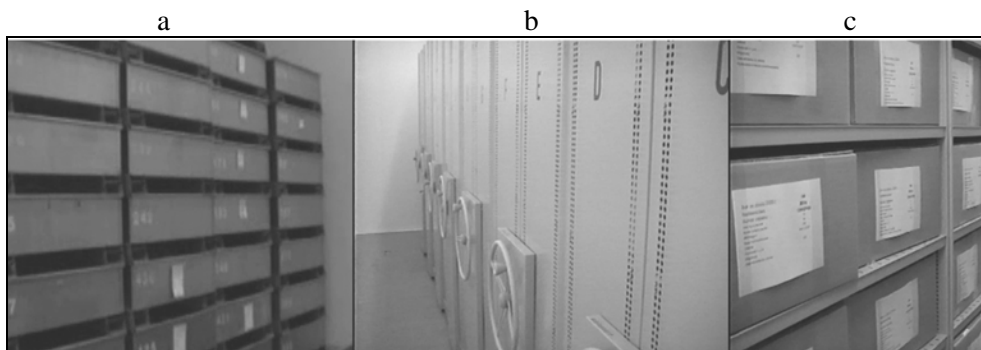


Fot. 10. Proces oceny nasion; a – czytnik rentgenogramów, b – obraz nasiona pełnego, c – obraz nasiona pustego (fot. J. Walczyk)

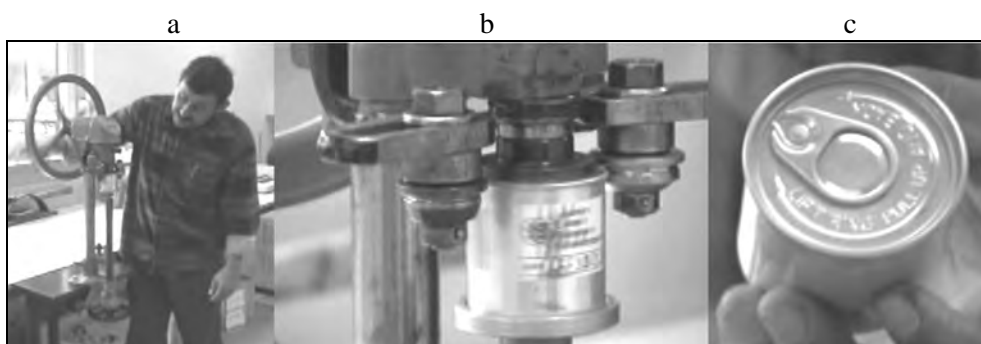
Oczyszczone i odseparowane nasiona przy odpowiedniej temperaturze i wilgotności są przechowywane krótkoterminowo w przechowalniach gospodarczych lub długoterminowo w bankach genów (fot. 11).

Niewielkie partie nasion w banku genów mogą być przechowywane w puszkach konserwowych. Do zamykania puszek stosowane jest specjalne urządzenie (fot. 12).

Po zakończeniu okresu przechowywania nasiona są odpowiednio przysposabiane do siewu (podkiełkowane, skaryfikowane) lub wysiewane bezpośrednio.



Fot. 11. Przechowywanie nasion w banku genów; a – kontenery do przechowywania nasion, b – przesuwne regały, c – przesunięty regał z widocznymi depozytami nasion (fot. J. Walczyk)



Fot. 12. Technologia zamykania puszek z nasionami; a – widok urządzenia, b – mechanizm zaciskowy, c – zamknięta puszka (fot. J. Walczyk)

Skaryfikacja żołądki dębu polega na odcięciu około $\frac{1}{4}$ dolnej części nasiona. Zabieg ten przyspiesza kiełkowanie.

Odpowiednio przechowane i przygotowane nasiona stanowią ważną bazę nasienną pozwalającą na odbudowanie w każdej chwili powierzchni zniszczonych przez klęski żywiołowe lub narażonych na zagrożenia antropogeniczne z zachowaniem właściwego dla danego terenu materiału genetycznego [Suszka i in. 1994, Toka 1998, Nasiennictwo... 1995]. Dzięki rozwiniętemu przechowalnictwu nasion planowane odnowienia i zalesienia mogą odbywać się również w latach nieurodzaju, co pozwala na lepsze wykorzystanie sprzętu i zapewnia stałą pracę obsłudze.

Mechanizacja siewu w namiotach foliowych

W produkcji sadzonek w warunkach kontrolowanych dobre wyniki daje siew bezpośredni nasion do podłoża za pomocą siewników do siewu punktowego, które mają dobrze rozbudowany układ pionowego i poziomego umieszczania nasion w glebie. Siewniki tego

typu wyposażone są najczęściej w pneumatyczny, podciśnieniowy zespół wysiewający, który nie wymaga okrągłego kształtu i jednakowych wymiarów nasion [Tylek i Walczyk 2001a, Tylek i in. 2001].

Zasada pracy omawianych siewników polega na przysysaniu nasion do otworów obrotowej tarczy w zbiorniku nasion i ich przeniesieniu do wytworzonej przez redlicę bruzdy. Tarcze wysiewające są wymienne, a wielkość i liczba otworów są dobierane w zależności od rozmiarów wysiewanych nasion i wymaganej odległości wysiewu w rzędzie. Zwiększenie w tarczy liczby obrotów lub liczby otworów wysiewających powoduje zmniejszenie odległości wysiewu nasion w rzędzie. Na fotografii 13 przedstawiono zespół wysiewający siewnika Omega S075.



Fot. 13. Zespół wysiewający siewnika pneumatycznego zastosowanego w szklarni; a – tarcza wysiewająca po demontażu pokrywy podciśnienia, b – komora nasienna po demontażu tarczy wysiewającej (fot. J. Walczyk)

W namiotach foliowych lub szklarniach ze względu na zbyt małe ich rozmiary i szkodliwość spalin zalecane jest niestosowanie ciągników do napędu siewnika. W związku z tym w Katedrze Mechanizacji Prac Leśnych AR w Krakowie skonstruowano samojezdny nośnik narzędzi z napędem elektrycznym (fot. 14). Nośnik ten składa się z ramy wspartej na czterech kołach, z których dwa są kołami napędowymi, a dwa służą jako koła podporowe. Koła podporowe są kołami skrętnymi i mogą swobodnie dostosowywać się do kierunku jazdy wyznaczonego przez



Fot. 14. Agregat do wysiewu nasion w namiocie foliowym; 1 – sekcja siewnika, 2 – piaskarka, 3 – rama nośnika, 4 – rolka prowadząca, 5 – źródło podciśnienia, 6 – elektryczny silnik napędowy, 7 – koło napędowe (fot. J. Walczyk)

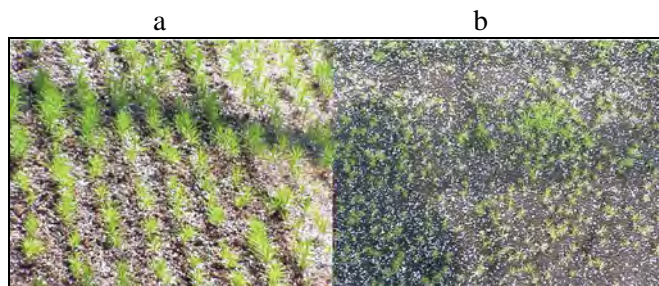
rolki prowadzącej, które poruszają się w prowadnicach znajdujących się z boku obsiewanej grzędy. Dzięki temu rozwiązaniu rama nośnika porusza się stale po tym samym torze. Sekcja siewnika umocowana jest na ramie przesuwnej. Po zasianiu jednego rzędu siewnik wraca do początku grzędy, jest przesuwany na ramie

o wymaganą szerokość rozstawu rzędów i dochodzi do obsiania kolejnego rzędu. Takie rozwiązanie umożliwia uzyskanie dowolnej odległości między rzędami i nie jest ograniczone wymiarami sekcji wysiewającej siewnika. Z siewnikiem zagregatowana jest specjalnie skonstruowana piaskarka, z taśmowym zespołem wysiewającym, do przykrywania wysianych nasion. Przykrycie nasion odbywa się rzędowo w drodze powrotnej siewnika. Grzędę przykrytą piaskiem przedstawia fotografia 15.



Fot. 15. Grzęda po zasianiu i przykryciu nasion piaskiem (fot. J. Walczyk)

Na fotografii 16 przedstawiono efekty ręcznego wysiewu nasiona (a) i siewu za pomocą siewnika punktowego (b). Jak widać, nasiona wysiane z użyciem siewnika lepiej kiełkują i są rozmieszczone bardziej równomiernie.



Fot. 16. Nasiona sosny po wykiełkowaniu; a – siew za pomocą siewnika punktowego, b – wykonany w tym samym czasie siew ręczny (fot. J. Walczyk)

Na powierzchni doświadczalnej obsianej za pomocą omawianego urządzenia od wykiełkowania do końca sezonu wegetacyjnego wypadło zaledwie 4,7% siewek, a w przypadku siewu ręcznego aż 13%. Wyniki te świadczą, że siew mechaniczny jest bardziej korzystny niż siew ręczny, ponieważ jednakowa powierzchnia przypadająca na każde nasiono sprawia, że siewki są bardziej równomiernie wyrosnięte, mają lepszą jakość i łatwiej jest je pielęgnować w czasie wegetacji. Przy siewie mechanicznym wszystkie nasiona są przykryte jednakowo, co już gwarantuje bardziej równomierne wschody i podobny wzrost [Tylek i Walczyk 2001b].

Literatura

- Grochowicz J.** 1994. Maszyny do czyszczenia i sortowania nasion. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Lublinie.
- Katalog maszyn firmy BCC. Profilgaten15, Landskrona, Sweden.
- Nasiennictwo leśnych drzew i krzewów iglastych. 1995. Pr. zbior., red. A. Załęski. Oficyna Edytorska „Wydawnictwo Świat”, Warszawa.
- Susza B., Mülle C., Bonnet-Masimbert M.** 1994. Nasiona leśnych drzew liściastych. PWN, Warszawa–Poznań.
- Toka K.** 1998. Instrukcja technologiczna nr 1. Leśny Bank Genów, Kostrzyca.
- Tylek P., Walczyk J.** 2001a. Mechanical separation of the silver fir seeds. Trends of wood working, forest and environmental technology development and their applications in manufacturing process. Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta environmentálnej a výrobnéj techniky.
- Tylek P., Walczyk J.** 2001b. Metodyka badań cech fizycznych i siew punktowy nasion drzew leśnych. Użytkowanie lasu i inżynieryjne zagospodarowanie lasu na Wydziałach Leśnych w Polsce, badania naukowe i dydaktyka. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Tylek P., Walczyk J., Sabor J.** 2001. Czyszczenie i sortowanie nasion jodły pospolitej w pionowym strumieniu powietrza. PAU, Prace Komisji Nauk Rolniczych, t. 3.
- Więsik J.** 1991. Maszyny leśne. Cz. II. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.

Użytkowanie leśnych baz surowcowych a bioróżnorodność

Anna Barszcz*

Lasy zajmujące w Polsce niemal 1/3 powierzchni skupiają, w związku ze specyficznym położeniem naszego kraju, aż 65% zasobów różnorodności biologicznej [Andrzejewski i Weigle 1993]. Koncentrują one zatem uwagę osób i instytucji działających na rzecz ochrony bioróżnorodności oraz umiarkowanego i racjonalnego użytkowania jej zasobów. Pierwszoplanową rolę pełnią tu sami leśnicy poprzez dążenia do zapewnienia ciągłości i zrównoważonego wykorzystania wszystkich funkcji lasu. Jeśli z jednej strony zabiegi pielęgnacyjne, szczególnie o charakterze wspomagającym naturalne procesy rozwoju i samoregulacji lasu, sprzyjają utrzymaniu lub zwiększaniu różnorodności biologicznej, o tyle pozyskiwanie drewna i innych surowców leśnych może niekiedy w znacznym stopniu ją ograniczać.

Jednym z najbardziej drastycznych zabiegów są zręby zupełne, podobnie jak wiele innych czynności gospodarczych, które mają schematyczny charakter. W opracowanych przez Dyрекcję Generalną Lasów Państwowych *Wytocznych w sprawie doskonalenia gospodarki leśnej na podstawach ekologicznych* [1999] zaleca się stopniową redukcję arealu zrębów zupełnych, z pozostawianiem na tych powierzchniach grup starych drzew pełniących rolę nasienników. Ponadto w otoczeniu takich drzew powinno się pozostawiać istniejące podrosty, podszyty, naloty i runo leśne.

Warunki panujące na otwartych przestrzeniach powstających w wyniku wycinania większych partii drzewostanów prowadzą do wielu negatywnych zmian środowiskowych, szczególnie w warunkach górskich. Zanika tam roślinność runa związana z miejscami ciemnymi, a pojawiają się gatunki charakterystyczne dla terenów otwartych, głównie nitrofilne, o składzie zmieniającym się w miarę upływu czasu. Łączy się z tym również znaczne zubożenie świata fauny leśnej, a w konsekwencji ograniczenie różnorodności biologicznej.

W cytowanych *Wytocznych...* zaleca się stosowanie w dalszym ciągu głównie sortymentowej metody pozyskiwania drewna, z wyróbką prowadzoną w drzewostanie. Ze względu na niebezpieczeństwo zubożenia środowiska leśnego w składniki pokarmowe nie powinno się natomiast stosować szerzej technologii pozyskiwania i wywozu z lasu całej nadziemnej masy drzew.

Już w latach sześćdziesiątych XX w. opracowano w IBL bezpieczne dla środowiska leśnego zasady pozyskiwania igliwia sosny i świerka do przerobu przemysłowego, z uwzględnieniem bonitacji siedlisk [Ostalski i Zdanowski 1960; cyt. za Grochowskim 1990]. Pozostawione w lesie, okrzeseane ze ściętych drzew gałęzie i drobne, ulistnione gałązki w drzewostanach nie zagrożonych bezpośrednio przez szkodliwe owady, grzyby lub pożary przyczyniają się do szybszego obiegu materii oraz mogą korzystnie wpływać na właściwości gleb. Zależnie od ich wielkości oraz miejsca pozostawienia (np. w słońcu lub cieniu) i dzięki bogactwu składników pokarmowych gałęzie te stwarzają warunki do

* Katedra Użytkowania Lasu i Drewna, Akademia Rolnicza im. H. Kollątaja w Krakowie

bytowania wielu gatunkom organizmów, głównie bezkręgowcom. Na najdrobniejszych gałązkach notowano liczne gatunki nicieni i skoczogonków; grubsze zasiedlają zróżnicowane gatunki fauny, niekiedy te same, które spotyka się na obumarłych pniach drzew [Kirby 1992]. Ta kategoria surowca małowymiarowego, inaczej drobnica leśna, w postaci chrustu i gałęzi jest bardzo uciążliwa w wyrobie i pomiarze miąższości, natomiast ceny takiego drewna należą do najniższych. Przy niepełnym wykorzystaniu przez przemysł surowca średniowymiarowego, a zatem istnieniu jego rezerw oraz znikomym jeszcze w naszym kraju popycie na cetynę jako surowiec do produkcji olejków eterycznych lub mąki paszowo-witaminowej, pozostawiona w lesie drobnica, nie uformowana w stopy lub większe skupiska, może odegrać istotną rolę w utrzymaniu bioróżnorodności.

Innym zagadnieniem związanym z problematyką zachowywania lub wzbogacania różnorodności biologicznej lasu przy operacjach pozyskiwania drewna jest ochrona gatunków drzew i krzewów pełniących rolę biocenotyczną, m.in. poprzez umożliwianie bytowania pożytecznym owadom, ptakom i ssakom. Do takich gatunków można zaliczyć jarzębka pospolitego oraz rodzime leśne drzewa owocowe. Chcąc natomiast wzbogacić różnorodność ekosystemów leśnych przez wprowadzanie obcych gatunków domieszkowych, należy działać z dużą rozważą i ostrożnością. Zdarzało się bowiem, że konkurencja z ich strony okazywała się zbyt silna dla gatunków rodzimych [Pancer-Koteja i Szwaagrzyk 1997]. Zasady hodowlane obowiązujące do 1968 r. zalecały, aby prowadząc zręby zupełne, chronić w formie biogrup występujące tam gatunki domieszkowe; wchodziły one następnie w skład nowej uprawy. W przytoczonych wcześniej *Wytocznych...* podkreślono również nie tylko biocenotyczną rolę tych gatunków, ale także ich doniosłe znaczenie w kształtowaniu biologicznej różnorodności lasu, szczególnie na terenach otwartych, jakimi są powierzchnie po usunięciu drzewostanu.

W praktyce często zdarza się, że ze względu na stosowane technologie pozyskiwania drewna, szczególnie na zrębach o dużej powierzchni, łatwiej jest usunąć wraz z drzewostanem głównym również drzewa czy krzewy gatunków domieszkowych. Powoduje to trudności ze zbyt małych ilości surowca gatunków „nietypowych”, a w konsekwencji o mniejszej wartości handlowej. Transport i przerób niewielkich mas surowca znacznie zwiększają koszty tych operacji, stąd też to niekiedy cenne drewno stanowiące bardzo atrakcyjny surowiec meblarski, galanteryjny, snycerski czy stolarski, nierzadko poszukiwany przez odbiorców zagranicznych, klasyfikowane jest u nas najczęściej jako opał, zatem nie według jego jakości i rzeczywistej wartości. Promując bioróżnorodność z funkcjami estetyczno-krajobrazowymi włącznie, należy postulować ochronę gatunków drzew i krzewów o znaczeniu domieszkowym i biocenotycznym. W przypadku natomiast konieczności ich usunięcia, należałoby stosować wszelkie mechanizmy marketingowe, aby surowiec tego rodzaju sprzedać korzystnie, zgodnie z jego wartością i możliwościami zastosowania.

W zakresie obowiązujących w Polsce zasad trzebieży selekcyjnych dąży się do zwiększania jakości pielęgnowanego drzewostanu przez kształtowanie jego struktury i składu gatunkowego oraz usuwanie drzew niepożądanych ze względów gospodarczych. W niektórych krajach również i w tej fazie rozwoju drzewostanu zwraca się ostatnio uwagę na drzewa o słabej jakości technicznej pni, obciążone wadami, niekiedy obumierające – jako istotny aspekt różnorodności biologicznej drzewostanów młodszych klas wieku. Na przykład w Anglii, gdzie na rzecz bioróżnorodności działa się szczególnie aktywnie, proponuje się pozostawianie, według uznania, w zależności od sytuacji w konkretnym drzewostanie pewnej liczby takich drzew, które jako wadliwe lub obumierające mogą jednak stanowić

bazę rozwojową wielu żywych organizmów, a przez to oddziaływać wzbogacająco na naturalne zróżnicowanie drzewostanów młodszych klas wieku [Ferris-Kaan i in. 1993].

Problematyka pozostawiania w lesie starych, obumierających lub martwych drzew wiąże się najczęściej z fazą pełnej dojrzałości drzewostanów do wyrębu. Zależnie od stadium obumierania, stare drzewa po przekroczeniu wieku dojrzałości naturalnej, ze względu na rozwój zgnilizny o różnym stopniu zaawansowania i obecność chodników owadzych, mogą być szacowane co najwyżej jako surowiec najsłabszych klas jakości (S4) aż do leżaniny włącznie, która już tylko w ograniczonym zakresie może służyć jako drewno opałowe. W licznych publikacjach na ten temat podkreślana jest jednak doniosła rola takich drzew w przywracaniu utraconej niekiedy w znacznym stopniu różnorodności biocenozy leśnych oraz w urozmaiceniu krajobrazu [Albrecht 1991, Peterken i in. 1992, Lazdinis 1999, Rykowski i Zbrożek 1999]. Oczywiście do leśnika należy podjęcie decyzji, czy zamierające drzewo nie stanowi zagrożenia ze względów ochrony lasu jako posusz czynny, zasiedlony przez owady powodujące osłabienie i obumieranie drzewostanów. Na tym etapie drzewa te powinny być ścinane i korowane jeszcze przed wylotem owadów doskonałych. Po przejściu przez tę fazę – już jako posusz jałowy – obumarłe, wiekowe drzewa, a potem ich szczątki przez szereg lat stanowią bazę pokarmową i udzielają schronienia liczным żywym organizmom – zwierzętom, głównie bezkręgowcom (w tym pożytecznym owadom drapieżnym i pasożytującym na gatunkach „produkujących posusz”). Stanowią one również podłoże do rozwoju grzybów, bakterii, glonów, mszaków i roślin naczyniowych, tym samym nie tylko nie stanowią sanitarnego zagrożenia dla lasu, ale przyczyniają się w znacznym stopniu do zachowania naturalnej trwałości i równowagi środowiska przyrodniczego.

Na osobne podkreślenie zasługuje rola starych, okazałych drzew w kształtowaniu piękna krajobrazu i jako źródła wrażeń estetycznych (ang. amenity trees). Są to szczególnie drzewa o licznych zniekształceniach pnia, skręcie włókien, dziuplaste, silnie i nisko ugałęzione, trudne do ścinki i wyróbki oraz nieatrakcyjne ze względów komercyjnych.

W materiałach publikowanych w prasie leśnej spotyka się wypowiedzi dotyczące określania ilości starych drzew w lasach zagospodarowanych, przy czym często przytacza się tu dane porównawcze z terenów, gdzie wpływy człowieka są znikome. Z badań prowadzonych przez Albrechta [1991] w Austrii wynika, że w tamtejszych rezerwach zapas martwego drewna wynosi od 50 do 200 m³ · ha⁻¹, podczas gdy w lasach produkcyjnych tylko od 1 do 5 m³ · ha⁻¹. Jaworski [1997] zauważa, że w Polsce cechą charakterystyczną fragmentów lasów karpackich o charakterze pierwotnym są pojedyncze stojące, obumarłe drzewa (5–150 m³ · ha⁻¹) oraz duża ilość leżaniny. Masa ta stanowi od 2 do 28% miąższości drzewostanów, nie zagrażając trwałości. Autorzy badań o tej tematyce prowadzonych na terenie Anglii proponują utrzymanie od 6 do 8 starych, żywych drzew, od 6 do 8 drzew stojących martwych oraz 4, 5 drzew martwych spośród leżących na powierzchni 1 hektara, najlepiej w grupach. W warunkach lasów gospodarczych w pewnym stopniu nawiązuje to do naturalnego cyklu rozwojowego drzewostanów [Ferris-Kaan i in. 1993].

Należy podkreślić, że w przypadku każdego konkretnego drzewostanu decyzja co do możliwości i ilości pozostawienia martwego drewna powinna być dostosowana do sytuacji lokalnej, w tym głównie do potencjalnego zagrożenia sanitarnego. Biorąc pod uwagę stronę ekonomiczną zagadnienia, aby promować bioróżnorodność w taki właśnie sposób, konieczne będzie jednoczesne wdrażanie zasad bardziej racjonalnego i oszczędnego wykorzystania pozyskiwanego surowca o przeznaczeniu użytkowym.

Nowe elementy do praktyki ochrony przyrody, rozpatrując ją również, obok sfery genetycznej i gatunkowej, na poziomie krajobrazowym, wniosła *Konwencja o ochronie różnorodności biologicznej*, zobowiązując państwa – sygnatariuszy do zachowania pełnej różnorodności form życia: w obrębie gatunków i poszczególnych ich populacji oraz różnorodności ekosystemów. Polska podpisując *Konwencję* 5 maja 1992 r. w czasie „Szczytu Ziemi” w Rio de Janeiro i ratyfikując ją w 1994 r., zobowiązała się tym samym do zachowywania pełnej różnorodności form życia na obszarach leżących w naszych granicach oraz do nieprzeszkadzania innym krajom dążącym do tego samego celu. Cytowany dokument cechuje się nowym podejściem do dotychczasowej teorii i praktyki ochrony przyrody, zobowiązując sygnatariuszy do działań na rzecz zachowania różnorodności biologicznej również na terenach użytkowanych gospodarczo.

Rozpatrując całościowo ekosystemy leśne, nie można pominąć zasobów dolnych warstw lasu jako elementu szczególnie istotnego w tworzeniu i utrzymaniu ich różnorodności. Runo leśne i edafon w całym ich bogactwie pełnią m.in. doniosłą rolę w niektórych ogniwach łańcucha pokarmowego aż po gatunki mineralizujące martwą materię organiczną i uwalniające proste związki chemiczne, wprowadzając je do obiegu.

Nie do końca jeszcze poznana jest rola poszczególnych komponentów wchodzących w skład zasobów dna lasu. Wiele z nich dopiero w przyszłości może okazać się źródłem użytecznych (np. leczniczych lub kosmetycznych) surowców naturalnych oraz materiału genetycznego. Inne, pozornie tylko nieważne, mają istotne znaczenie dla prawidłowego funkcjonowania biocenoz. Warstwa runa lub same tylko krzewy leśne mogą być traktowane, zależnie od sytuacji, jako komponenty fundamentalne. Węższym pojęciem są fundamentalne gatunki. Można tu zaliczyć pewne gatunki grzybów dostarczające schronienia i stanowiące pokarm dla specyficznych gatunków owadów odbywających w nich i tylko w nich swój pełny cykl rozwojowy. Rozpatrując zagadnienie w jeszcze innym aspekcie, warto wymienić przykład borówki czernicy, o bardzo dużym u nas znaczeniu użytkowym i wielokierunkowym wykorzystaniu owoców i ziela. Dzięki występowaniu w zwartych łańcach lub płatach borówka pełni rolę glebochronną, a jednocześnie stanowi środowisko życia ponad 200 gatunków owadów i innych stawonogów, o ogromnym znaczeniu dla biocenoz leśnych [Karczewski 1962; cyt. za Grochowskim 1990].

Aby racjonalnie i skutecznie chronić różnorodność biologiczną, konieczne jest, zgodnie z zasadami zawartymi w *Konwencji...*, zidentyfikowanie wszystkich tworzących ją elementów, a następnie poprzez monitoring zwrócenie uwagi na te z nich, które wymagają natychmiastowej ochrony bądź ostrożnego (umiarkowanego) użytkowania. Istotne jest również rozpoznanie procesów i rodzajów działalności mogących wywierać negatywny wpływ na utrzymanie różnorodności biologicznej. Zobowiązanie to jest szczególnie istotne, ale jednocześnie bardzo trudne do realizacji w dziedzinie ochrony tej części biocenoz leśnych, jaką stanowią zasoby runa.

Wśród rodzajów oddziaływań stresowych stanowiących zagrożenie różnorodności biologicznej w Polsce wymienia się m.in. czynniki o charakterze abiotycznym, biotycznym, a przede wszystkim antropogenicznym. Spośród tych ostatnich szczególnie niekorzystne jest schematyczne zagospodarowanie lasów, na przykład omawiane już wcześniej zręby zupełne, a także nadmierna penetracja terenów leśnych przez ludzi (organizowanie wypożyczni i rekreacji oraz masowych grzybobrań).

Ostatnio często poruszany jest problem niekontrolowanego i nieprawidłowego pozyskiwania użytkowych składników runa leśnego – owoców jadalnych i surowców zielarskich, a także atrakcyjnych gatunków dzikich roślin ozdobnych, których zbiór nosi niekiedy cechy dewastacji [Medwecka-Kornaś 1994, Głowacki 1995, Cybulko i Ostalski 1997]. Bezpośrednią tego przyczyną stało się załamanie zorganizowanej, wieloletniej działalności Przedsiębiorstwa „Las” oraz osłabienie aktywności Herbapolu. Inicjatywę w pozyskiwaniu płodów runa leśnego, ich skupie, przetwórstwie i eksporcie przejęły coraz liczniejsze spółki prywatne. W myśl Ustawy o działalności gospodarczej z 28 grudnia 1988 r. (Dz. U. nr 41, poz. 324) dane o charakterze działalności gospodarczej tych firm (np. zbiorze lub skupie owoców leśnych i grzybów) aż do 2000 r. nie podlegały obowiązkowi ewidencji. W efekcie nasiliło się niekontrolowane pozyskiwanie gatunków o największym zapotrzebowaniu. Cytowane przepisy straciły aktualność w 2000 r., kiedy to na mocy nowego Prawa o działalności gospodarczej (Dz. U. nr 101, poz. 1178) wprowadzono taki obowiązek (oficjalne dane publikuje GUS). Nadal nie jest jednak znany poziom pozyskiwania surowców przez prywatnych zbieraczy w celu sprzedaży na targowiskach lub bezpośrednio na potrzeby gospodarstw domowych.

Na występujące w Polsce zagrożenie grzybowisk składa się również wiele przyczyn, m.in. nieprawidłowo prowadzony zbiór owocników czy też doszczętne eksploatowanie zasobów głównie kilku lub kilkunastu poszukiwanych, najlepiej znanych gatunków. Nikła świadomość ekologiczna społeczeństwa skutkuje niedocenianiem roli grzybów w związkach mikoryzowych z roślinami wyższymi, w tym także gatunków niejadalnych i trujących, które są bezmyślnie niszczone jako bezwartościowe, bo nie nadające się do spożycia [Grzywacz 1991]. Przeciwdziałanie tym niekorzystnym zjawiskom na podstawie istniejących przepisów może być skuteczne, wymaga jednak uprzedniego rozpoznania wielkości, zasobności i lokalizacji krajowych baz runa leśnego. Zinventaryzowanie bazy omawianych surowców jest zadaniem skomplikowanym, wobec takich jej cech, jak znaczne rozproszenie, krótkotrwałe i nieregularne pojawy płodów (szczególnie owocników grzybów) oraz słaba koncentracja.

Instrukcja urządzania lasu przewiduje możliwość rejestracji roślin użytkowych runa w trakcie prac inwentaryzacyjnych w drzewostanach. Wykonanie takiej inwentaryzacji, wzbogaconej np. dodatkowo o mapy występowania przynajmniej najważniejszych roślin użytkowych runa na terenie nadleśnictw, jest zadaniem kosztownym, podobnie zresztą jak wiele innych działań podejmowanych na rzecz ochrony bioróżnorodności. Na pewno jednak dobre rozeznanie nie tylko zasobów drzewnych, ale całej bazy surowcowej, jaką dysponują nadleśnictwa, przyczyniłoby się do skuteczniejszej ochrony i racjonalnego jej użytkowania.

Należy dążyć do bardziej zdecydowanego wprowadzania w życie postanowień Ustawy o lasach [1991], w myśl której zbiór płodów runa leśnego dla celów przemysłowych, a więc na dużą skalę, wymaga zawarcia umowy z nadleśniczym. Konsekwencją tego byłoby wnieście stosownej opłaty na rzecz nadleśnictwa (np. w formie ryczałtu). Pozwoliłoby to znaleźć środki finansowe właśnie na pokrycie kosztów inwentaryzacji bazy. Działania te mogą być efektywnie wzmocnione również na mocy innych jeszcze przepisów zawartych w cytowanej Ustawie, tj. poprzez systematyczną kontrolę przez straż leśną legalności pochodzenia surowców leśnych w punktach ich skupu lub przetwarzania.

W świadomości społeczeństwa powinno utrwalić się przekonanie, że prowadzony na dużą skalę, a bezprawny, bo nie uzgodniony uprzednio z gospodarzem terenu, zbiór grzybów lub owoców jest tak samo karygodny jak pozyskiwanie ze stanu dzikiego roślin chronionych. Należy tu jeszcze przypomnieć, że w przypadku zbioru na dużą skalę, tzw. zbioru towarowego, wszystkie gatunki grzybów objęte są ochroną częściową, a więc

dotatkowo chronione na mocy innych jeszcze przepisów [Rozporządzenie... 2001]. Z aprobatą i zrozumieniem spotyka się przecież fakt nakładania kar pieniężnych na sprzedających rośliny chronione na targowiskach; jednocześnie zasadą, której zbieracze z reguły potrafią się podporządkować stało się uzyskiwanie imiennych zezwoleń na zbiór dziko rosnących roślin objętych ochroną częściową.

Lepsze poznanie współczesnych zagrożeń, a następnie opracowanie zasad utrzymania różnorodności biologicznej lasów na możliwie wysokim poziomie powinno przyczynić się do trwałości ich istnienia i prawidłowości funkcjonowania.

Literatura

- Albrecht L.** 1991. Die Bedeutung des toten Holzes im Wald. Forstwissen. Centralblatt, 110, 2, 106–113.
- Andrzejewski R., Weigle A.** 1993. Polskie studium różnorodności biologicznej. NFOŚ, Warszawa.
- Cybulko T., Ostalski R.** 1997. Charakterystyka i perspektywy wykorzystania leśnych produktów nieдрzewnych. [W:] Kongres Leśników Polskich. Materiały i Dokumenty. Warszawa, t. 2, 80–88.
- Ferris-Kaan R., Lonsdale D., Winter T.** 1993. The conservation management of deadwood in forests. Research Inf. Note 241. Forestry Commission, Alice Holt Lodge, England.
- Głowacki S.** 1995. Leśne rośliny zielarskie. Las Polski, 22, 11–13.
- Grochowski W.** 1990. Uboczna produkcja leśna. PWN, Warszawa.
- Grzywacz A.** 1991. Eksploatacja i zagrożenia grzybowisk w Polsce. Post. Tech. Leś., 50, 57–62.
- Jaworski A.** 1997. Karpackie lasy o charakterze pierwotnym i ich znaczenie w kształtowaniu proekologicznego modelu gospodarki leśnej w górach. Sylwan, 4, 33–47.
- Kirby P.** 1992. Habitat management for invertebrates: a practical handbook. The Royal Society for the Protection of Birds, Sandy.
- Lazdinis M.** 1999. Ocena wpływu działań gospodarki leśnej na różnorodność biologiczną na Litwie. [W:] Ocena wpływu praktyki leśnej na różnorodność biologiczną w lasach w Europie Środkowej. Studium w zakresie polskiej Ustawy o lasach i innych przepisów prawnych, red. K. Rykowski, G. Matuszewski, E. Lenart. IBL, Warszawa, 287–311.
- Medwecka-Kornaś A.** 1994. Ochrona flory i roślinności na obszarach leśnych: stan i zadania. Ochrona Przyrody, 51, 3–21.
- Pancer-Koteja E., Szwagrzyk J.** 1997. Zachowanie różnorodności biologicznej a gospodarka leśna. Sylwan, 3, 5–11.
- Peterken G.F., Ausherman D., Bucheneau M., Forman T.T.** 1992. Old-growth conservation within British upland conifer plantations. Forestry, 65(2), 127–144.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 września 2001 r. w sprawie określenia listy gatunków roślin rodzimych dziko występujących objętych ochroną ścisłą i częściową oraz zakazów właściwych dla tych gatunków i odstępstw od tych zakazów. Dz. U. nr 106, poz. 1167.
- Rykowski K., Zbrożek P.** 1999. Przegląd polskich kryteriów i wskaźników różnorodności biologicznej w lasach. [W:] Ocena wpływu praktyki leśnej na różnorodność biologiczną w lasach w Europie Środkowej. Studium w zakresie polskiej Ustawy o lasach i innych przepisów prawnych, red. K. Rykowski, G. Matuszewski, E. Lenart. IBL, Warszawa, 205–228.
- Ustawa o lasach z dnia 20 września 1991 r. Dz. U. Nr 101, poz. 444 z późniejszymi zmianami.
- Wytyczne w sprawie doskonalenia gospodarki leśnej na podstawach ekologicznych. 1999. DGLP, Warszawa.

Część IX

Ochrona zasobów genowych Czynniki zagrożenia

Choroby nasion drzew oraz siewek i sadzonek w szkółkach leśnych powodowane przez grzyby

Hanna Stępniewska*

Grzyby są najważniejszą grupą biotycznych czynników chorobotwórczych występujących w gospodarce leśnej. Mogą one porażać drzewa i krzewy praktycznie w każdym wieku, poczynając od okresu produkcji materiału sadzeniowego. W tym najwcześniejszym okresie choroby grzybowe występować mogą na nasionach, siewkach i sadzonkach, prowadząc w efekcie do:

- spadku żywotności nasion poprzez obniżenie ich zdolności i energii kiełkowania,
- zniszczenia nasion,
- osłabienia lub zamierania siewek,
- pogorszenia jakości sadzonek.

Choroby grzybowe mogą występować na nasionach już w czasie ich rozwoju i dojrzewania, następnie po ich opadnięciu na ziemię lub pozyskaniu i wreszcie w czasie ich przechowywania [Mańka 1998]. Na etapie rozwoju nasion może wystąpić bezpłodność. Choroba prowadzi do zniekształcenia owoców drzew i niewytwarzania nasion. Bepłodność świerka powodowana jest przez grzyb *Thekopsora areolata* (Fr.) Magnus. Objawem choroby jest zniekształcony pokrój szyszek (łuski rozchylone, szyszki „nastroszone”). Nasiona tworzą się nielicznie i są słabo rozwinięte lub nie tworzą się wcale. Choroba występuje głównie na świerku pospolitym (znacznie rzadziej na innych świerkach). Bepłodność topoli i olszy powodują grzyby z rodzaju *Taphrina*. Objawy choroby u topoli to żółtawe wybijałości na kwiatostanach żeńskich, a u olszy – hipertrofia, skędzierzawienie i sczerwienie łusek w szyszeczkach [Mańka 1998]. Wykształcone już owoce lub nasiona mogą ulegać mumifikacji. W procesie mumifikacji owoc lub nasienie wykorzystywane jest przez patogena jako substrat odżywczy, stopniowo kurczy się, marszczy i wysycha. Mumifikacja nasion brzozy powodowana jest przez grzyb *Sclerotinia betulae* Woron. Na skrzydełku nasienia tworzą się czarne skleroty (przetrwalniki patogena), które z czasem rozrastają się, nasienie ulega zmumifikowaniu i traci zdolność kiełkowania. Nasiona infekowane są wiosną, jeszcze w kotkach na pędach drzew (porażone kotki są ciemniejsze niż kotki zdrowe). Bezpieczniej jest pozyskiwać nasiona z drzew rosnących pojedynczo lub w małych grupach, ponieważ w drzewostanach brzozowych choroba występuje w większym nasileniu [Mańka 1998]. Znacznie większe znaczenie gospodarcze, zwłaszcza w ostatnich latach, ma mumifikacja żołądzi powodowana przez grzyb *Ciboria batschiana* (Zopf) Buchwald. Objawem porażenia żołądzi są żółte plamy z jasnobrązową obwódką występujące na liściach. Z czasem plamy te ciemnieją i pokrywają się jasnoszarą, a później szaro-brązową grzybnią. Grzybnia rozrasta się stopniowo na całe liście, łupina pęka, tkanki liści brunatnieją, potem czernieją, marszczą się i zasychają. Powstaje w efekcie czarna „mumia”,

* Katedra Fitopatologii Leśnej, Akademia Rolnicza im. H. Kollątaja w Krakowie

w postaci której patogen zimuje. W sprzyjających warunkach wilgotnościowych na zmumifikowanych żołędziach powstają miseczki patogena o średnicy 0,5–2,0 cm, osadzone na nóżce o długości 0,3–3,0 cm [Kowalski 1999]. Na jednym żołędziu może powstać nawet kilkanaście miseczek. Uwalniające się z nich zarodniki dokonują infekcji. Infekowane są głównie żołędzie dojrzewające na drzewach, dalszy ciąg porażenia następuje po ich opadnięciu. Zdrowe żołędzie mogą być porażane przez patogena także przez kontakt z żołędziami chorymi w glebie po siewie jesiennym i w czasie przechowywania. Zmumifikowane, ubiegłoroczne żołędzie są dobrze widoczne na ściółce pod drzewami. Drzewa takie lub całe grupy drzew należałoby wykluczyć ze zbiorów lub pozyskane z nich żołędzie bezwzględnie poddawać termoterapii, tj. kąpeli wodnej o temperaturze 41°C, przez 2,5 godziny. Termoterapia jest jedyną metodą pozwalającą na zniszczenie grzybni patogena wewnątrz nasion. Uzupełniającym zabiegiem ochronnym jest zaprawienie żołędzi fungicydami (zgodnie z aktualnymi zaleceniami IBL). Ponadto żołędzie należy pozyskiwać sukcesywnie, małymi partiami, wkrótce po ich opadnięciu, na płachty lub podwieszane siatki, aby w maksymalnym stopniu ograniczyć możliwość przedostania się zarodników patogena na ich powierzchnię. Odrzucić należy nasiona popękane i uszkodzone [Stocka 2001]. Grzyby z rodzaju *Ciboria* mogą powodować mumifikację owoców i nasion także innych gatunków drzew, np. jodły – *Ciboria rufusca* (Weberb.) Sacc. czy olszy – *Ciboria alni* (Maul ex O. Rostrup) Whetzel [Neergard 1977]. Nie ma to jednak żadnego znaczenia gospodarczego. Duże i silnie uwodnione owoce i nasiona mogą ulegać zgniliznom. Chorobom tym nie towarzyszy zjawisko powierzchniowego pleśnienia nasion, czyli występowania łatwo dostrzegalnych nalotów grzybni [Mańka 1998]. Przykładem jest czarna zgnilizna żołędzi powodowana przez *Ophiostoma* spp. i brunatna zgnilizna żołędzi powodowana przez *Schizophyllum commune* Fr. [Stocka 1993, Mańka 1998]. Choroby z grupy zgnilizn nasion nie mają znaczenia gospodarczego, podobnie jak plamistości występujące głównie na owocach, rzadziej na nasionach. Objawem plamistości skrzydłaków klonu powodowanej przez grzyb *Pleospora platanoides* Kab. et Bub. są wydłużone, ciemnobrunatne plamy na skrzydełkach skrzydłaków. Z kolei plamistość skrzydłaków jesionu powodowana przez grzyb *Heterosporium fraxinii* Ferd. et Winge. prowadzi do powstania szarych plam. Na owocach buka występować może plamistość wywołana przez *Gloeosporium fagi* (Desm. et Roberge) Westend. Plamy są wgłębione, żółtobrunatne, koliste lub nieregularne [Mańka 1998]. Chorobą o istotnym znaczeniu gospodarczym jest natomiast pleśnienie nasion występujące w czasie ich przechowywania. Sprawcami choroby mogą być liczne grzyby z różnych grup systematycznych, m.in. z rodzaju *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichothecium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Gliocladium*, *Chaetomium*, *Verticillium*, *Trichoderma*, *Fusarium*, *Cylindrocarpon* czy *Botrytis cinerea* Pers. Są to saprotrofy lub słabe, nie wyspecjalizowane patogeny zdolne do zainfekowania nasion ze względu na małe natężenie zachodzących w nich procesów życiowych i brak zdolności do reakcji obronnych. Zasiadają wszelkie podłoża organiczne, występują powszechnie w glebie i ściółce. Mają bardzo małe wymagania środowiskowe, a przy tym szybkie tempo rozwoju i zdolność do bardzo intensywnego zarodnikowania. Ich zarodniki mogą być przenoszone przez prądy powietrza i dostawać się na nasiona jeszcze na drzewach. Urošević [1961] podaje [cyt. za: Lilja i in. 1995], że w 1 g nasion świerka pospolitego i sosny pospolitej znajdować się może od 50 do 150 000 zarodników grzybów. Autor ten obserwował, że najmniej zarodników było na

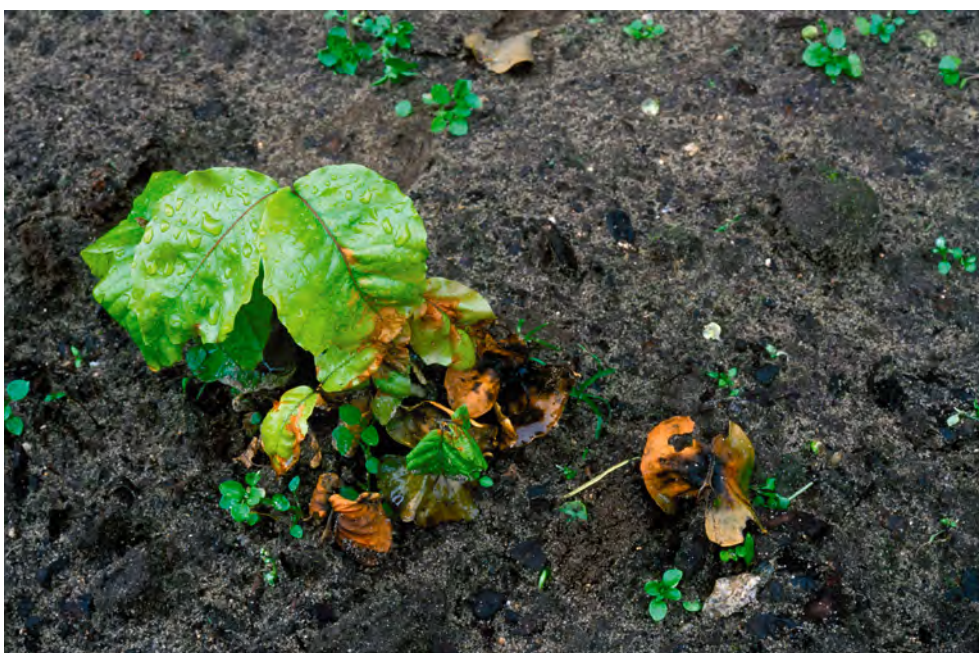
nasionach w szyszkach jeszcze zamkniętych, więcej po ich otwarciu się, a najwięcej po wyłuszczeniu. Objawem pleśnienia są obfite i różnie zabarwione naloty grzybni pokrywające powierzchnię nasion. Z czasem, przy sprzyjających warunkach środowiskowych, może dojść do zniszczenia nasion lub osłabienia ich żywotności, co upodatkowuje je na atak patogenicznych grzybów glebowych. Według Peace'a [1962] trudno stwierdzić, na ile uszkodzenia nasion przez grzyby w czasie kiełkowania powodowane są grzybami znajdującymi się w glebie, a na ile grzybami znajdującymi się pierwotnie na nasionach. Wyniki doświadczeń prowadzonych przez Mittala i Wanga [1993] dotyczących wpływu infekcji grzybowej na kiełkowanie nasion i rozwój siewek *Picea glauca* i *Pinus strobus* świadczą o szkodliwym wpływie grzybów na nasiona i wczesny rozwój siewki. Obniżeniu uległa bowiem – jak piszą – zarówno zdolność, jak i energia kiełkowania, kiełki obumierały, a siewki wyrosłe z nasion zainfekowanych charakteryzowały się gorszymi parametrami. Według Królowej [1979] sztuczne zainfekowanie nasion świerka, sosny i modrzewia zarodnikami *Alternaria tenuis* Nees, *Aspergillus niger* van Tiegh., *Botrytis cinerea* Pers., *Penicillium* spp. i *Trichothecium roseum* Link, zmniejsza zdolność ich kiełkowania. Urošević [1979] donosi o obniżeniu zdolności kiełkowania nasion sosny średnio o 15–20%, a nasion świerka – o 10–15%. Pleśnieniu ulegać mogą nasiona wszystkich gatunków drzew i krzewów, jednak z powodu większych wymagań w stosunku do wilgotności w czasie przechowywania, w porównaniu z wymaganiami pod tym względem nasion drzew iglastych, nasiona drzew liściastych są bardziej narażone na infekcję przez grzyby. Występowaniu pleśnienia sprzyja zbyt wysokie zawilgocenie nasion, przechowywanie w warunkach dużej wilgotności względnej powietrza, przy braku wentylacji i w zbyt wysokiej temperaturze. Chorobie sprzyjają także wszelkie uszkodzenia nasion ułatwiające wnikanie do nich grzybom [Mańka 1998, Stocka 1998].

W ograniczaniu chorób materiału nasiennego powodowanych przez grzyby najistotniejsza jest profilaktyka. Przy zbiorze szyszek należy eliminować szyszki uszkodzone, o nieprawidłowej budowie, z przebarwieniami i nekrozami, które mogą świadczyć o ich porażeniu przez grzyby. Pozwala to na unikanie kontaktu nasion zdrowych z zainfekowanymi, co ogranicza rozprzestrzenianie się infekcji. Nasiona drzew liściastych należy pozyskiwać w krótkich odstępach czasu, w okresie masowego ich opadania, w przypadku żołądki nawet dwa, trzy razy w tygodniu. Zbiór należy prowadzić bezpośrednio z drzew, pozyskiwać bukiw i żołądki na płachty bądź siatki podwieszane lub położone pod drzewami. Zabezpiecza to nasiona przed opanowaniem ich przez grzyby glebowe i pleśniowe podczas leżenia na glebie i ściółce. Należy unikać czynności mechanicznie uszkadzających nasiona, co zapobiega tworzeniu się wszelkiego rodzaju pęknięć łupin nasiennych, przez które grzyby mogłyby dostać się do wnętrza nasion. Zebrane nasiona należy oczyścić z wszelkich zanieczyszczeń mineralnych lub organicznych, wyeliminować wszelkie okazy uszkodzone przez owady, uszkodzone mechanicznie lub wykazujące objawy chorobowe. Zbiór nasion z zanieczyszczeniami powoduje rozprzestrzenianie się grzybni z martwej substancji organicznej na nasiona zdrowe. Nasiona powinny być składowane w miejscu przewiewnym, na suchym podłożu, w warstwie o grubości pozwalającej na ich stopniowe przesychnięcie. W czasie przechowywania nasion należy zachować odpowiednie warunki wilgotnościowe i temperaturowe, nasiona i owoce należy zaprawiać fungicydami o szerokim spektrum działania [Stocka 1993, 1997, 1998, 2001].

Znacznie poważniejszym problemem niż choroby nasion są choroby siewek i sadzonek drzew. Najgroźniejszą chorobą siewek występującą w szkółkach leśnych jest zgorzel pasożytnicza powodowana przez kompleks grzybów związanych ze środowiskiem glebowym obejmujący *Fusarium* spp., *Cylindrocarpon dectructans* (Zins.) Scholten, *Rhizoctonia solani* Kühn, *Phytophthora cactorum* (Leb. et Cohn) Schröt., *Pythium* spp. i inne [Butin 1995]. Za najczęstszych sprawców zgorzeli siewek w szkółkach leśnych w Polsce przyjmuje się grzyby z rodzaju *Fusarium*, zwłaszcza *Fusarium oxysporum* Schlecht. i *R. solani* [Sierota 1997, Mańka 1998, Stocka 2001]. Nadmienić jednak należy, że większość dotychczasowych prac z tego zakresu prowadzonych w Polsce dotyczyła siewek iglastych, zwłaszcza sosny pospolitej. Doniesienia dotyczące zgorzeli siewek liściastych, podatniejszych na infekcję przez *P. cactorum*, są nieliczne [Stocka 1993, 1997, Nowik i Skąlecka 2000]. Z ostatnio opublikowanych prac wynika, że zagrożenie siewek w szkółkach leśnych ze strony tego patogena może być znaczne [Duda 2002, Stępniewska 2003]. Grzyby powodujące pasożytniczą zgorzel siewek to w większości słabe patogeny. Infekcji dokonują, wykorzystując przejściowy kryzys, jaki przechodzi siewka w rozwoju osobniczym, tj. okres między odżywianiem się materiałami zapasowymi z nasienia a początkiem samodzielnej asymilacji. Stąd choroba ta występować może praktycznie na wszystkich roślinach nasiennej. Spośród drzew i krzewów leśnych najbardziej nań podatne są drobnonasienne, zwłaszcza iglaste. Niezależnie od sprawcy objawy choroby są podobne. Jeżeli infekcja nastąpi na etapie kiełkowania, wówczas kiełki zamierają i gniją jeszcze w glebie (zgorzel przedwzrostowa). Objawem choroby widocznym na kwaterze są wówczas przeredzone wschody. Jeżeli infekcja nastąpi w okresie wschodów lub po wzejściu siewek, to korzenie zamierają i czernieją (siewki łatwo wyciąga się z gleby), zamiera szyjka korzeniowa (siewki przewracają się) (fot. 1) i łodyżka siewki, liścienie przebarwiają się na brunatno, siewka stopniowo obumiera. Nieco inaczej wyglądają objawy porażenia siewek liściastych przez *P. cactorum*. Patogen ten może infekować części nadziemne siewek (liścienie, liście, łodyżki). Na liściach występują brunatne, rozległe przebarwienia, a na liściach plamy barwy rdzawej, o wyraźnie ograniczonych brzegach. Łodyżki czernieją i zamierają, przy czym często jest to zamieranie odwierzchołkowe (fot. 2). Podatność siewek na zgorzel powzrostową ogranicza się do wieku 6–8 tygodni po wzejściu, przy czym najgroźniejszy jest okres 2–3 pierwszych tygodni (zgorzel wczesna). Zmarłe siewki lub części siewek stanowią substrat, na którym patogeny zaczynają wytwarzać zarodniki, poprzez które infekcja może rozprzestrzenić się dalej. Zarodniki mogą być rozprzestrzenianie przez prądy powietrza, wodę (w czasie opadów lub deszczowania), przez owady, a także przez człowieka w trakcie prac pielęgnacyjnych. Wyjątkiem jest grzyb *R. solani*, który na porażonych siewkach nie wytwarza żadnych zarodników. Rozprzestrzenia się tylko poprzez grzybnię rozrastającą się w podłożu, stąd w przypadku występowania tego patogena siewki zamierają „placowato” (fot. 3). W przypadku pozostałych patogenów zamieranie siewek ma charakter mniej lub bardziej rozproszony. Sprawców zgorzeli nie można zidentyfikować na podstawie objawów widocznych na siewkach. Niezbędne są badania laboratoryjne siewek i występujących na nich oznak etiologicznych grzybów. Rozróżnienie sprawców zgorzeli za pomocą badań mikroskopowych ich zarodnikowania nie nastęcza większych trudności.



Fot. 1. Objawy zakaźnej zgorzeli na siewkach sosny (fot. M. Kolasiński)



Fot. 2. Objawy porażenia siewek buka przez *Phytophthora cactorum* (fot. M. Kolasiński)



Fot. 3. Placowate zamieranie siewek brzozy porażonych przez *Rhizoctonia solani* (fot. H. Stępniewska)

Znajomość sprawcy choroby jest istotna w sytuacji, gdy niezbędne jest zastosowanie zabiegów chemicznych, ponieważ warunkuje dobranie odpowiedniego, skutecznego fungicydu. Zabiegi chemiczne stosowane w walce z tą chorobą obejmują przedsięwzięcia: zaprawianie nasion, opryski profilaktyczne i interwencyjne siewek oraz dezynfekcję gleby [Mańka M. 1993, Mańka K. 1998]. Zaprawianie nasion ma na celu wyniszczenie materiału infekcyjnego grzybów znajdującego się na nasionach oraz ochronę nasion, a później kielków przed infekcją z gleby. Opryski profilaktyczne siewek należy prowadzić od momentu pęknięcia gleby (a więc jeszcze przed wschodami) w sytuacji, gdy choroba występuje w szkółce corocznie w nasileniu istotnym gospodarczo. Zabiegi interwencyjne prowadzi się już w okresie występowania choroby. Ich celem jest ochrona siewek jeszcze nie porażonych przed infekcją. Z kolei dezynfekcja gleby ma na celu zniszczenie materiału infekcyjnego. Decyzję o przeprowadzeniu tego zabiegu należy jednak podejmować z dużą ostrożnością, ponieważ prowadzi on do zniszczenia całości mikroorganizmów glebowych, w tym także grzybów mikoryzowych, tak istotnych dla prawidłowego rozwoju siewek i sadzonek. Wykaz fungicydów dopuszczonych do stosowania przeciwko zakaźnej zgorzeli siewek w szkółkach leśnych publikuje corocznie Instytut Badawczy Leśnictwa w pozycji: „Ocena występowania ważniejszych szkodników leśnych i chorób infekcyjnych oraz prognoza ich pojawu”. W szkółkach nowo założonych na glebach leśnych problem zgorzeli siewek nie występuje przez kilka pierwszych lat użytkowania. Wynika to z faktu, że w glebach leśnych grzyby zgorzelowe występują w niewielkim nasileniu, ich rozwój jest ograniczany przez inne, konkurencyjne mikroorganizmy, a korzenie siewek zaopatrzone w grzyby mikoryzowe

są odporniejsze na infekcję. W miarę wydłużania okresu użytkowania szkółki, na skutek stosowania nawozów i pestycydów grzyby mikoryzowe i konkurencyjne zanikają, a ciągła, monokulturowa, masowa uprawa siewek – roślin żywicielskich grzybów zgorzelowych, prowadzi do ich intensywnego namnażania się. Tym niekorzystnym zmianom można przeciwdziałać przez:

- stosowanie płodozmianów z roślinami krzyżowymi w ugorze zielonym (rośliny te wytwarzają allelozwiązki ograniczające rozwój patogenów) oraz substancji organicznych (komposty, torf, trociny, ściółka). Poprawia to strukturę gleby, zwiększa zawartość próchnicy i składników pokarmowych oraz wzbogaca zbiorowiska mikroorganizmów glebowych;

- utrzymywanie odczynu gleby na poziomie optymalnym dla hodowanych siewek. Nieodpowiednie pH gleby zwiększa predyspozycję chorobową siewek. Nie ma natomiast większego znaczenia dla samych patogenów, ponieważ są one pod tym względem bardzo plastyczne;

- stosowanie zabiegów zapewniających jak najszybsze skielkowanie nasion, wschody siewek i przejście ich przez okres podatności na zgorzel. Zabiegi te obejmują: 1) wysiew nasion I klasy jakości po ich uprzednim zaprawieniu fungicydami, 2) wysiew w odpowiednim terminie do gleby już ogrzanej, ale jeszcze zasobnej w wilgoć, 3) przestrzeganie prawidłowej głębokości siewu zapewniającej siewkom szybkie wschody, 4) unikanie nadmiernego nawożenia azotowego, które pobudza siewki do wybujałego wzrostu, ale jednocześnie zwiększa ich predyspozycję chorobową [Mańka M. 1993, Mańka K. 1998].

W szkółkach pod osłonami, w których siewki hodowane są na różnych substratach, walka z chorobą jest znacznie łatwiejsza niż w szkółkach otwartych. Jeżeli są to substraty na bazie torfu, kory czy trocin to początkowo, w pierwszym roku użytkowania, są wolne od patogenów. W miarę wydłużania okresu użytkowania substratu, gdy straty powodowane zgorzelą zaczynają się nasilać, substrat należy zdezynfekować lub wymienić na świeży. Jeżeli podłoże hodowlane ma być wzbogacone dodatkiem ściółki, to należy ją pozyskiwać w drzewostanie z miejsc, w których występuje zdrowy nalot. Świadczy to o braku grzybów zgorzelowych w glebie, a jednocześnie o występowaniu grzybów mikoryzowych wchodzących w związki symbiotyczne z korzeniami siewek.

W szkółkach leśnych częste są choroby aparatu asymilacyjnego siewek i sadzonek. Nie prowadzą one do zamarcia roślin, a tylko do ich osłabienia, spadku przyrostu, obniżenia parametrów jakościowych oraz do upodatnienia na ataki innych patogenów. Skutki tych chorób mogą niejednokrotnie ujawnić się dopiero po wysadzeniu roślin na uprawy.

Wiosenna osutka sosny jest groźną chorobą igieł. Powodowana jest przez grzyb *Lophodermium seditiosum* Minter, Staley et Millar. Choroba ta jest najgroźniejsza dla sosny pospolitej, na której może występować epifitozyjnie, znacznie mniej groźna jest dla innych gatunków sosen. W przypadku sosny pospolitej stwierdzono, że stosunkowo największą odpornością na osutkę cechują się rasy północnoeuropejskie (np. ze Szwecji czy Finlandii). Rezultatem wystąpienia osutki wiosennej jest przedwczesny opad pierwszego rocznika igieł. Pierwsze objawy w postaci drobnych, żółtawych plam widoczne są na igłach w sierpniu i we wrześniu, z czasem plamy te rozszerzają się, igły całkowicie brunatnieją i wiosną następnego roku osypują się (stąd nazwa choroby). U siewek jednorocznych igły mimo obumarcia nie opadają, ale skręcają się i z czasem ulegają wykruszeniu. Wyjmując wiosną sadzonki sosny ze szkółki, należy je przesortować, aby nie wprowadzać do upraw osobników silnie porażonych, ponieważ mogą one w następnych latach zginąć i uprawy będą wymagać uzupełnień. Na zamaryłych, opadłych igłach (lub igłach utrzymujących się na

siewkach) po kilku tygodniach tworzą się pod skórą czarne, owalne miseczki patogena, o długości (najczęściej) 1–1,4 mm (fot. 4). Wcześniej niż miseczki na igłach tworzą się pyknidy, ale powstające w nich zarodniki nie mają zdolności kiełkowania, a tym samym nie mają zdolności infekcyjnych. Na początku lipca miseczki są już dojrzałe i zaczynają uwalniać zarodniki workowe infekujące igły. Powstawaniu i dojrzewaniu miseczek, a także uwalnianiu się zarodników sprzyja duża wilgotność powietrza, stąd w latach o dużej ilości opadów choroba występuje w dużym nasileniu. Występowaniu osutki sosny w szkółkach sprzyja bliskie sąsiedztwo upraw i młodników, gdzie na igłach w ściółce grzyb masowo tworzy miseczki. Miseczki te tworzą się także na uiglonych gałęziach pozostawionych w drzewostanach (niezależnie od ich wieku) po zabiegach pielęgnacyjnych czy po ścinie drzew. Stąd z drzewostanów sąsiadujących ze szkółkami gałęzie te należy usuwać. Ochrona sosny w szkółkach przed osutką obejmuje także zabiegi chemiczne o charakterze profilaktycznym. Należy je prowadzić w okresie zagrożenia infekcyjnego, tj. od początku lipca do późnej jesieni (zgodnie z zaleceniami IBL) [Kowalski 1989, Butin 1995].



Fot. 4. Miseczki *Lophodermium seditiosum* na igle sosny (powiększenie $\times 5,5$) (fot. M. Kolański)

Na igłach sosen w szkółkach występować może także rdza pęcherzykowa, ale znaczenie gospodarcze tej choroby jest bez porównania mniejsze niż osutki. Chorobę powoduje grzyb *Coleosporium senecionis* (Pers.) Fr. Jest to rdza dwudomowa, pierwszym gospodarzem jest sosna zwyczajna, rzadziej inne gatunki sosen, drugim – rośliny z rodzaju *Senecio*. Wiosną na porażonych igłach sosny pojawiają się żółtawe, pęcherzykowate ecja

o szerokości 1–3 mm, wyraźnie widoczne gołym okiem na tle zielonych igieł (fot. 5). Po dojrzewaniu ściany ecjów pękają, a uwolnione zarodniki dokonują infekcji drugiego gospodarza. Tam tworzą się kolejne stadia rozwojowe patogena (uredia, telia), a powstałe jesienią, w ostatnim etapie, zarodniki podstawkowe infekują igły sosny. Przy silnym porażeniu i bardzo liczным występowaniu ecjów dochodzi do znacznego ograniczenia powierzchni asymilacyjnej igieł. Ponieważ patogen przechodzi cykl rozwojowy na dwóch żywicielach, najprostszą metodą ograniczania choroby na sosnie jest eliminacja drugiego gospodarza, tj. starca. Należy usuwać większe skupiska tych roślin występujące w sąsiedztwie szkółek, w których hoduje się sadzonki sosny [Butin 1995, Mańka 1998].



Fot. 5. Ecja *Coleosporium senecionis* na igłach sosny (fot. M. Kolasiński)

Spośród innych chorób aparatu asymilacyjnego drzew iglastych, uciążliwych w szkółkach, wymienić jeszcze należy opadzinę modrzewia powodowaną przez *Meria laricis* Vuill. Najbardziej podatny na tę chorobę jest modrzew europejski. Pierwsze objawy pojawiają się na igłach już w maju. Igły żółkną, następnie brunatnieją i osypują się (fot. 6). Niekiedy opad igieł występuje masowo już na początku czerwca. Na zmarłych igłach patogen stosunkowo szybko wytwarza zarodniki, które roznoszone przez prądy powietrza, rozprzestrzeniają chorobę. Sprzyja temu duże zagęszczenie sadzonek i wysoka wilgotność powietrza. Występowanie choroby można ograniczyć poprzez rzadszy siew i szkółkowanie modrzewia oraz wybór pod jego uprawę miejsc odsłoniętych, o małej wilgotności powietrza. Zwykle jednak nieodzowne jest stosowanie zabiegów chemicznych, które skutecznie hamują rozprzestrzenianie się choroby [Butin 1995, Mańka 1998].



Fot. 6. Opadzina modrzewia (sprawca: *Meria laricis*) (fot. H. Stępniewska)

W grupie drzew liściastych chorobą aparatu asymilacyjnego o największym znaczeniu gospodarczym w szkółkach leśnych jest mączniak prawdziwy dębu. Sprawcą jest grzyb *Microsphaera alphitoides* Grif. et Maubl. Poraża dęby europejskie, szczególnie *Quercus robur*, znacznie mniej nań podatne są dęby amerykańskie. Choroba prowadzi do ograniczenia powierzchni asymilacyjnej liści, a tym samym do osłabienia roślin i zmniejszenia przyrostu, oraz do zamierania pędów. Ponadto pędy porażone przez mączniaka zwykle nie osiągną dojrzałości zimowej i mogą być niszczone przez wczesne przymrozki. Pierwszym objawem choroby jest zamieranie niektórych, świeżo rozwijających się pędów. Dotyczy to pędów wybijających z pączków, w których zimowała grzybnia patogena. Już w momencie rozwoju są one całkowicie przerośnięte grzybnią i szybko zamierają. Objaw ten często uchodzi uwadze. Łatwo zauważalne są natomiast dalsze objawy, tj. białe, mączyste naloty pojawiające się na liściach, początkowo lokalnie, w formie plam, a z czasem pokrywające

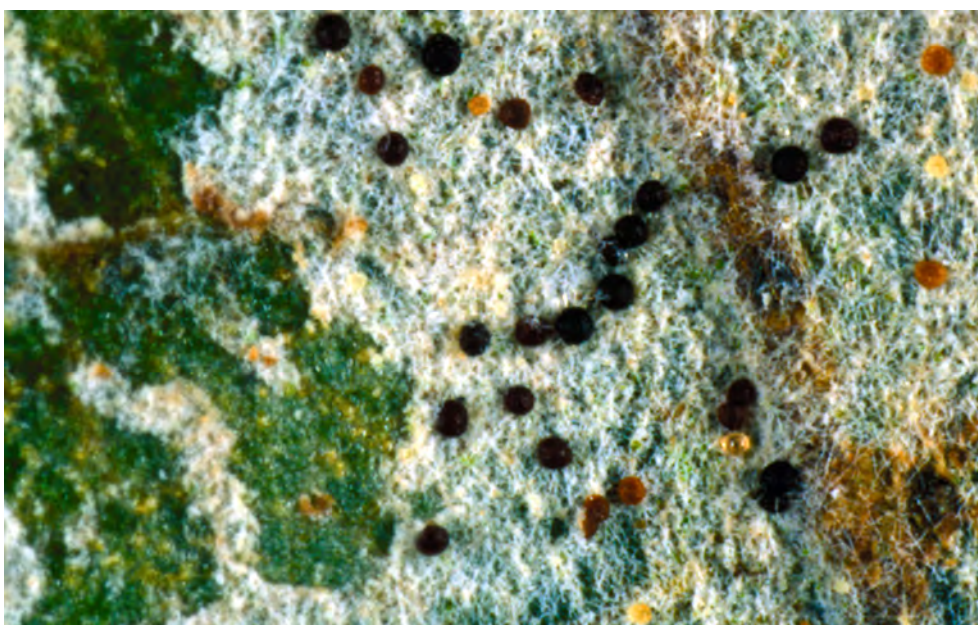
całe blaszki liściowe (fot. 7). Nalot stanowią wyrastające na strzępkach grzybni trzonki konidialne produkujące ogromne ilości zarodników, rozprzestrzeniających chorobę drogą powietrzną na kolejne liście. Infekcja może nastąpić w każdym miejscu liścia. Szczególnie łatwo infekowane są liście młode, o cienkim, delikatnym nabłonku. Rozwojowi choroby sprzyjają szczególnie suche, upalne lata. Gorące i słoneczne dni sprzyjają powstawaniu zarodników, a obfita, nocna rosa umożliwia ich kiełkowanie i infekcję liści. Porażone liście oraz młode, niezdrewniałe partie pędów stopniowo obumierają. Przedtem jednak wśród białego nalotu powstają kuliste, czarne otocznie o średnicy około 0,1 mm (fot. 8). W tej postaci na obumarłych liściach patogen zimuje. Wiosną zarodniki uwalniane z otoczni dokonują infekcji pierwotnej młodych, rozwijających się liści. Choroba występuje powszechnie także w drzewostanach dębowych, ale nie stanowi tam większego zagrożenia dla drzew. Jednak sąsiedztwo takich drzewostanów może stanowić zagrożenie dla sadzonek dębu w szkółkach. Występowanie choroby w szkółkach można ograniczyć poprzez wczesny lub nawet jesienny wysiew żołądzi. Zapewnia to szybszy rozwój siewek i wykształcenie przez nie liści o grubym nabłonku, mniej podatnych na infekcję w okresie, w którym podaż zarodników jest już duża. Ocienienie siewek w szkółkach, np. poprzez zaniechanie odchwaszczania, ogranicza zarodnikowanie patogena i utrudnia rozprzestrzenianie się zarodników. W praktyce, skuteczna ochrona dębów w szkółkach przed tą chorobą wymaga jednak stosowania zabiegów chemicznych [Butin 1995, Mańka 1998].

Na liściach dębów, buków i lip występować może plamistość zgorzelowa (antraknoza). Chorobę tę powodują grzyby z rodzaju *Apiognomonina*, a jej objawem są brunatne, nekrotyczne przebarwienia blaszek liściowych, u lipy zmienne w kształcie, u buka i dębu wydłużone i rozprzestrzeniające się wzdłuż nerwów (fot. 9). Im liczniejsze i bardziej rozległe są te przebarwienia, tym większa jest szkodliwość choroby prowadzącej do ograniczenia powierzchni asymilacyjnej liści. Choroba ta powoduje także przedwczesny opad liści, jeżeli infekcja nastąpi bezpośrednio na ogonku liściowym lub jeżeli nekroza przesunie się z blaszki liściowej na ogonek. Zarodniki patogenów powstające w obrębie plam rozprzestrzeniają chorobę w sezonie wegetacyjnym. Z kolei na opadłych liściach tworzą się otocznie, w postaci których patogeny zimują. Wiosną powstające w nich zarodniki dokonują infekcji pierwotnej liści. Najskuteczniejszą metodą ograniczania tej choroby jest wygrabianie i niszczenie opadłych liści [Butin 1995]. Podobny przebieg ma brunatnienie liści kasztanowca powodowane przez grzyb *Guignardia aesculi* (Peck) Stew. Objawem są rozległe, o różnym kształcie, brązowe, nekrotyczne przebarwienia rozszerzające się zwykle od brzegów blaszek liściowych (fot. 10) powodujące zwijanie się liści [Butin 1995].

Na liściach klonów występować może plamistość smołowata, której objawem są smolistoczarne plamy o średnicy 1–2 cm, występujące latem na górnej powierzchni liści (fot. 11). Są to skleroty (tworzy przetrwalnikowe) sprawcy choroby – grzyba *Rhytisma acerinum* (Pers.) Fr. Powstają w miejscach, w których wcześniej tkanki liścia rozłożone zostały przez patogena. W czasie sezonu wegetacyjnego choroba nie rozprzestrzenia się, ponieważ zarodniki, które patogen tworzy w pyknidach w obrębie plam, nie mają zdolności kiełkowania. Jesienią w obrębie plam zaczynają tworzyć się miseczki sprawcy. Objawem formowania się miseczek jest pofałdowanie powierzchni plam. W tej postaci patogen zimuje na opadłych liściach. Wiosną następnego roku miseczki dojrzewają i uwalniają zarodniki workowe infekujące liście. Chorobę można ograniczyć poprzez likwidowanie rezerwuaru materiału infekcyjnego, czyli opadłych, porażonych liści [Butin 1995, Mańka 1998].



Fot. 7. Objawy mączniaka prawdziwego na sadzonkach dębu szypułkowego (z lewej dąb czerwony) (sprawca: *Microsphaera alphitoides*) (fot. H. Stępniewska)



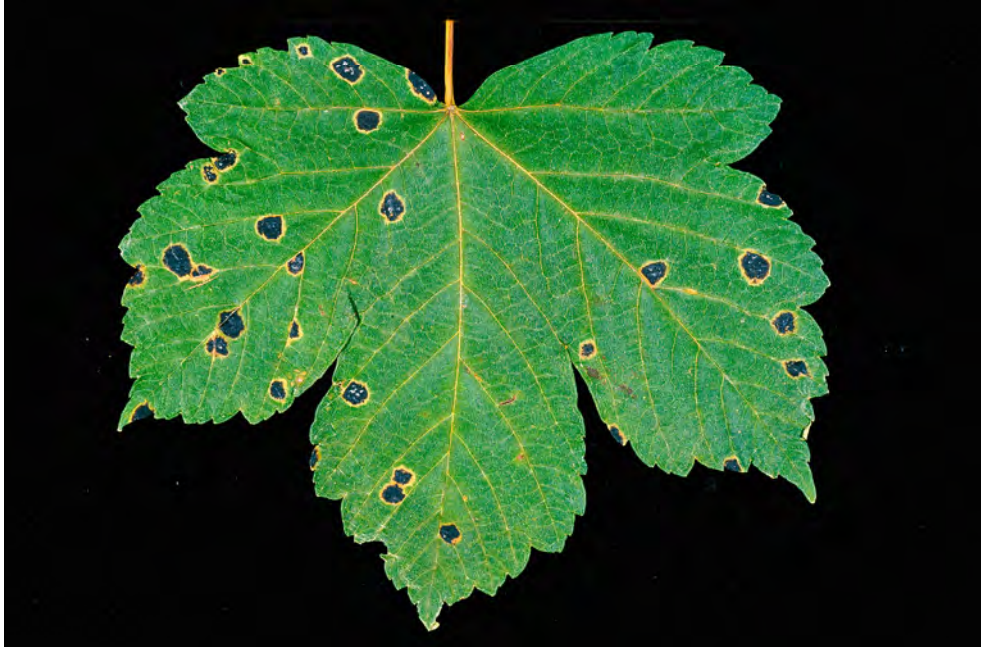
Fot. 8. Otocznia *Microsphaera alphitoides* na liściu dębu (powiększenie $\times 13,5$) (fot. M. Kolasiński)



Fot. 9. Antraknoza liści buka (sprawca: *Apiognomonina errabunda*) (fot. M. Kolasiński)



Fot. 10. Plamistość zgorzelowa liści kasztanowca (sprawca: *Guignardia aesculi*) (fot. M. Kolasiński)



Fot. 11. Objawy porażenia liści jaworu przez *Rhytisma acerinum* (fot. M. Kolasiński)

Chorobą brzozy często występującą w szkółkach jest rdza liści. Sprawcą jest grzyb *Melampsorium betulinum* (Pers.) Kleb. Jest to rdza dwudomowa, której pierwszym gospodarzem jest modrzew. Objawy widoczne latem na liściach brzozy to żółtawe, nekrotyczne przebarwienia. Na dolnej stronie liści występują w tych miejscach żółte uredia (fot. 12). Zarodniki powstające w urediach dokonują kolejnych infekcji liści brzozy. Jesienią na liściach tworzą się brunatne telia, w postaci których patogen zimuje. Wiosną powstają w nich zarodniki podstawkowe infekujące pierwszego gospodarza, tj. igły modrzewia, na których z czasem tworzą się ecja i zarodniki przenoszące chorobę na brzozy. Patogen może jednak także zimować w postaci grzybni w pączkach brzozy, stąd na brzozach choroba może utrzymywać się z roku na rok bez pośrednictwa modrzewi. Przy silnym porażeniu liści brzozy może dojść do ich przedwczesnego opadu [Butin 1995].

Znacznie większe zagrożenie stwarzają dla siewek i sadzonek choroby zgorzelowe pędów, ponieważ mogą doprowadzić do ich częściowego lub nawet całkowitego zamarcia.

Na sosnach, zwłaszcza dwuigielnych, wystąpić może skrętak sosny powodowany przez grzyb rdzawnikowy *Melampsora pinitorqua* E. Rostrup. W Polsce jest to głównie choroba sosny pospolitej, która jest na nią podatna do około dwunastego roku życia. Największe zagrożenie stwarza dla sosen w uprawach. Infekowane są młode, rozwijające się wiosną pędy. W zależności od grubości zainfekowanego pędu może dojść do jego zamarcia na całym obwodzie, w czego następstwie zamrze część pędu położona powyżej, lub do zamarcia jednostronnego objawiającego się esowatym wygięciem pędu (stąd nazwa choroby) (fot. 13). Po wewnętrznej stronie wygięcia jest wówczas widoczna rana po ecjum



Fot. 12. Objawy porażenia liści brzozy przez *Melampsorium betulinum* (z lewej dolna strona liścia z urediami patogena) (fot. M. Kolański)



Fot. 13. Pęd sosny zniekształcony w wyniku infekcji przez *Melampsora pinitorqua* (fot. M. Kolański)

z wyciekami żywicy. W rezultacie porażenia przez *M. pinitorqua* dochodzi do deformacji pędów, proliferacji pączków, rozetowatości pędów i wytwarzania pędów przybyszowych poniżej części objętej nekrozą. Prowadzi to do krzaczystego rozwoju sadzonek, ich osłabienia i zahamowania przyrostu. Ponadto rana po ecjum stanowi drogę infekcji dla innych patogenów, takich jak *Botrytis cinerea* Pers. czy *Sphaeropsis sapinea* (Desm.) Dyko et Sutton, które powodują dalszą, rozległą nekrozę pędów. Sprawca choroby jest rdzą dwudomową i dalszy rozwój przechodzi na topolach, najczęściej na osice. Na drugim gospodarzu choroba rozwija się na liściach infekowanych przez ecjospory. Objawem porażenia są chlorotyczne, później żółtawe przebarwienia widoczne na górnej stronie blaszki, a na stronie spodniej – kolejne stadia rozwojowe patogena, tj. uredia i telia (fot. 14). Chorobę na topolach rozprzestrzeniają zarodniki powstające w urediach. Jej sprawca w postaci teliów zimuje na opadłych liściach. Wiosną w teliach powstają zarodniki podstawkowe, które infekują młode, rozwijające się pędy sosien. U topól omawiana choroba powoduje przedwczesny opad liści i spadek przyrostu. Podstawową metodą ochrony sosien przed skrętakiem jest eliminacja drugiego gospodarza, tj. osiki. W razie potrzeby, w sytuacji uciążliwego występowania choroby, można także stosować zabiegi chemiczne, tj. opryskiwanie sosien w okresie pędzenia [Kowalski 1994].



Fot. 14. Dolna strona liścia osiki z urediami (żółto-rdzawe) i teliemi (rdzawobrunatne) *Melampsora pinitorqua* (fot. M. Kolasiński)

Zamieranie pędów sosny w szkółkach może być także następstwem porażenia przez grzyb *Gremmeniella abietina* (Lagerb.) Morelet. W Polsce porażane są głównie *Pinus sylvestris* i *P. nigra*. Wyraźne objawy choroby widoczne są wiosną, w rok po infekcji. Pączki szczytowe zamierają całkowicie lub częściowo, stąd nie dochodzi do rozwoju młodych pędów lub rozwój ten jest zaburzony, zamierają pędy ubiegłoroczne, igły na tych pędach przebarwiają się od nasady na kolor rdzawobrunatny (fot. 15) i stopniowo opadają, a poniżej zmarłej części pędu pojawiają się z czasem pędy przybyszowe z wiązkami krótkich igieł. Na obumarłych pędach tworzą się czarne pyknidy (fot. 16) o średnicy 1–3 mm, uwalniające w warunkach wysokiej wilgotności zarodniki rozprzestrzeniające infekcję. Sprawca choroby wytwarza także miseczki, brunatno-czarne, o średnicy 0,5–2 mm, otwierające się szeroko, o szarosinym hymenium workowym. W naszych warunkach występują one jednak znacznie rzadziej niż pyknidy. Siewki w szkółkach mogą zamierać już po roku od infekcji. Podobne objawy na sosnie w szkółkach może wywołać grzyb *Cenangium ferruginosum* Fr. Uznawany jest on jednak za patogena, którego aktywność chorobotwórcza ujawnia się na sosnach osłabionych lub uszkodzonych przez inne czynniki (owady, przymrozki, susza, imisje przemysłowe). W praktyce, na podstawie objawów właściwych widocznych na roślinach nie można stwierdzić, czy chorobę wywołał *G. abietina*, czy *C. ferruginosum*. Jest to możliwe tylko na podstawie analizy oznak etiologicznych, a więc owocników patogena występujących na pędach. W odróżnieniu od *G. abietina*, grzyb *C. ferruginosum* nie tworzy pyknid, natomiast masowo tworzy na zmarłych pędach ciemnobrunatne miseczki o średnicy 1–2 mm, otwierające się szeroko, o beżowym hymenium workowym. Ochrona sosen w szkółkach przed *G. abietina* i *C. ferruginosum* obejmuje: 1) usuwanie z sąsiedztwa szkółek gałęzi ściętych lub zmarłych drzew, ponieważ mogą one stanowić źródło materiału zakaźnego (oba patogeny mogą rozwijać się tam saprotroficznie i tworzyć owocniki), 2) usuwanie sadzonek porażonych i zmarłych, 3) zapewnienie roślinom optymalnych warunków do rozwoju, 4) unikanie przenawożenia azotem, 5) unikanie hodowli sadzonek sosny w miejscach o dużej wilgotności, 6) w razie konieczności stosowanie zabiegów chemicznych [Butin 1995, Kowalski 1997, Stocka 2001].

Objawy zamierania pędów różnych gatunków sosen w szkółkach może niekiedy powodować także grzyb *Sphaeropsis sapinea* (Desm.) Dyko et Sutton. Pędy infekowane są wiosną, w czasie rozwoju. Szybko zamierają i brunatnieją. Pozostają wyraźnie krótsze niż pędy zdrowe, podobnie jak występujące na nich igły. Zamieraniu pędów towarzyszy obfite wydzielanie żywicy [Butin 1995].

Na siewkach i sadzonkach gatunków iglastych (rzadziej liściastych), hodowanych zarówno na powierzchni otwartej, jak i pod osłonami, występować może szara pleśń powodowana przez grzyb *Botrytis cinerea* Pers. Choroba ta prowadzi do zamierania młodych siewek, a u starszych do zamierania igieł, pączków i pędów, które brązowieją i zasychają. Pędy przeginają się charakterystycznie w dół (fot. 17). Objawy te często mogą przypominać uszkodzenia powodowane przymrozkami. Jednak przy porażeniu przez *B. cinerea* stosunkowo szybko na martwych tkankach pojawia się szara grzybnia patogena i trzonki konidialne z białoszarymi główkami zarodników na szczycie. Trzonki te mają długość do 2 mm i są dobrze widoczne pod lupą. Zarodniki bardzo łatwo odrywają się od trzonków i przenoszone drogą powietrzną infekują kolejne rośliny. Drogami infekcji są wszelkie uszkodzenia, np. powodowane przez owady, przymrozki czy uszkodzenia mechaniczne, ale infekcja jest możliwa także przez nieuszkodzoną tkankę okrywającą. Sprzyjają jej wszelkie czynniki osłabiające rośliny.



Fot. 15. Zamieranie pędów sosny (sprawca: *Gremmeniella abietina*) (fot. M. Kolasieński)



Fot. 16. Pyknidy *Gremmeniella abietina* na pędzie sosny (fot. M. Kolasieński)



Fot. 17. Szara pleśń na sadzonkach modrzewia (sprawca: *Botrytis cinerea*) (fot. M. Kolasieński)

Dalszemu rozwojowi choroby sprzyja wysoka wilgotność powietrza i duże zagęszczenie roślin, stąd jest ona szczególnie groźna w namiotach foliowych. Największe szkody szara pleśń powoduje u modrzewia. Zapobieganie występowaniu choroby sprowadza się do wietrzenia namiotów, unikania zbyt dużego zagęszczenia roślin (rzadszy siew i szkółkowanie) i nadmiernego podlewania oraz zapewnienia roślinom optymalnych warunków do rozwoju. W razie uciążliwego występowania choroby w namiotach foliowych należy zdezynfekować lub wymienić podłoże, ponieważ patogen może w nim zimować w resztkach roślin lub w postaci przetrwalników. Przebieg choroby jest bardzo szybki. W razie jej wystąpienia należy zastosować opryski fungicydami (zgodnie z zaleceniami IBL) oraz usunąć i spalić rośliny najsilniej porażone. W szkółkach, w których choroba występuje corocznie, celowe jest stosowanie profilaktycznych zabiegów chemicznych. Grzyb *B. cinerea* jest aktywny już w stosunkowo niskiej temperaturze, stąd może także występować na sadzonkach w czasie ich przechowywania. Wskazana jest okresowa kontrola i usuwanie sadzonek porażonych [Grzywacz 1992, Butin 1995].

Z chorób prowadzących do zamierania pędów i sadzonek gatunków liściastych wymienić należy pomór topoli powodowany przez *Cryptodiaporthe populea* (Sacc.) Butin. Objawem choroby są owalne, rozszerzające się, sine i lekko wklęsłe plamy na pędach, w obrębie których kora i miazga zamierają i brunatnieją. Na pędach głównych plamy te występują zwykle u nasady pędów bocznych. Z czasem dochodzi do całkowitego zamarcia pędów. Jedno- i dwuletnie sadzonki mogą zamierać w całości. Na martwych partiach pędów, pod skórką, tworzą się czarne pyknidy o średnicy 0,5–1 mm. Po ich dojrzeniu

i uwolnieniu zarodników pyknidy widoczne są w korze jako czarne otwory. Zarodniki infekują drzewa przez wszelkie uszkodzenia pędów, blizny liściowe i blizny po łuskach pączkowych. Występowaniu choroby sprzyjają wszelkie czynniki osłabiające fizjologicznie topole, zwłaszcza susza i niedostatki pokarmowe. Choroba może być groźna także dla przechowywanego materiału roślinnego. Jeżeli z porażonych pędów zostaną pozyskane zrzesy, to w czasie ich przechowywania grzybnia patogena może się rozprzestrzeniać i doprowadzić do znacznych strat. Na zrzesy należy zatem pozyskiwać pędy całkowicie zdrowe, a same zrzesy, po ich przycięciu, przechowywać możliwie krótko, w temperaturze około 0°C, i chronić przed przeschnięciem [Butin 1995, Mańka 1998].

W stosunku do ogólnej powierzchni zajmowanej przez drzewostany, powierzchnia szkółek stanowi niewielki procent. Mogłoby się więc wydawać, że i problemy zdrowotności siewek i sadzonek w szkółkach mają znaczenie marginalne. A jednak to właśnie jakość sadzonek w dużym stopniu decyduje o stanie upraw, a tym samym przyszłych drzewostanów. Jakość ta zależy m.in. od skali występowania chorób grzybowych. Znajomość warunków sprzyjających ich występowaniu daje możliwość znacznego ograniczenia ryzyka infekcji. Nie zawsze jednak postępowanie profilaktyczne wystarcza. Dlatego ważna jest znajomość objawów chorób i ich sprawców. Tylko dokładne rozpoznanie patogena pozwala na podjęcie skutecznych zabiegów ochronnych i ograniczenie do minimum strat wywołanych przez chorobę.

Literatura

- Butin H.** 1995. Tree diseases and disorders. Oxford University Press, Oxford.
- Duda B.** 2002. Zagrożenie szkółek leśnych ze strony *Phytophthora*. Prace IBL, Ser. A, 2, 131–133.
- Grzywacz A.** 1992. Choroby drzew leśnych. 8. Szara pleśń. PWRiL, Poznań.
- Kowalski T.** 1989. Choroby drzew leśnych. 1. Osutka sosny. PWRiL, Poznań.
- Kowalski T.** 1994. Choroby drzew leśnych. 9. Skrętak sosny. PWRiL, Poznań.
- Kowalski T.** 1997. Zamieranie pędów sosny. Bibl. Leś., Wyd. Świat, Warszawa, 80, 1–18.
- Kowalski T.** 1999. *Ciboria batschiana* jako sprawca mumifikacji żołędzi. Sylwan, CXLIII, 8, 57–69.
- Králová J.** 1979. Vplyv hubovej infekcie na priebeh kličenia semien smreka obyčajneho (*Picea abies* (L.) Karst.), borovice sosny (*Pinus sylvestris* L.), a smreka opadaveho (*Larix decidua* Mill.). Les. Čas., 25, 2, 83–94.
- Lilja A., Hallaksela A.M., Heinonen R.** 1995. Fungi colonizing Scots-pine cone scales and seeds and their pathogenicity. Eur. J. For. Path., 25, 38–46.
- Mańka K.** 1998. Fitopatologia leśna. PWRiL, Warszawa.
- Mańka M.** 1993. Zgorzel siewek. Por. Leś., seria A, 3, 3–32.
- Mittal R.K., Wang B.S.P.** 1993. Effects of some seed-borne fungi on *Picea glauca* and *Pinus strobus* seeds. Eur. J. For. Path., 23, 138–146.
- Neergard P.** 1977. Seed pathology. Macmillan Press, Surrey, England.
- Nowik K., Skalecka K.** 2000. Choroby zgorzelowe siewek i ich zwalczanie na terenie szkółek Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych we Wrocławiu w latach 1996–1999. [W:] Chemiczna metoda ochrony roślin drzewiastych przed chorobami – pozytywne aspekty i zagrożenia. Materiały z IV Konferencji Sekcji Chorób Roślin Drzewiastych PTFit. Rogów-Skierniewice, 5–7 lipca 2000, 111–118.

- Peace T.R.** 1962. Pathology of trees and shrubs. Oxford University Press, Oxford.
- Sierota Z.** 1997. Ochrona szkółek przed grzybami pasożytniczymi. Sylwan, CXLI, 5, 5–13.
- Stępniewska H.** 2003. Occurrence of *Phytophthora cactorum* (Leb. et Cohn) Schröt. on tree seedlings with damping-off symptoms in some forest nurseries in south of Poland. Phytopathol. Pol., 29, 53–67.
- Stocka T.** 1993. Grzyby patogeniczne na żółdziach. Głos Lasu, 10, 4–8.
- Stocka T.** 1997. Czynniki wpływające na zdrowotność nasion dębu i buka. Las Polski, 11, 10.
- Stocka T.** 1998. Zasiedlanie nasion i owoców drzew przez grzyby. Głos Lasu, 3, 13–15.
- Stocka T.** 1999. Grzyby występujące na owocach i nasionach drzew leśnych. Bibl. Leś., Wyd. Świat, Warszawa, 121, 1–12.
- Stocka T.** 2001. Choroby grzybowe i niepaszytnicze w szkólkach leśnych. Bibl. Leś., Wyd. Świat, Warszawa, 161, 1–20.
- Tainter F.H., Baker F.A.** 1996. Principles of forest pathology. John Wiley & Sons, New York.
- Urošević B.** 1979. K otazce patogenity mykoflory semen jelihčnanů. Lesnictvi, 25, 4, 325–338.

Szkodniki nasion i szyszek drzew iglastych

Małgorzata Skrzypczyńska *

Rys historyczny badań w Polsce

Od ponad dwustu lat w różnych krajach europejskich prowadzone są badania szkodników szyszek i nasion drzew leśnych. Zainteresowanie to wypływa nie tylko ze względów poznawczych, ale również gospodarczych – wiele tych owadów powoduje poważne straty nasion.

W Polsce jednymi z pierwszych entomologów, którzy badali owady zasiedlające szyszki drzew iglastych, byli Kozikowski i Kuntze [1936]. Wymienieni autorzy wyodrębnili spośród szkodników szyszek i nasion jodły nowe gatunki w faunie Polski, tj. reseliówkę jodłówkę – *Resseliella piceae* Seitn., chyłkę jodłówkę – *Lonchaea viridana* Meig. oraz parazytoida – *R. piceae*, którym okazał się *Amblymerus pectinatae* Św. Now. Istotny wkład do rozwoju tej dziedziny wniósł Kapuściński, wyróżniając trzynaście gatunków owadów nowych dla fauny Polski spośród szkodników nasion drzew i krzewów [Kapuściński 1948]. W obszernej pracy *Szkodniki owadzie nasion drzew leśnych* wymieniony autor [Kapuściński 1966] podał informacje dotyczące m.in. morfologii, biologii i znaczenia gospodarczego szkodników nasion drzew iglastych i liściastych w drzewostanach, a także nasion magazynowanych.

Szkodniki nasion i szyszek badali m.in. Szmidt [1953, 1965], Madziara-Borusiewicz [1961, 1965], Karpiński [1967], Schnaider [1970], autorka niniejszego opracowania [Skrzypczyńska 1975, 1978, 1988, 1996, 1998] oraz Szmidt i Banaszak [1991]. Wiele informacji o tych owadach znaleźć można w podręcznikach, atlasach i innych opracowaniach [Schnaider 1976, Szujecki 1995, Kolk i Starzyk 1996, Skrzypczyńska 2001, Roques i Skrzypczyńska 2003].

Ogólna charakterystyka szkodników nasion i szyszek

Grupa owadów – szkodników nasion i szyszek drzew leśnych obejmuje gatunki, które w wolnej przyrodzie zasiedlają i uszkadzają szyszki i nasiona w okresie od rozwijania się ich na macierzystym drzewie, tj. od chwili zawiązania się aż do wypadnięcia nasion z szyszek [Kapuściński 1966]. Są to przeważnie gatunki monofagiczne, rzadziej oligofagi, a wyjątkowo gatunki żerujące na szerszej grupie roślin [Szujecki 1995].

Wśród omawianych owadów wyróżniamy konofagi, których cały cykl życiowy lub znaczna jego część przebiega w szyszkach, oraz seminifagi rozwijające się w nasionach. W przypadku konofagów larwa żeruje w szyszkach, wyjadając łuski nasienne, niekiedy trzpień szyszki, a także nasiona. Larwy konofagów zimują w szyszkach i przepoczwarczają

* Katedra Entomologii Leśnej, Akademia Rolnicza im. H. Kollątaja w Krakowie

się w nich, np. szyszkówka świerkóweczka – *Cydia strobilella* L. Inne konofagi, np. śmietki – *Strobilomyia* spp., opuszczają szyszki w ciągu lata i przepoczwarczają się w glebie, zazwyczaj w następnym roku. Seminifagi, np. znamionki – *Megastigmus* spp., cały cykl życiowy przechodzą w jednym nasieniu, które opuszczają po zakończeniu rozwoju.

Gatunki, których rozwój nie może przebiegać poza organizmami reprodukcyjnymi, ale wyłącznie w szyszkach, są tzw. konofagami obligatoryjnymi (np. *Cydia strobilella*). Inne owady, których żerowanie nie zależy wyłącznie od organów reprodukcyjnych, gdyż mogą odżywiać się pączkami, pędami, a w szyszkach żerują okazjonalnie, nazywane są konofagami fakultatywnymi, np. *Dioryctria abietella* (Fabr.).

Cechą biologiczną kono- i seminifagów jest dostosowanie się ich rozwoju do lat nasiennych drzew [Roques 1983]. W związku z tym w danym roku wylęga się część populacji szkodnika, a pozostała diapauzuje do trzech lat, a nawet i dłużej, np. plemeliówka świerkówka – *Plemeliella abietina* Seitn. Wywołanie diapauzy nie stanowi – jak się wydaje – prostego modelu, lecz prawdopodobnie jest kombinacją wielu różnych czynników. Hipotezy [Roques 1988, 1989] sugerują, że mogą to być m.in. sygnały chemiczne wysyłane przez drzewo, łączny wpływ czynników klimatycznych na rozwój larw i przyszły urodzaj szyszek, wpływ poprzedniej, przedłużonej diapauzy na owady. Mechanizm diapauzy dąży raczej do zagwarantowania istnienia gatunku poprzez minimalną populację niż do utrzymania licznej populacji. Bardzo ważną rolę odgrywają spóźnione przymrozki, ponieważ część szyszek ulega zniszczeniu, a wylęgłe owady z konieczności muszą zasiedlać pozostałe, nieliczne szyszki.

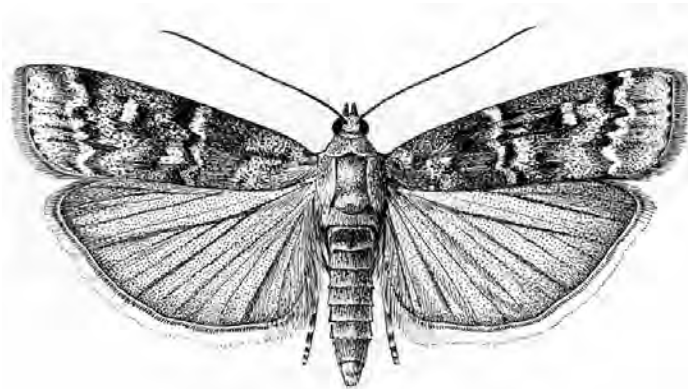
Przegląd wybranych gatunków kono- i seminifagów

Konofagi gatunków iglastych

Szyseń pospolity – *Dioryctria abietella* (Fabr.) (Lep., Pyralidae) (ryc. 1).

Motyl o rozpiętości skrzydeł 25–30 mm; skrzydła przednie popielate z czarnymi żygzakami, skrzydła tylne białoszare. Rójka od końca maja do początku września.

Uszkodzenia wywołuje gąsienica o długości do 30 mm, barwy kremowej z odcieniem czerwono-brunatnym; ma osiem par odnóży. Gąsienica ogryza z zewnątrz nasiona, zwłaszcza w miejscach przylegających do skrzydełek; przez otwór powstały w łupinie nasiennej wyjada jego zawartość. Ogryza również łuski nasienne w ich części przyśrodkowej, dlatego uszkodzone łuski przypominają zarys kotwicy. Zasiedlone szyszki często są skrzywione, pokryte gruzełkami brunatnych ekskrementów. Struktura szyszek jest zaburzona, co utrudnia wyluszczenie nieuszkodzonych nasion. Lokalnie poważny szkodnik, zwłaszcza na plantacjach nasiennych; niekiedy atakuje do 90% szyszek [Skrzypczyńska 1996]. Zasiedla szyszki jodły, daglejzi, świerka, modrzewia i sosny.



Ryc. 1. Szyszeń pospolity – *Dioryctria abietella* (Fabr.) [Skrzypczyńska 2001]

**Oprzędzeń szyszkogryz – *Assara terebrella* Zinck.
(Lep., Pyralidae)**

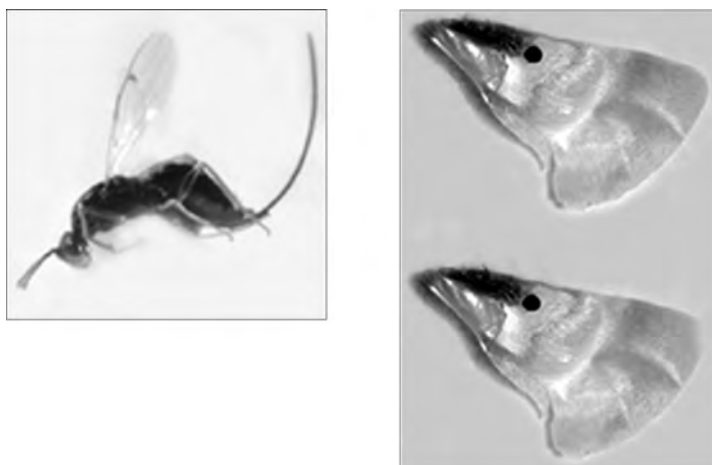
Motyl o rozpiętości skrzydeł 16–24 mm; skrzydła przednie ciemnobrunatno-szare z białymi poprzecznymi przepaskami, tylne – szaro-brunatne. Rójka od czerwca do sierpnia. Uszkodzenia wywołuje gąsienica o długości do 18 mm, barwy biało-żółtej, pokryta ciemnoszarymi brodawkami; ma osiem par odnóży. Gąsienica wygryza w szyszce chodnik biegnący spiralnie. W miejscu żerowania łuski nasienne brunatnieją i zasychają. Wewnątrz szyszki nasadowe części łusek nasiennych i nasiona są wyjedzone. Powstaje komora, której ściany pokryte są przędzą i wypełnione gruzelkowatymi ciemnobrunatnymi ekskrementami. Podcięte łuski nasienne w górnej części są spojone żywicą. Z tego powodu uszkodzone szyszki jodły nie rozpadają się. Zwykle niedoceniany szkodnik, zasiedla przede wszystkim szyszki świerka i jodły.

Kono- i seminifagi jodły – *Abies alba* Mill.

**Znamionek jodlowiec – *Megastigmus suspectus* Borr.
(Hym., Torymidae)**

Seminifag (ryc. 2). Błonkówka o długości ok. 5 mm, barwy smolistoczarnej, skrzydła przezroczyste z ciemnym znamieniem. Wyraźny dymorfizm płciowy. Rójka w kwietniu, maju. Uszkodzenia wywołuje larwa o długości 4,5 mm, barwy kremowo-białej, łukowato zagięta, beznoga. Brunatne żuwaczki (*mandibulae*) z pięcioma zębami. Nasiona zasiedlone przez tego owada nie wykazują zewnętrznych oznak uszkodzeń. Charakterystyczne żuwaczki larwy umożliwiają identyfikację gatunku. Na powierzchni nasienia po wylęgu imago widoczny jest otwór o średnicy ok. 1 mm.

W niektórych latach jest groźnym szkodnikiem nasion jodły. W Beskidzie Sądeckim w 1983 r. straty nasion sięgały 33,2%. Szkody w 1986 r. obliczone dla prób nasion jodły ze 102 stanowisk w prawie całym zasięgu tego gatunku w Polsce wynosiły od 3 do 19,5%, średnio – 4% [Skrzypczyńska 1996].



Ryc. 2. Znamionek jodłowiec – *Megastigmus suspectus* Borr., imago – samica, nasiona jodły z otworem wylotowym znamionka (oryg.)

**Barbarówka jodłoweczka – *Barbara herrichiana* Obr.
(Lep., Tortricidae)**

Konofag. Motyl o rozpiętości skrzydeł 16–22 mm, skrzydła przednie brunatno-szare z jasnoszarymi przepaskami, tylne białoszare. Rójka od końca kwietnia do końca maja. Uszkodzenia wywołuje gąsienica o długości 15–20 mm, młodociana barwy zielonawo-brunatnej, dorosła – czerwonawej z tarczką nadodbytową brunatną z jasnymi plamami wokół długich szczecinek.

Zasiedlana szyszka jest zażywiczona, pokryta gruzełkowatymi ekskrementami, niekiedy lekko skrzywiona. Wewnątrz szyszki trzpień i nasadowe części łusek nasiennych są ogryzione. Opanowane szyszki jodły są spojone żywicą i nie rozpadają się.

**Reseliówka jodłówka – *Resseliella piceae* Seitn.
(Dipt., Cecidomyiidae)**

Seminifag. Muchówka o długości ok. 3 mm, podobna do komara, o wyraźnym dymorfizmie płciowym. Rójka wiosną w okresie kwitnienia jodły. Uszkodzenia wywołuje larwa o długości ok. 4 mm, barwy różowej, spłaszczona, beznoga. Na drugim segmencie po stronie brzusznej ma brunatną łopatkę piersiową (*spatula sternalis*).

Zasiedlona szyszka nie jest zażywiczona, gdyż larwy nie ranią łusek nasiennych. Nasiona, w których żerowały larwy, są spłaszczone, cienkościenne, podczas próby krajania uginają się. W nasionach opuszczonych przez larwy pozostałe resztki bielma i zarodka przypominają „beżowe pasemko”.

W Polsce jest to najgroźniejszy szkodnik nasion jodły zarówno na niżu, jak i w górach. Straty nasion obliczone dla prób pochodzących ze 102 stanowisk w prawie całym zasięgu jodły w 1986 r. wynosiły 15,4%. Lokalnie uszkodzenia sięgały 75% nasion, wówczas w szyszkach znajdowano do 225 larw *R. piceae* [Skrzypczyńska 1996].

**Chylka jodłówka – *Earomyia impossibile* Morge
(Dipt., Lonchaeidae)**

Konofag. Muchówka o długości ok. 4 mm, barwy czarnej; skrzydła przezroczyste, z ciemnymi żyłkami. Rójka na przełomie kwietnia i maja. Uszkodzenia wywołuje larwa o długości ok. 8 mm, barwy kremowej, walcowata, ku przodowi zwężona, beznoga.

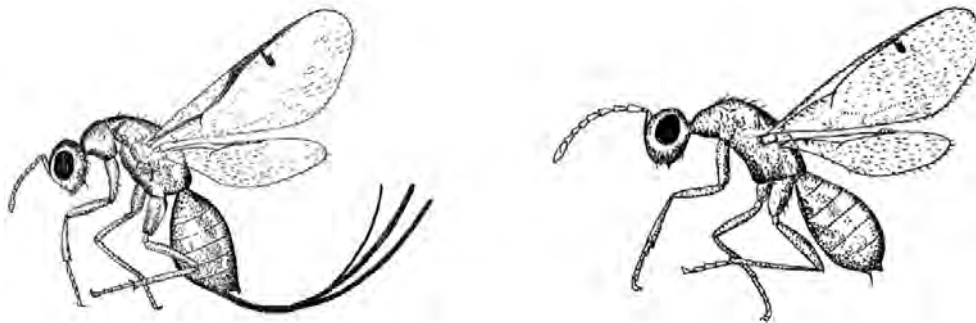
Zasiedlona szyszka wyglądem zewnętrznym prawie nie różni się od zdrowej, niekiedy jest zażywiczona. Larwy drążą chodniki w łuskach nasiennych, uszkadzając przy tym nasiona. Zaatakowane nasiona są przedziurawione. Lokalnie powoduje straty wynoszące do ok. 10% [Skrzypczyńska 1996].

Kono- i seminifagi daglezi – *Pseudotsuga* spp.

**Znamionek daglezwowiec – *Megastigmus spermotrophus* Wachtl
(Hym., Torymidae)**

Seminifag (ryc. 3). Błonkówka o długości 3–4 mm, barwy żółtej. Skrzydła przezroczyste z ciemnym znamieniem. Wyraźny dymorfizm płciowy. Rójka od końca maja do lipca. Uszkodzenia wywołuje larwa o długości ok. 3,5 mm, barwy białej, łukowato zagięta, beznoga. Brunatne żuwaczki 3-zębowe.

Nasiona zasiedlone przez larwę nie wykazują zewnętrznych oznak uszkodzeń. Można je stwierdzić przez próbę krajania lub rentgenograficznie. W Europie *M. spermotrophus* może nawet kompletnie zniszczyć wszystkie nasiona w szyszkach. Straty nasion sięgające ponad 90% nie są rzadkością. Z uwagi na to, że larwy tego gatunku mogą rozwijać się również w płonnych nasionach daglezi [Rappaport i in. 1993], pogląd o braku szkodliwości omawianego gatunku powinien ulec zmianie. Konofagami daglezi są także *D. abietella* i *A. terebrella*, które scharakteryzowano wcześniej (zob. s. 516 i 517).



Ryc. 3. Znamionek daglezwowiec – *Megastigmus spermotrophus* Wachtl, samica (z widocznym pokładefkiem), samiec [Skrzypczyńska 1996]

Kono- i seminifagi świerka – *Picea abies* (L.) Karst.

Znamionek świerkowiec – *Megastigmus strobilobius* Ratz. (Hym., Torymidae)

Seminifag. Błonkówka o długości ok. 4 mm, barwy smolistoczarnej. Skrzydła przezroczyste z ciemnym znamieniem skrzydłowym. Wyraźny dymorfizm płciowy. Rójka od połowy kwietnia do końca maja. Uszkodzenia wywołuje larwa o długości ok. 2,5 mm, barwy białej, łukowato zagięta, beznoga. Brunatne żuwaczki 4-zębowe.

Nasiona zasiedlone przez larwę omawianego gatunku nie mają zewnętrznych oznak uszkodzeń. Można je rozpoznać, krając nasiona lub rentgenograficznie. Na powierzchni nasienia po wylęgu imago widoczny jest otwór o średnicy ok. 8 mm.

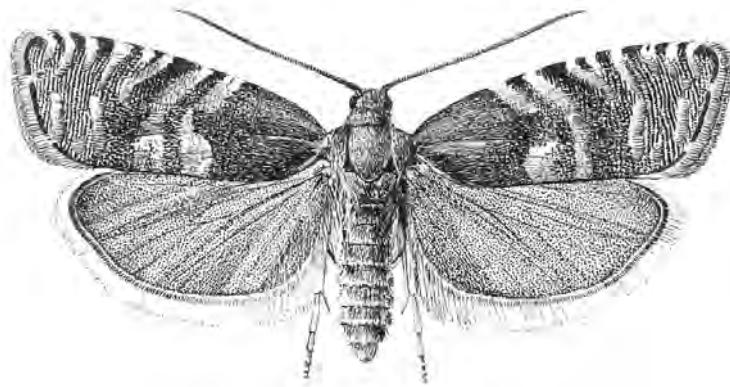
W naszym kraju w ostatnich latach występował rzadko [Skrzypczyńska 1996].

Szyszkówka świerkóweczka – *Cydia strobilella* L. (Lep., Tortricidae)

Konofag (ryc. 4). Motyl o rozpiętości skrzydeł ok. 12 mm, skrzydła przednie oliwkowo-brunatne ze skośnymi prążkami, tylne szaro-brunatne z długą srebrzystobiałą strzępiną. Rójka na początku lipca. Uszkodzenia wywołuje gąsienica o długości ok. 10 mm, barwy żółtawej, z brunatną głową, ma osiem par odnóży.

Na powierzchni zaatakowanej szyszki zazwyczaj brak objawów zasiedlenia przez omawianego owada. Wskutek żerowania gąsienic struktura szyszki jest zaburzona, ponieważ szyszkówka tworzy w rdzeniu chodniki wypełnione drobnymi, mocno ubitymi ekskrementami.

W Polsce jest jednym z najgroźniejszych konofagów świerka. W latach 1982–1986 stwierdzono straty nasion wynoszące od 17,5 do 40,7%. W próbie szyszek pochodzących z Nadleśnictwa Żegiestów (RDLP w Krakowie) w poszczególnych szyszkach znajdowało się od 9 do 14 gąsienic, a straty nasion sięgały 96% [Skrzypczyńska 1996].



Ryc. 4. Szyszkówka świerkóweczka – *Cydia strobilella* (L.) motyl [Skrzypczyńska 2001]

Kaltenbachówka świerkówka – *Kaltenbachiola strobi* (Winn.)
(Dipt., Cecidomyiidae)

Konofag. Muchówka o długości ok. 5 mm, kształtem zbliżona do komara, barwy czerwonej, z czarnymi paskami na odwłoku, wyraźny dymorfizm płciowy. Rójka w pierwszej dekadzie maja. Uszkodzenia wywołuje larwa o długości ok. 3,5 mm, barwy różowej, beznoga, bez łopatki piersiowej.

W nasadowej części łuski nasiennej (w jej wnętrzu) znajduje się komora butelkowatego kształtu. W komorze żeruje larwa, wskutek czego przyległe nasiona stają się płonne. Obecność białego oprzędu ułatwia identyfikację szkodnika. W latach pięćdziesiątych gatunek ten zasiedlał lokalnie do 30% szyszek świerka [Szmidt 1953].

Plemeliówka świerkówka – *Plemeliella abietina* Seitn.
(Dipt., Cecidomyiidae)

Seminifag. Muchówka o długości ok. 5 mm, podobna do komara, barwy czarnej z czerwonym odcieniem. Wyraźny dymorfizm płciowy. Rójka w maju. Uszkodzenia wywołuje larwa o długości ok. 4 mm, barwy żółtej, spłaszczona, beznoga, mająca brunatną łopatkę piersiową (*spatula sternalis*).

Zasiedlone nasiona są zdeformowane, zwężone, skręcone. Jest lokalnie groźnym szkodnikiem. Może powodować nawet ponad 50-procentowe straty nasion [Madziara-Borusiewicz 1961]. W latach osiemdziesiątych XX wieku w południowo-zachodnim i północno-wschodnim zasięgu świerka w Polsce owad zniszczył odpowiednio 22,4 i 5% nasion [Skrzypczyńska 1996].

Śmietka świerkówka – *Strobilomyia anthracina* (Czer.)
(Dipt., Anthomyiidae)

Konofag. Muchówka o długości ok. 6,5 mm, barwy czarnej. Odwłok spłaszczony z podłużnymi paskami, skrzydła brunatnawe, przezmianki żółte. Rójka w końcu maja lub na początku czerwca. Uszkodzenia wywołuje larwa o długości ok. 7 mm, barwy żółtawej, walcowata, z kilkunastoma kolcami barwy brunatnej na końcu ciała.

Zasiedlona szyszka zwykle jest mniejsza. Na jej powierzchni widoczne są krople lub smugi zakrzepłej żywicy. Łuski nasienne i nasiona są wygryzione, często przedziurawione, zażywiczone. Szkodnik lokalnie powoduje poważne straty. Według Stadnickiego i innych [1978] jedna larwa może zniszczyć 40–50 nasion w szyszce.

Kono- i seminifagi modrzewia *Larix* spp.

Znamionek modrzewiowiec – *Megastigmus pictus* (Förster)
(Hym., Torymidae)

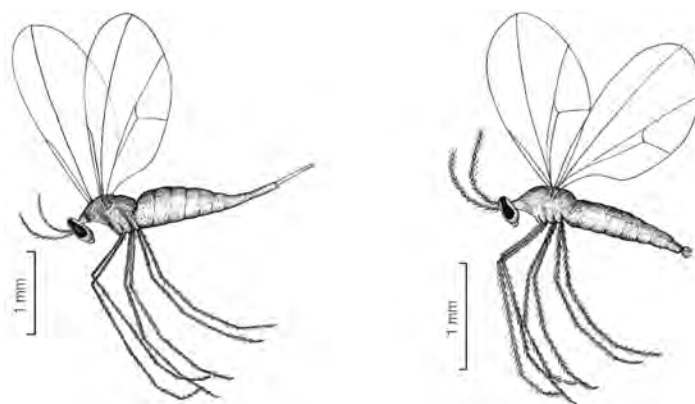
Seminifag. Błonkówka o długości ok. 3 mm, barwy jasnobrunatno-czarnej, skrzydła przezroczyste z czarnym znamieniem. Wyraźny dymorfizm płciowy. Rójka na przełomie kwietnia i maja.

Nasiona zasiedlone przez larwę wyglądem zewnętrznym nie różnią się od nasion zdrowych. W jednym nasieniu żeruje tylko jedna larwa, którą można zidentyfikować na podstawie zuwaczek. Pod koniec XX wieku w Polsce lokalnie stwierdzono straty nasion wynoszące ok. 20% [Skrzypczyńska 1996].

**Reseliówka modrzewiówka – *Resseliella skuhravyorum* Skrzypcz.
(Dipt., Cecidomyiidae)**

Konofag (ryc. 5). Muchówka o długości ok. 2,5 mm, podobna do komara, barwy brązowej. Wyraźny dymorfizm płciowy. Rójka na przełomie kwietnia–maja. Uszkodzenia wywołuje larwa o długości ok. 3 mm, barwy pomarańczowej, spłaszczona, z brązową łopatką piersiową.

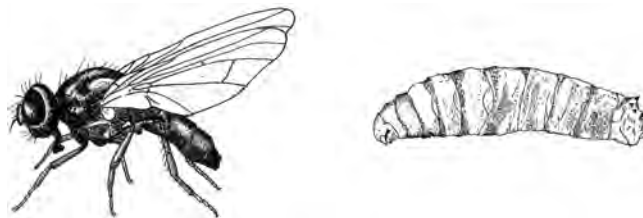
Dojrzewające (zielone) szyszki w miejscu żerowania larw są przedwcześnie zbrunatniałe. Na skutek żeru nasiona są zahamowane w rozwoju. W ich wnętrzu znajdowano jasne „pasemko” – pozostałość bielma i zarodka nasienia. Lokalnie groźny szkodnik powodujący straty nasion nawet do 72%; przeciętnie ok. 22% [Skrzypczyńska 1996].



Ryc. 5. Reseliówka modrzewiówka – *Resseliella skuhravyorum* Skrzypcz., samica (z widocznym pokładelkiem), samiec [Skrzypczyńska 1996]

**Śmietka modrzewiówka – *Strobilomyia laricicola* (Karl)
(Dipt., Anthomyiidae)**

Konofag (ryc. 6). Muchówka o długości ciała ok. 4 mm, jest podobna do muchy domowej, barwy szarej; na grzbiecie tułowia ma trzy podłużne paski. Skrzydła przydymione, przezmianki żółte. Rójka na przełomie kwietnia–maja. Uszkodzenia wywołuje larwa o długości ok. 7 mm, barwy kremowej, walcowata, beznoga. Na końcu ciała ma czternaście brązowych kolcy.



Ryc. 6. Śmietka modrzewiówka – *Strobilomyia laricicola* (Karl) imago, larwa, poczwarka [Skrzypczyńska 1996]

Zasiedlone szyszki często są skrzywione, pokryte zakrzepłą żywicą. Po rozkrojeniu widoczna jest komora w środku trzpienia. Uszkodzone nasiona często są przedziurawione. Lokalnie groźny szkodnik. Zasiedlenie szyszek niekiedy dochodzi do 90% [Skrzypczyńska 1996].

Kono- i seminifagi sosny – *Pinus* spp.

Smolik szyszkowiec – *Pissodes validirostris* Gyll. (Col., Curculionidae)

Konofag. Chrzęszcz o długości 4–6 mm, barwy rdzawo-brunatnej. Ciało o kształcie cylindrycznym. Na pokrywach przednia przepaska szaro-żółta, tylna – biało-żółta. Rójka w maju–czerwcu. Uszkodzenia wywołuje postać dorosła oraz larwa. Chrzęszcze żerują w jednorocznych, zielonych szyszkach, wygryzając małe otwory. Powoduje to zasychanie, a w konsekwencji przedwczesne opadanie szyszek. Larwa żerując w szyszce, niszczy łuski nasienne, nasiona, a także jej trzpień. Zaatakowane szyszki mają wewnątrz sieć chodników wypełnionych rdzawymi ekskrementami. Lokalnie jest groźnym szkodnikiem.

Znamionek wejmutkowiec – *Megastigmus atedius* Walker (Hym., Torymidae)

Seminifag. Błonkówka o długości ok. 3 mm, barwy ciemnobrunatnej. Skrzydła przezroczyste z ciemnym znamieniem. Wyraźny dymorfizm płciowy. Rójka w maju. Uszkodzenia wywołuje larwa o długości ok. 3 mm, barwy białej, łukowato zagięta, beznoga; żuwaczki brunatne, 4-zębowe. W Polsce omawiany gatunek niszczył lokalnie od 1 do 12% nasion [Kapuściński 1966].

Pochodzenie roślin a zasiedlenie przez kono- i seminifagi

Znajomość owadów zasiedlających szyszki i nasiona drzew iglastych jest ważna nie tylko z punktu widzenia poznawczego, lecz także gospodarczego. W związku z tym postawiono hipotezę, że proveniencja (pochodzenie) roślin żywicielskich ma wpływ na zasiedlenie ich szyszek przez wspomniane owady. Hipotezę tę sprawdzano, wykonując badania na powierzchni doświadczalnej z różnymi gatunkami i pochodzeniami modrzewi założonej pod patronatem IUFRO w Kolanowie pod Bochnią* (RDLP w Krakowie). Na powierzchni tej modrzew europejski – *Larix decidua* Mill. jest reprezentowany przez trzy grupy pochodzeń. Są to: grupa polska sudecko-karpacka – symbol PSK (11 stanowisk wywodzących się z Polski, byłej Czechosłowacji i Niemiec); grupa modrzewi proveniencji z niższych i średnich położeni alpejskich – symbol AD (8 pochodzeń z Austrii); grupa wyższych położeni centralno- i zachodnio alpejskich – symbol AG (6 pochodzeń z Austrii, Włoch i Szwajcarii). Ponadto w drzewostanie rosną: *L. sukaczewii* Dylis ze Szwecji i Finlandii, *L. leptolepis* Gord. z Danii i Niemiec oraz *L. eurolepis* Henry z Anglii i Szwecji.

* Doświadczenie zostało założone przez prof. Edwarda Chodźickiego w 1949 r.

Badany materiał stanowiły próby szyszek zebrane z 15 modrzewi. Próby szyszek analizowano, a następnie z szyszek wybranych losowo wyluszczano ręcznie nasiona, które poddano próbie krajania. Szyszki założono do hodowli masowych, aby uzyskać z nich owady doskonałe.

W wyniku prowadzonych badań uzyskano 313 owadów, reprezentowanych przez 16 gatunków. Stwierdzono, że prawdopodobnie istnieją zależności pomiędzy gatunkami modrzewi i ich pochodzeniami a liczbą gatunków owadów zasiedlających badane szyszki. Najliczniej opanowane były szyszki *L. eurolepis* (9 gatunków owadów) i *L. decidua* z grupy polsko-sudecko-karpackiej (8 gatunków owadów), a najrzadziej szyszki *L. decidua* z górnoregłowego piętra Alp (2 gatunki owadów).

Stożek opanowania nasion *L. decidua* z grupy polsko-sudecko-karpackiej i górnoregłowego piętra Alp przez znamionka modrzewiowca – *Megastigmus pictus* (Först.) (20% zasiedlonych nasion) wskazywałby na preferowanie tego gatunku modrzewia przez wymienionego owada.

Stosunkowo „odporny” na zasiedlenie przez *M. pictus* wydaje się *L. leptolepis* (1% zasiedlonych nasion) [Skrzypczyńska i Król 1985].

Aby ewentualnie potwierdzić zasygnalizowane zależności, należałoby kontynuować badania przez kilka sezonów wegetacyjnych.

Innym przykładem ilustrującym pewien związek pomiędzy pochodzeniem roślin a zasiedleniem przez kono- i seminfagi jest atakowanie nasion daglezi przez znamionka dagleziowca – *M. spermotrophus*. W USA, w zachodniej Montanie, gdzie daglezi jest gatunkiem rodzimym, straty nasion wynosiły od 2 do 10%, rzadko sięgały 50% [Keen 1958]. W Europie, gdzie daglezi została introdukowana, straty nasion często sięgają 100%, jak np. w Anglii [Hanson 1952], byłej Czechosłowacji [Křístek 1967], Polsce [Schnaider 1970]. Równie duże szkody odnotowano w Rumunii [Nanu 1971], Niemczech [Schwenke 1982] i Francji [Roques 1983], wynoszące odpowiednio, 80, 94 i 96%.

W przypadku sosny *Pinus contorta* Endelm. w Finlandii zaledwie 10–20% szyszek było zaatakowane przez smolika szyszkowca – *P. validirostris* [Annala 1975]. W Polsce, gdzie wymieniona sosna została introdukowana, zasiedlone przez tego szkodnika było ok. 90,8% szyszek. Stwierdzono, że istnieje dodatnia korelacja pomiędzy wydzielanymi przez *P. contorta* substancjami chemicznymi, takimi jak mircen, β -karen, β -fellandren, β -cymen, a zasiedleniem jej szyszek przez smolika [Król i Michalski 1961]. Zagadnienie to wymaga dalszych badań.

Metody zwalczania szkodników szyszek i nasion

Zwalczanie owadów kono- i seminfagicznych napotyka na trudności spowodowane ukrytym trybem życia tych owadów, występującym zjawiskiem diapauzy i „dostosowywaniem się” ich pojawu do lat nasiennych drzew. W latach słabego urodzaju szkodniki skupiają się na stosunkowo małej ilości szyszek i wtedy mogą one ulec kompletnemu zniszczeniu. Zjawisko diapauzy powoduje, że w danym roku wylęga się tylko część populacji szkodnika, którego można zniszczyć. Z tych względów zwalczanie winno mieć na celu przede wszystkim ochronę w drzewostanach szyszek i zawartych w nich nasion. Prawdłowo przeprowadzone zwalczanie stwarza możliwość uzyskania większej ilości kwalifikowanych nasion oraz zmniejszenia kosztów ich uzyskania.

Jedną z metod zalecanych na niewielkich leśnych plantacjach nasiennych w roku słabego obradzenia drzew jest zbieranie i niszczenie wszystkich szyszek. W ten sposób eliminujemy część populacji szkodników zasiedlających szyszki. Ujemną cechą tego procesu jest zniszczenie także naszych sprzymierzeńców – parazytoidów i drapieżników zasiedlających szyszki.

Jak dotychczas, najbardziej radykalną metodą jest zwalczanie chemiczne. Na przykład stosuje się oprysk preparatem Dimilin 480 SC w dawce $0,15 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ (4 l cieczy roboczej na ha), z użyciem np. opryskiwacza zawieszonoego na ciągniku. Zabieg wykonuje się najczęściej w ostatniej dekadzie maja i na początku czerwca. Wskaźnikiem fenologicznym terminu opryskiwania drzew iglastych jest przybieranie przez rozwijające się szyszki pozycji horyzontalnej lub pylenie świerka. W tym przypadku zabieg chemiczny przeprowadza się w pierwszych dniach po pyleniu.

W celu zmniejszenia strat, zwłaszcza na plantacjach nasiennych modrzewi, spowodowanych przez groźnego szkodnika – śmietkę modrzewiówkę, pomyślne wyniki uzyskuje się przez zabieg chemiczny ściśle dostosowany do rójki tego szkodnika. Lot szkodnika zbiega się z przekształcaniem się kwiatostanów w szyszki, czyli występowaniem stwardnienia łusek nasiennych, co można łatwo sprawdzić, naciskając szyszki palcami. Istotne jest określenie początku lotu śmietki, zwłaszcza na plantacjach nasiennych. W tym celu konieczne jest wyłożenie tzw. pułapek wizualnych. Są to płytki, np. ze sklejki, o wymiarach $50 \times 50 \times 0,5 \text{ cm}$, na których przymocowuje się papier barwy żółtej; powierzchnię papieru pokrywa się specjalnym klejem. Część pułapek umieszcza się poziomo, inne pionowo na tyczkach w pobliżu rosnących modrzewi. Pułapki te kontroluje się co dwa tygodnie, poczynając od drugiej połowy kwietnia.

Chemiczne zwalczanie śmietki można wykonywać z użyciem preparatów kontaktowych, np. Dimilin 25 WP, Karate 025 EC. Należy stosować dwukrotny oprysk w odstępach dwutygodniowych, poczynając od końca kwietnia, kiedy śmietka składa jaja na zawiązki szyszek. Należy jednak pamiętać, że lot szkodnika może być opóźniony z powodu niekorzystnych warunków atmosferycznych.

W przypadku innego groźnego szkodnika – szyszkówki świerkóweczki, skuteczność zabiegu można ocenić albo po dwu tygodniach po zakończeniu akcji na podstawie analizy zielonych dojrzewających szyszek, albo w październiku na podstawie analizy dojrzałych (brunatnych) szyszek. Podczas analizy zielonych szyszek zwraca się uwagę na brunatny wężykowaty chodnik powodowany przez gąsienicę na łusce nasiennej. Przy analizie brunatnych szyszek, po ich rozcięciu wzdłuż trzpienia, określa się liczbę gąsienic znajdujących się w szyszce. Gdy średnia liczba gąsienic w szyszce przypadająca na jedno analizowane drzewo wynosi 2, uszkodzenia nasion w szyszce dochodzą do 22% [Kapuściński 1966].

Ochronę szyszek sosny, głównie przed smolikiem szyszkowcem, prowadzi się rzadko. Przeciw temu konofagowi można zastosować preparaty kontaktowe, którymi opryskuje się dolną część (do wysokości 2 m) strzały sosen. Chrząszcze smolika szyszkowca wiosną wędrują z miejsc zimowania w kierunku korony drzewa, a jesienią na przezimowanie do ściółki.

Spośród innych metod zwalczania owadów kono- i seminifagicznych można wymienić stosowanie insektycydów systemicznych, zwłaszcza doglebowo. Wtedy również niszczone są zimujące lub diapauzujące stadia rozwojowe szkodnika. Koncentracja insektycydu użytego doglebowo powinna być większa przynajmniej o 0,5% (ale nie więcej niż o 1%) od stężenia zalecanego przez producenta. Większa koncentracja preparatu powoduje np. zwiększanie się liczby nasion płonnych.

Preparaty systemiczne są wchłaniane przez tkanki rośliny, tym samym tkanki szyszek i nasion. Dlatego mogą niszczyć owady znajdujące się wewnątrz tych organów. W przypadku niewielkiej liczby drzew można stosować iniekcje nierozcieńczonymi preparatami systemicznymi do pni drzew. W strzale wywierca się ukośne otwory o głębokości 2–2,5 cm, do których dozuje się preparat w ilości około 2 g na 1 cm średnicy pnia drzewa. Zabieg ten przeprowadza się około połowy maja.

Jedną z metod niszczenia larw znajdujących się wewnątrz nasion jest poddanie ich działaniu temperatury około 50°C przez osiem godzin. Zabieg ten niszczy larwy, np. znamionków, nie powodując utraty zdolności kiełkowania nasion niezasiadlonych przez owady.

Wybierając metodę zwalczania, należy kierować się generalną zasadą, że celem zwalczania jest ochrona materiału siewnego, a nie całkowite zniszczenie szkodnika, co zresztą jest nierealne [Skrzypczyńska 2001].

Literatura

- Annala E.** 1975. The biology of *Pissodes validirostris* Gyll. (*Col.*, *Curculionidae*) and its harmfulness, especially in Scots pine seed orchards. *Comm. Inst. For. Fenn.*, Helsinki, 85, 1–95.
- Hanson H.S.** 1952. *Megastigmus* Seedflies. *Q. J. For.*, 46, 261–264.
- Kapuściński S.** 1948. Nowe dla fauny Polski muchówki i błonkówki szkodniki owoców i nasion drzew i krzewów. *Kosmos, Rozpr. A*, 45, 1–4.
- Kapuściński S.** 1966. Szkodniki owadzie nasion drzew leśnych. PWRiL, Warszawa.
- Karpiński J.J.** 1967. Owady i pajęczaki przechodzące rozwój bądź zimujące w szyszkach modrzewi: polskiego (*Larix polonica* Rac.) i europejskiego (*L. europaea* Mill.). *Prace IBL*, 314–319, 81–112.
- Keen F.P.** 1958. Cone and seed insects of western forest trees. *Tech. Bull. U.S.*, Dep. Agric., 1169, 1–168.
- Kolk A., Starzyk J.R.** 1996. Atlas szkodliwych owadów leśnych. Wyd. Multico, Warszawa.
- Kozikowski A., Kuntze R.** 1936. Szkodniki nasion jodły występujące w południowej Polsce. *Sylvan*, 54, 1–20.
- Król S., Michalski J.** 1961. Zaobserwowane szkodniki owadzie *Pinus contorta* var. *latifolia* Engelm. w Polsce i ich niektóre pasożyty. *Fol. For. Pol.*, ser A, 6, 127–140.
- Křístek J.** 1967. Verbreitung der Douglasien – Samenschlupwespe, *Megastigmus spermotrophus* Wachtl (*Hym.*, *Torymidae*). *Acta Univ. Agr. (Brno) (Fac. Silv.)*, 36, 275–286.
- Madziara-Borusiewicz K.** 1961. Masowy pojaw pryszczarka *Plemeliella abietina* Seitn. (*Cecidomyiidae*, *Dipt.*) szkodnika nasion świerka pospolitego (*Picea excelsa* Lk., oraz wystąpienie jego nowego pasożyta (*Anogmus hohenheimensis* (Ratz.) (*Pteromalidae*, *Hym.*). *Folia For. Polon.*, ser. A, 6, 141–147.
- Madziara-Borusiewicz K.** 1965. *Anogmus hohenheimensis* (Ratz.) (*Pteromalidae*, *Hym.*), jego morfologia, biologia i znaczenie gospodarcze. *Folia For. Pol.*, ser. A, 11, 335–368.
- Nanu N.** 1971. Contributii la cunoasterea dăunătorilor duglasulni (*Pseudotsuga menziesii* Franco) in România. *Rev. Padurilor*, 86, 616–620.
- Rappaport N., Mori S., Roques A.** 1993. Estimating effect of *Megastigmus spermotrophus* (*Hymenoptera: Torymidae*) on Douglas-fir seed production: the new paradigm. *J. Econ. Entomol.*, 86, 845–849.

- Roques A.** 1983. Les insectes ravageurs des cônes et graines de conifères en France. INRA, Paris.
- Roques A.** 1988. La spécificité des relations entre cônes de conifères et insectes inféodés en Europe occidentale: un exemple d'étude des interactions plantes-insectes. PhD thesis. Univ. Pau et des Pays de L'Adour, France (maszynopis).
- Roques A.** 1989. New results and some thinking about significance and induction of prolonged diapause in cone insects with particular references to the larch cone fly (*Lasioomma melania*) and to the Douglas-fir seed chalcid (*Megastigmus spermotrophus*) [W:] Proceedings of the 3rd International Conference IUFRO "Cone and Seed Insects", Victoria, Canada, 27–30 June 1988, 64–81.
- Roques A., Skrzypczyńska M.** 2003. Seed-infesting chalcids of the genus *Megastigmus* Dalman, 1820 (*Hymenoptera: Torymidae*) native and introduced to the West Palearctic region: taxonomy, host specificity and distribution. *J. Nat. Hist.*, 37, 127–238.
- Schnaider Z.** 1970. Znamionek jedlicowy (*Megastigmus spermotrophus* Wachtl) na ziemiach Polski w latach 1967–1969. *Sylwan*, 11, 19–34.
- Schnaider Z.** 1976. Atlas uszkodzeń drzew i krzewów powodowanych przez owady. PWN, Warszawa.
- Schwenke W.** 1982. Familienreihe *Chalcidoidea*, Erzwespen. [W:] Die Forstschädlinge Europas. Bd. 4. Hautflüger und Zweiflügler, red. W. Schwenke. Verlag P. Parey, Hamburg–Berlin, 254–270.
- Skrzypczyńska M.** 1975. *Resseliella skuhravyorum* n. sp. (*Diptera, Cecidomyiidae*) reared from larch cones. *Pol. Pismo Entomol.*, 45, 147–150.
- Skrzypczyńska M.** 1978. *Megastigmus suspectus* Borries, 1895 (*Hymenoptera, Torymidae*), its morphology, biology and economic significance. *Z. Angerw. Entomol.*, 85, 204–215.
- Skrzypczyńska M.** 1988. Entomofauna of cones of fir (*Abies alba* Mill.) in the Tatra National Park in Poland. *J. Appl. Entomol.*, 105, 217–222.
- Skrzypczyńska M.** 1996. Owady – szkodniki nasion i szyszek drzew iglastych. Gutenberg, Kraków.
- Skrzypczyńska M.** 1998. Relationships between the number of seeds in the cones of *Abies alba* Mill. and their infestation with *Megastigmus suspectus* Borr. (*Hym. Torymidae*). *J. Appl. Entomol.*, 122, 145–148.
- Skrzypczyńska M.** 2001. 8. Ochrona przed owadzimi szkodnikami nasion i owoców drzew leśnych, [W:] Poradnik ochrony lasu, red. O. Łęski. Wyd. Świat, Warszawa, 271–288.
- Skrzypczyńska M., Król A.** 1985. Owady zasiedlające szyszki modrzewi euroazjatyckich na plantacji IUFRO w Kolanowie pod Krakowem. *Acta Agr. Silv., Ser. Silv.*, 24, 97–109.
- Stadnickij G.V., Jurčenko G.I., Smetanin A.N., Grebenščikova V.P., Pribylova M.V.** 1978. Vrediteli šišek i semjan chvojnych porod. *Izd. Lesnaja Promyšlennost'*, Moskva.
- Szmidt A.** 1953. Spostrzeżenia nad gospodarczo ważną entomofauną szyszek świerkowych w Polsce w latach 1951–1952. *Pol. Pismo Entomol.*, 23, 133–144.
- Szmidt A.** 1965. Rola szkodliwych owadów w bilansie strat nasion ważniejszych drzew leśnych. *Rocz. WSR w Poznaniu*, 27, 231–241.
- Szmidt A., Banaszak R.** 1991. Chemical control of *Megastigmus spermotrophus* Wachtl (*Hymenoptera, Torymidae*), a seed pest of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* F.). *Folia For. Pol., ser. A*, 33, 35–44.
- Szujecki A.** 1995. Entomologia leśna T. I, II. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.

Ocena występowania, prognozowanie i zwalczanie owadów – szkodników wtórnych w drzewostanach naturalnych i na plantacjach nasiennych

Tadeusz Kaźmierczak*

Ocenę występowania, prognozowania i zwalczania owadów – szkodników wtórnych przeprowadzono na przykładzie drzewostanów leśnych w Nadleśnictwie Wisła.

Lasy Nadleśnictwa Wisła znajdowały się pod silną presją emisji Okręgów Przemysłowych – Górnośląskiego i Ostrawsko-Karwińskiego, na co leśnicy już wielokrotnie zwracali uwagę. Przeprowadzona w ostatnich latach ocena zdrowotności drzewostanów Nadleśnictwa Wisła wykazała postępującą degradację drzewostanów świerkowych szczególnie w Leśnictwach Malinka, Podmalinka i Przysłup. Drzewa zaatakowane były przez dużą liczbę owadów szkodników wtórnych, spośród których najliczniejszy był kornik drukarz. Występowanie tych owadów zależało również od warunków meteorologicznych, stosunków biocenotycznych, pokarmowych i wewnątrzpopulacyjnych. Czynniki, które intensyfikują lub ograniczają przebieg śmiertelności populacji w zależności od jej zagęszczenia nazywamy czynnikami regulującymi gęstość populacji, zaś pozostałe – czynnikami modyfikującymi.

W roli czynników regulujących mogą występować czynniki biotyczne i wewnątrzpopulacyjne; czynniki wewnątrzpopulacyjne pozostają w sprzężeniu zwrotnym z gęstością populacji, natomiast czynniki modyfikujące wpływają na populacje w sposób od jej zagęszczenia niezależny, oddziałując na związki pokarmowe fitofagów.

Oslabienie świerka, a także jodły i buka, oraz związane z tym liczne występowanie szkodników wtórnych w wymienionych wyżej leśnictwach stwarza realne niebezpieczeństwo zaatakowania przez te owady dotychczas dobrze zachowanych drzewostanów naturalnych i drzewostanów nasiennych w Nadleśnictwie Wisła.

Kontrola występowania owadów szkodników wtórnych

Przedmiotem kontroli powinny być przede wszystkim: kornik drukarz, kornik zrosłozębny, rytownik pospolity, czterooczek świerkowiec, smolik harcynski, żerdzianka krawiec, żerdzianka szewc, ściigi, drwalnik paskowany, rytel pospolity i trzpienniki. Kontrolę tę wykonuje się w ponad 20-letnich drzewostanach osłabionych i uszkodzonych. Polega ona głównie na przeglądzie drzewostanów o potencjalnym zagrożeniu przez szkodniki wtórne. W odniesieniu do kornika drukarza jego występowanie ocenia się dodatkowo za pomocą kontrolnych drzew pułpkowych i pułpek feromonowych. Równocześnie z kornikiem drukarzem na kontrolnych drzewach pułpkowych obserwuje się dużą liczbę i rozwój innych korników i ksylofagów. Należy pamiętać, że kornik zrosłozębny zasiedla drzewa ścięte i dlatego jego obserwacja na pułpach nie jest miarodajna dla oceny występowania.

* Katedra Entomologii Leśnej, Akademia Rolnicza im. H. Kollątaja w Krakowie

Drzewa pułapkowe służą zarówno do prognozowania pojawienia się, kontroli przebiegu rozwoju, jak i do zwalczania kornika drukarza i gatunków mu towarzyszących. Przebieg kontroli występowania i szkód poczynionych przez kornika drukarza za pomocą drzew pułapkowych i pułapek feromonowych jest opisany w Instrukcji Ochrony Lasu (IOL).

W dodatku B do niniejszej monografii zamieszczono wykaz ustalonych gatunków owadów szkodników wtórnych i ich parazytoidów występujących na świerku (zestawienie II), jodle (zestawienie III) i buku (zestawienie IV) w Leśnictwach Malinka, Podmalinka i Przysłup.

Zabiegi profilaktyczne

Zabiegi profilaktyczne polegają na prawidłowym stosowaniu zasad hodowlanych oraz na pracach z zakresu urządzania i użytkowania lasu. Nieprzestrzeganie tych zasad prowadzi do przyspieszonego starzenia się drzew i wzrostu podatności na ataki owadów szkodników wtórnych. Podobne objawy wykazuje świerk w obecności zanieczyszczeń przemysłowych powietrza, po obniżeniu poziomu wód gruntowych i pod wpływem huraganów. Przeciwdziałanie tym zagrożeniom przekracza zakres zabiegów profilaktycznych możliwych do wykonania w samych drzewostanach.

Główne cele zabiegów profilaktycznych to niepozostawianie w lesie nieokorowanego drewna świerkowego w okresie kolejnych rójek kornika drukarza i innych szkodników wtórnych i bardzo dokładne korowanie drewna. Jeśli korowanie nie jest możliwe, surowiec drzewny w lesie i w składnicach położonych blisko lasu musi być przed rójką kornika opryskany odpowiednimi insektycydami. Insektycydy stosujemy przed wiosenną rójką kornika drukarza, opryskując do 15 maja drewno z pozyskania zimowego oraz w lecie, w ciągu dwóch tygodni od ścinki letniej. Drewno przed zabiegiem winno być złożone w dwuwarstwowe mygły, a w składnicach i tartakach – w mygły wielowarstwowe. Dostatecznie wcześnie należy usuwać drzewa chore, osłabione i obumierające. Gałęzie i wierzchołki drzew po wszelkich cięciach, usuniętych wywrotach i drzewach pułapkowych należy wywieźć z lasu przed rójką rytownika pospolitego lub spryskać insektycydami.

Korowanie surowca iglastego w lesie (grubizny) należy rozpocząć w takim czasie, aby do składnic i zakładów przemysłowych położonych w strefie zagrożenia przez owady szkodniki wtórne było dowożone drewno świerkowe i jodłowe bez kory, począwszy od 15 kwietnia. Ostateczny termin zakończenia korowania surowca iglastego z cięć jesienno-zimowych, zalegającego w lesie lub w składnicach i w zakładach przemysłu drzewnego położonych w strefie zagrożenia przez owady, ustala się na dzień 15 maja.

Oslabienie drzewostanów jodłowych objawia się redukcją aparatu asymilacyjnego, a w następstwie przerzedzeniem koron, usychaniem pędów i gałęzi oraz zmniejszeniem się przyrostów. Proces chorobowy trwa od kilkunastu do kilkudziesięciu lat. Zwiększające się przerzedzenie drzewostanów przyspiesza proces chorobowy, sprzyja rozwojowi opieńki i rozrodowi szkodników wtórnych.

Zabiegi ochronne mają na celu maksymalne ograniczenie postępu choroby i szkód wyrażanych przez szkodniki wtórne. Utrzymanie dobrego stanu higieny w drzewostanach jodłowych ma szczególne znaczenie profilaktyczne z uwagi na powszechny rozwój szkodliwych owadów na wszelkiego rodzaju odpadach. Przez higienę lasu należy rozumieć zespół zabiegów profilaktycznych zmierzających do utrzymania lasu w korzystnym stanie zdrowotnym, przy którym nie dochodzi do masowego występowania szkodników ani do pojawu chorób mogących zagrażać zakłóceniem procesów produkcji lub zmniejszeniem jej efektów.

Drewno wyrobione w okresie jesienno-zimowym należy wywieźć, okorować, zabezpieczyć chemicznie lub w inny sposób.

Podczas trzebieży i cięć częściowych należy wyznaczać do usunięcia przede wszystkim jodły najbardziej osłabione. W innych okolicznościach drzew osłabionych usuwać nie wolno, dopóki nie wystąpią oznaki zasiedlenia przez szkodniki wtórne.

Nie należy usuwać drzew:

- 1) o strzałach pokrytych smużkami lub kropelkami zakrzepłej żywicy,
- 2) o igliwiu zeszlorocznym uszkodzonym przez niskie temperatury – czerwieniejącym zwykle częściowo na przełomie zimy i wiosny,
- 3) o igliwiu tegorocznym uszkodzonym żerami zwójek – czerwieniejącym na przełomie wiosny i lata,
- 4) o pojedynczo usychających gałęziach – czerwieniejących w ciągu całego okresu wegetacyjnego.

Objawami wskazującymi na zasiedlenie stojących jodeł są:

- 1) przerzedzenie koron i zmiana barwy igliwia na brunatnozieloną i czerwono-brunatną,
- 2) brak rozwoju pączków na wiosnę,
- 3) rozwój pędów silnie skróconych,
- 4) wysypywanie się trocinek, widocznych między płytkami kory,
- 5) obecność grzybni opieńki pod korą lub w pęknięciach kory u podstawy drewna,
- 6) odbicie kory i drewna przez dzięcioły.

Oznaki zasiedlenia stojących jodeł pojawiają się w ciągu całego roku, zwłaszcza w pierwszej połowie wiosny i na początku lata. Oznakami zasiedlenia drzew leżących są trocinki wysypujące się w pierwszej połowie wiosny.

Zasiedlenie buków przez fizjologiczne szkodniki wtórne rozpoznaje się po:

- 1) śladach pozostałych w miejscach składania jaj (ciemne plamy na korze) lub otworach wejściowych i wysypujących się z tych otworów trocinkach,
- 2) zmianach ulistnienia polegających na przerzedzeniu koron, zawijaniu się brzegu blaszek liściowych, wytwarzaniu mniejszych liści, przedwczesnym ich żółknięciu, wysychaniu i opadaniu,
- 3) stopniowym usychaniu całej korony lub jej części, począwszy od gałęzi najwyższych i najbardziej wysuniętych na zewnątrz,
- 4) odbijaniu kory przez dzięcioły.

Zasiedlenie buków przez techniczne szkodniki wtórne (szkodniki łyka i drewna) rozpoznaje się po:

- 1) śladach wgrzyzania się w korę lub drewno (otwory wejściowe),
- 2) białych trocinkach wysypujących się z otworów wejściowych,
- 3) odbijaniu wierzchnich warstw drewna przez dzięcioły.

Zwalczanie owadów szkodników wtórnych

Metody zwalczania szkodliwych owadów leśnych dzielą się na: fizykomechaniczne, fizyczne, chemiczne i biologiczne. Oprócz łącznego stosowania metody biologicznej i chemicznej, coraz częściej stosuje się metodę integrowaną, która uwzględnia wszystkie znane metody walki ze szkodnikami lasu. Duże znaczenie mają metody hylotechniczne – odpowiednie nawożenie, zabiegi uprawowe – jako sposób ograniczający stosowanie pestycydów.

W drzewostanach naturalnych i na plantacjach nasiennych liczebność owadów szkodników wtórnych kontrolują entomofagi, czyli parazytoidy (podane w wykazach przy

każdym szkodniku; zob. Dodatek B, zestawienia II, III, IV) i owady drapieżne, które mają tu dogodne warunki dla swego rozwoju. Do owadów drapieżnych należą m. in. gatunki z rodzin: *Pseudoscorpionidae*, *Anthocoridae*, *Carabidae*, *Histeridae*, *Staphylinidae*, *Cleridae*, *Elateridae*, *Rhizophagidae*, *Nitidulidae*, *Cucujidae*, *Ostomidae*, *Colydiidae*, *Tenebrionidae*, *Pythidae*, *Raphidiidae*, *Xylophagidae*, *Dolichopodidae*, *Lonchaeidae*, *Asilidae*, *Stratiomyidae*, *Vespidae* i inne.

Szkodniki wtórne świerka

Podstawową metodą walki z kornikiem drukarzem i gatunkami współwystępującymi jest wyszukiwanie, ścinanie i korowanie drzew trocinkowych oraz drzew o odbarwionej koronie. Skuteczność tych metod zależy od dostatecznej liczby robotników, umiejętności i terminowości przeprowadzania zabiegów. Wyszukiwaniem drzew trocinkowych winny być objęte w pierwszej kolejności ściany drzewostanów, drzewostany lukowate oraz miejsca, gdzie znajdują się już drzewa zasiedlane przez kornika.

Przedmiotem obserwacji są świerki rosnące na obrzeżach opisanych wyżej miejsc, w pasie od kilku do kilkunastu metrów. W górach obserwacje prowadzi się od połowy maja do połowy września.

Drzewa atakowane przez kornika drukarza rozpoznaje się po brunatnych trocinkach gromadzących się w postaci smug i plam na strzałach drzew, zwłaszcza w okolicach szyi korzeniowej. Drzewa te powinny być natychmiast ścinane, od razu lub przy okorowaniu okrzęsane, a gałęzie spalone. Nie ścinamy drzew, na których korze są wycieki żywicy świadczące o reakcjach obronnych drzewa na wgrzyzanie się kornika. Korowanie ściętych drzew trocinkowych winno być wykonane wówczas, gdy długość pojedynczego chodnika macierzystego osiągnie 8–10 cm, a jego części końcowe, na długości 1–2 cm, nie mają już jajowych. Korę należy rozrzucić, by jak najszybciej wyschła, co przerywa rozwój larw drukarza. Gdy pod korą są poczwarki i młode chrząszcze, korę należy zakopać lub opryskać insektycydami kontaktowymi. Jeżeli natomiast pod korą są liczne białe oprzędy z parazytoidami, należy ją związać w wiązki i ułożyć pod okapami drzew, aby umożliwić pożytecznym błonkówkom wylot do drzewostanu.

Trzecim sposobem zwalczania kornika drukarza jest usuwanie drzew opanowanych o zmienionej (szarej, żółtej, brunatnej, czerwonej) barwie korony. Po całkowitym upewnieniu się, że takie drzewa są zasiedlane przez kornika drukarza, ścina się je i koruje (korę palimy, zakopujemy lub opryskujemy) przez całe lato, na przełomie września i października (w czasie trzebieży) oraz w lutym i marcu.

Usuwanie drzew opanowanych jest podstawową metodą zwalczania kornika zrosłoźębnego, który wyjątkowo zasiedla pułapki. Charakterystyczną cechą drzew opanowanych przez kornika zrosłoźębnego jest osypywanie się zielonych igieł z końca gałązek, gdy korona jest jeszcze zielona, co możemy szczególnie zauważyć w czerwcu i lipcu. Drzewa takie po ścięciu należy okorować aż do wierzchołka strzały, grubości 2–5 cm. Zwalcza się wówczas i inne korniki, szczególnie rytownika pospolitego.

Usuwanie drzew opanowanych jest także podstawową metodą zwalczania ściąg, żerdzianek i smolika harcyńskiego. Drzewa opanowane przez ściagi i żerdzianki rozpoznaje się w okresie wczesnej jesieni po płatach kory odbitej przez dzięcioły, a następnej wiosny po żółknięciu korony. W związku z tym zaleca się usuwanie drzew zasiedlonych w kilku nawrotach: na początku czwartego kwartału i w marcu przy okazji trzebieży. Drzewa

zasiedlone przez smolika wyszukuje się również w lecie. Rozpoznaje się je po białych smugach zaschniętej żywicy na strzale i odbarwionej koronie z żółtymi wierzchołkami. Niezwłocznie należy je ściąć, okorować, a korę zniszczyć. Jeżeli larwy już się przepoczwaczyły, to powierzchnię dłużyc należy oczyścić metalowymi szczotkami. Drugą metodą zwalczania kózek i smolików są pułapki, które przeciwko ścigom wyklada się do połowy maja w miejscach o przejściowym nasłonecznieniu (1, 2 szt. na ha). Na pułapki wybiera się drzewa o grubej, spękanej korze, okrzusuje i wyklada tak, aby strzały całą długością przylegały do gleby, co zabezpiecza im odpowiednią wilgotność. Korowanie wykonuje się przed wgrzyzieniem się larw w drewno, a więc w końcu lipca. Do zwalczania ścig mogą być wykorzystane pułapki II i III serii wykładane przeciwko kornikowi drukarzowi. Pułapki przeciw żerdziankom wyklada się z gałęziami w miejscu o przejściowym nasłonecznieniu w liczbie od 1 do 6 na hektar i koruje także na przełomie lipca i sierpnia. Pułapki przeciwko smolikowi harcynskiemu wyklada się w dwu, trzech seriach w terminach jak w przypadku kornika drukarza lub zwalcza się je łącznie z kornikiem drukarzem

Zwalczanie kornika drukarza za pomocą pułapek feromonowych, ekranowych lub rurowych przeprowadza się tylko w drzewostanach zagrożonych. Przy słabym zagrożeniu wyklada się 1 pułapkę na 4 ha, pojedynczo. Przy średnim zagrożeniu 1, 2 pułapki na 1 ha w grupach po 2, 3 szt., a przy silnym i bardzo silnym zagrożeniu od 2 do 4 pułapek na 2 ha w grupach po 4–6 szt. Odległość między pułapkami w każdej z grup powinna być równa odległościom między świerkami i nie przekraczać 5 m. Pułapki nie mogą być zbliżone do pni świerków i ścian drzewostanów (jeżeli pułapki są wyłożone na otwartej powierzchni poza drzewostanem, co jest zalecane). Feromon Pheroprax wykazuje skuteczność przez 6–8 tygodni i zwabia korniki z odległości do 100 m od miejsca wyłożenia pułapki.

W celu uniemożliwienia przedostania się szkodników świerka do najcenniejszych drzewostanów należy w okresie kolejnych rójek kornika drukarza i innych szczególnie niebezpiecznych szkodników wtórnych usuwać z lasu nieokorowane drewno świerkowe, a pozostałe bardzo dokładnie korować.

Wszystkie wymienione szkodniki świerka są niebezpieczne zarówno dla drzewostanów, w których świerk występuje jako gatunek lasotwórczy, jak i w biogrupach.

Szkodniki wtórne jodły

Spośród szkodników rojących się na wiosnę największe znaczenie mają: smolik jodłowiec, jodłowiec krzywozębny, jodłowiec kolcozębny, jodłowiec Woroncowa, wgrzyź jodłowiec, brudzkowiec zachodni, drwalnik paskowany i rytel pospolity, natomiast spośród szkodników rojących się na początku lata największe znaczenie mają: generacje siostrzane smolika jodłowca, wgrzyźnia jodłowca i brudzkowca zachodniego, generacje siostrzane i/lub II generacja jodłowca krzywozębnego, jodłowca kolcozębnego i jodłowca Woroncowa.

Drewno pozyskane w okresie jesienno-zimowym należy wywieźć, okorować, zabezpieczyć chemicznie lub w inny sposób.

Podczas trzebieży i cięć częściowych należy wyznaczać do usunięcia przede wszystkim drzewa najbardziej osłabione. Obserwacje jodeł należy prowadzić zgodnie z przepisami podanymi w IOL.

Zwalczanie szkodników wtórnych polega na:

- 1) wywiezieniu zasiedlonego surowca i przeznaczaniu go do niezwłocznego przetarcia,
- 2) zniszczeniu pozostających w lesie odpadów i gałęzi,
- 3) dokładnym i głębokim okorowaniu pniaków,

4) niszczeniu ich na zasiedlonych drzewach stojących, na nie wywiezionych we właściwym terminie drzewach leżących oraz na nie wyrobionych wywrotach i złomach.

5) w razie masowego występowania szkodników wtórnych i trudności w zwalczaniu mechanicznym spryskujemy zasiedlone jodły preparatami chemicznymi zgodnie z IOL.

Zasadniczym okresem zwalczania jest wiosna, zwłaszcza jej początek i koniec, oraz początek lata. Drzewa leżące, wywroty i złomy, które nie zostały wyrobione i wywiezione zimą, można przysposobić w okresie wiosny na pułapki, na których dokona się kontroli rozwoju szkodników wtórnych. Drzewa pułapkowe wykłada się tylko w uzasadnionych sytuacjach.

Szkodniki wtórne buka

Zwalczanie musi być poprzedzone ustaleniem, do jakich gatunków należą występujące owady i jakie jest ich aktualne stadium rozwojowe oraz nasilenie występowania.

Zwalczanie fizjologicznych szkodników wtórnych drzew buka obejmuje:

1) szybkie usuwanie z lasu martwych i zamierających (zasiedlonych) drzew, będących źródłem infekcji pasożytniczych grzybów i miejscem rozrodu szkodników wtórnych,

2) ścięcie, okrzesanie i dokładne okorowanie drzew zasiedlonych i pniaków,

3) spalanie kory i gałęzi,

4) szybkie przetarcie i przesuszenie zasiedlonego drewna,

5) opryskanie insektycydami i fungicydami drewna, które będzie leżało w lesie przez dłuższy czas.

W przypadku liczego występowania szkodników wtórnych, w porozumieniu z ZOL, powinny być stosowane pułapki, które należy wykładać według ogólnych zasad podanych w IOL.

Drzewa przeznaczone na pułapki wykłada się łącznie z gałęziami w miejscach o nasłwieniu przejściowym w trzech terminach: w połowie kwietnia, w połowie czerwca, w lipcu.

Na 1 ha wykłada się przy zagrożeniu silnym 3 drzewa, a przy bardzo silnym 4, 5 drzew pułapkowych.

Drzewa pułapkowe należy wykładać na grubych podkładach. Drewno stosowe (szczapy, wałki) układa się w zwykłe stopy lub piramidy o wysokości 1 m. Kontrolę zasiedlonych pułapek i korowanie przeprowadza się zgodnie z Instrukcją Ochrony Lasu.

Zwalczanie technicznych szkodników wtórnych polega na:

1) ścięciu i okrzesaniu zasiedlonych drzew,

2) w przypadku owadów przepoczwarczających się w płytko położonych w drewnie kolebkach poczwarkowych – okorowaniu drewna, a następnie zestruganiu jego wierzchniej warstwy,

3) wywiezieniu drewna użytkowego z lasu, szybkim przetarciem i przesuszeniem tarcicy,

4) w szczególnym przypadku opryskaniu zasiedlonego materiału preparatami chemicznymi.

Część X

Ochrona zasobów genowych Programy i metody

Realizacja Programu zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew leśnych w Polsce na lata 1991–2010

Wojciech Fonder*

Trwałość i zdolność do pełnienia przez las wielu funkcji zależą przede wszystkim od różnorodności biologicznej ekosystemu, bogactwa i złożoności struktury gatunkowej, w tym od zróżnicowania genetycznego i dostosowania gatunków (plastyczność) do biotopu.

O powstaniu lasu, jego przyszłym kształcie, zdrowotności, odporności na choroby i zagrożenia abiotyczne oraz o stabilności decyduje sposób jego odnowienia. Lasy polskie w większości powstały w wyniku świadomej gospodarki leśnej prowadzonej przez człowieka, a pozostałe, naturalne lub o charakterze zbliżonym do naturalnego, pozostają pod bezpośrednim lub pośrednim wpływem człowieka. W związku z tym leśnicy uważają, że najlepszą formą zachowania i ochrony ekosystemów leśnych jest aktywna hodowla lasu, w której wykorzystuje się naturalne procesy samoregulujące występujące w przyrodzie. Takim podstawowym procesem jest restytucja – odnowienie lasu. Proces ten opiera się na wykorzystaniu rozmnażania generatywnego. Odnowienia mogą przebiegać w sposób naturalny lub sztuczny:

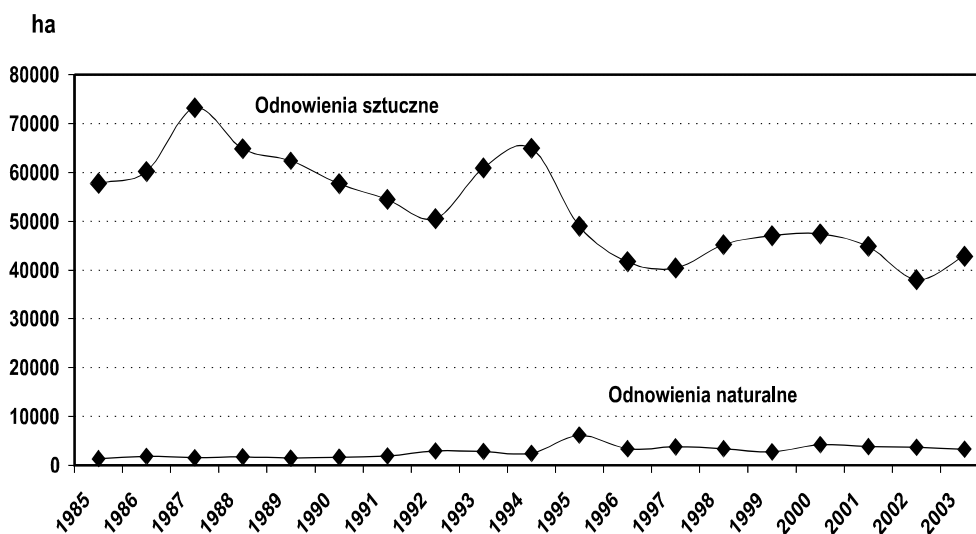
– odnowienie naturalne – samoodnowienie, przebiega bez udziału człowieka lub z pewnymi korektami dotyczącymi eliminacji osobników rodzicielskich o niepożądanych cechach i regulacji składu gatunkowego,

– odnowienie sztuczne (pod osłoną lub na powierzchniach otwartych) polega na ponownym wprowadzeniu potomstwa wyhodowanego w warunkach sztucznych (szkółki) z nasion zebranych z drzewostanów lub plantacji nasiennych.

W Polsce od wielu dziesięcioleci odnowienie naturalne, które uznawane jest przez leśników i naukowców za najbardziej korzystne dla zachowania bogactwa genetycznego i trwałości lasu, obejmuje rocznie średnio poniżej 5% powierzchni odnawianych lasów (ryc. 1), pozostałe odnowienia powstają z nasadzeń sztucznych.

Znaczne powierzchnie lasów powstają również w wyniku zalesień nieużytków i słabych gruntów rolnych nieprzydatnych do produkcji. Do końca 2020 r. zakłada się powstanie części zalesień w wyniku sukcesji na powierzchni nie przekraczającej 100 tys. ha. W *Krajowym programie zwiększania lesistości* zakłada się powstanie 700 tys. ha nowych lasów na gruntach państwowych i prywatnych.

* Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych w Warszawie



Ryc. 1. Realizacja odnowień sztucznych i uznawanie odnowień naturalnych w LP w latach 1985–2003

Przedstawione uwarunkowania decydują o tym, że odnowienie sztuczne zarówno obecnie, jak i w najbliższej przyszłości pozostanie głównym sposobem zachowania naszych lasów. Jakże będą te lasy, ich kształt, struktura genetyczna i trwałość zależy w dużej mierze od użytych do odnowienia nasion, które przeniosą cechy rodziców i populacji na następne pokolenia. Dlatego nasiennictwo leśne w Polsce ma kapitalne znaczenie dla gospodarki leśnej, a w konsekwencji dla przyszłości naszych lasów.

Nasiennictwo leśne – koncepcje rozwoju

Współczesny las narażony na szkodliwe oddziaływanie i zmiany środowiska nie przetrwa bez opieki leśnika. Zasady biernej ochrony przyrody, polegające głównie na zaniechaniu działań i pozostawieniu przyrody samej sobie, w połączeniu z niekorzystnymi zmianami w środowisku, przyspieszają jedynie degradację i rozpad ekosystemów leśnych. Z pewnością człowiek nie może tworzyć nowych łądów, ale dzięki procesowi restytucji – odnowienia, może tworzyć nowe lasy, siedliska dzikiej przyrody.

W wyniku uwarunkowań historycznych w lasach polskich znajdują się jeszcze duże obszary drzewostanów rodzimego pochodzenia, zbliżone do naturalnych, dostosowane w trwającym od wieków doborze naturalnym do naszego klimatu i gleb. Położenie Polski w przejściowej strefie klimatycznej (pomiędzy wpływami klimatu oceanicznego i kontynentalnego) spowodowało wykształcenie się cechy plastyczności i tolerancję na warunki wzrostu u większości występujących gatunków. Istnienie cennych populacji drzew leśnych stwarza możliwość ulepszenia poszczególnych osobników i całych drzewostanów, a także ich wykorzystanie, co jednak wymaga wielu działań na rzecz ich trwałego zachowania.

Wykorzystanie zachowanych zasobów następuje w procesie rozmnażania generatywnego, którego efektem jest powstanie materiału wyjściowego – nasion, niezbędnych do odnowienia lasu.

Wpływ pochodzenia nasion na jakość i produktywność upraw, a następnie drzewostanów został zauważony przeszło 200 lat temu w Europie Północnej. W Polsce koncepcje rozwoju nasiennictwa sięgają czasów przedwojennych (prace prof. S. Tyszkiewicza) i obecnie są wdrażane w formie programów, uwzględniających podstawy nowoczesnego nasiennictwa. W latach 1975–1990 obowiązywał *Program doskonalenia gospodarki nasiennej i wdrażania osiągnięć leśnej genetyki stosowanej w Lasach Państwowych*. Jego kontynuacją jest aktualnie realizowany w jednostkach organizacyjnych Lasów Państwowych *Program zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew leśnych w Polsce na lata 1991–2010* [Matras i in. 1993].

Przesłankami wpływającymi na założenia *Programu...* były nasilające się w latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku zagrożenia środowiska przyrodniczego, szczególnie zanieczyszczenia przemysłowe powietrza atmosferycznego, powodujące na znacznych obszarach procesy chorobowe drzew, pogarszanie się stanu zdrowotnego lasu oraz lokalnie zamieranie drzewostanów.

Stan kłęski ekologicznej w Sudetach Zachodnich – zamieranie drzewostanów, głównie świerka pospolitego, bez możliwości ich odtworzenia (utrata puli genowej określonych drzewostanów) oraz możliwość zaistnienia podobnej sytuacji w innych regionach kraju uświadomiły leśnikom, że podstawowym celem ich działania powinno być dążenie do zachowania bogactwa genetycznego i niedopuszczenie do zubożenia puli genowej gatunków tworzących ekosystem leśny. Oczywiście stało się przygotowanie strategii postępowania prowadzącej do usuwania przyczyn kłęski i ocalenia zagrożonych ekosystemów leśnych. W związku z tym opracowany zatem został program zachowania zasobów genowych, którego realizację uznano za warunek zachowania bogactwa różnorodności biologicznej lasów, umożliwiającą przywrócenie stanu równowagi środowisku przyrodniczemu.

Program... wprowadzony do stosowania w lasach państwowych zawiera następujące cele strategiczne*:

- zachowanie leśnych zasobów genowych mających służyć zachowaniu ciągłości procesów ekologicznych w ekosystemach leśnych, zwłaszcza zapewnieniu trwałości utrzymania lasu i możliwości użytkowania oraz restytucji lasów na siedliskach zdegradowanych lub zniszczonych, a także zachowanie różnorodności biologicznej i genetycznej dla przyszłych pokoleń;
- doskonalenie bazy nasiennej mającej zapewnić użytkownikom lasów stałą dostawę leśnego materiału rozmnożeniowego na niezbędnym poziomie jakościowym i ilościowym;
- selekcja drzew leśnych, której celem jest zapewnienie intensyfikacji produkcji oraz ulepszenie cech jakościowych, z uwzględnieniem plastyczności i odporności drzew na czynniki biotyczne.

Ponieważ nasza wiedza ogranicza się do pewnych tylko elementów ekosystemu, które potrafimy skutecznie ochronić i zachować, w *Programie...* skupiono się na populacji (drzewostanie) i osobnikach drzew leśnych wchodzących w skład populacji.

* Zobacz też w niniejszej monografii (s. 573–577) opracowanie J. Matrasa *Ochrona leśnych zasobów genowych*.

Zdrowe, dobrze rozwijające się drzewostany, nawet jednogatunkowe, ale o zróżnicowanej strukturze wieku i wysokości, dają lepsze warunki rozwoju florze i faunie. Drzewostany zróżnicowane gatunkowo powiększają znakomicie różnorodność biologiczną całego ekosystemu. Ważne przy tym jest, aby skład gatunkowy przyszłego drzewostanu był zgodny z warunkami siedliska, a gatunki pochodziły z miejscowych, lokalnych populacji (rodzimość).

W *Programie...* wykorzystano podstawowe sposoby zachowania leśnych zasobów genowych – bogactwa genetycznego populacji drzew leśnych polegające na:

– ochronie dojrzałych populacji przed wyginieciem i zakładaniu z nich upraw *in situ*, czyli w miejscu występowania, które zazwyczaj ograniczamy do gatunku lub kilku gatunków tworzących drzewostan lub drzewostany o jednorodnych cechach, występujących na określonym obszarze; uprawy mogą powstawać z odnowienia naturalnego lub sztucznego,

– przenoszeniu populacji z rejonów o znacznym zagrożeniu do rejonów o zagrożeniu słabym, zakładaniu upraw, plantacji nasiennych i plantacyjnych upraw nasiennych oraz innych powierzchni – zachowanie zasobów *ex situ*, czyli poza miejscem występowania, uprawy te stosuje się w przypadkach szczególnego zagrożenia, uniemożliwiających przetrwanie gatunku w danym miejscu.,

– długookresowym przechowywaniu nasion, części roślin i pyłku w bankach genów*.

W programie *Rozwój nasiennictwa leśnego* zostały kierunkowo określone zasady tworzenia i doskonalenia bazy nasiennej oraz sposoby jej wykorzystywania.

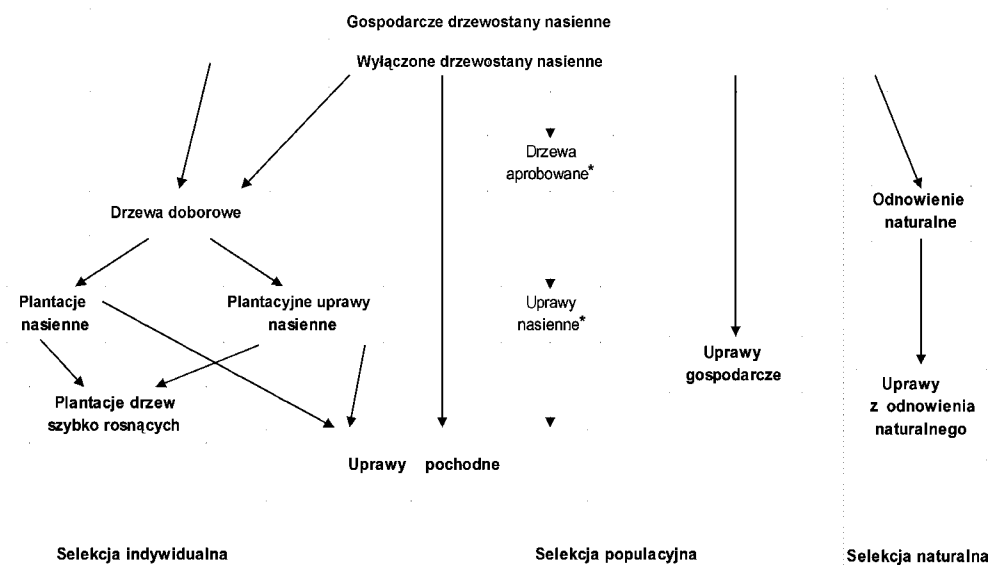
Generalną zasadą, na której oparto koncepcję rozwoju nasiennictwa leśnego jest wskazanie lokalnych, rodzimych (autochtonicznych) populacji – drzewostanów jako źródła pozyskiwania nasion.

Drzewostany wybrane na podstawie oceny fenotypu, a więc spełniające ściśle określone kryteria zdrowotne, hodowlane i użytkowe (odporność na warunki klimatyczne i biotyczne, duży przyrost masy drzewnej, dobra jakość techniczna drewna), są rejestrowane, stają się lasami nasiennymi, wchodząc do bazy nasiennej Lasów Państwowych jako wyłączone drzewostany nasienne (WDN) lub gospodarcze drzewostany nasienne (GDN).

Testowanie drzewostanów – sprawdzenie genotypu i wpływu czynników środowiska na fenotyp, ich ulepszanie, a następnie wykorzystanie, odbywa się metodą selekcji populacyjnej (schemat stosowania selekcji – patrz ryc. 2). Po zabezpieczeniu przed przedwczesnym użytkowaniem rębnym drzewostany nasienne są odpowiednio zagospodarowywane, a następnie wykorzystywane jako podstawowa baza nasienna. Są również źródłem wyboru drzew doborowych, które stanowią materiał wyjściowy do selekcji indywidualnej, służący m.in. do zakładania plantacji nasiennych. Nasiona uzyskiwane w wyniku stosowania selekcji indywidualnej (z plantacji nasiennych) są tylko uzupełnieniem, ograniczonym do poziomu 20% całości używanych nasion.

Nasiona pozyskiwane z drzewostanów nasiennych służą do zakładania upraw pochodnych lub rejestrowanych upraw gospodarczych. Uprawy będące potomstwem tych drzewostanów zachowują pełną zmienność genetyczną populacji, a jednocześnie są obiektami spełniającymi cel zachowania zasobów genowych.

* Metody *in situ* i *ex situ* wykorzystywane w zachowaniu leśnych zasobów genowych zostały omówione szerzej w opracowaniu J. Matrasa przywołanym w przypisie na s. 539.



* metoda obecnie zaniechana

Ryc. 2. Schemat selekcji stosowanej w Lasach Państwowych

Granice i zakres wykorzystania drzewostanów nasiennych – zasady przenoszenia nasion i powstałych z nich sadzonek określa regionalizacja nasienna, która zapewnia przestrzeganie generalnej zasady obowiązującej w nasiennictwie – korzystanie z lokalnych źródeł nasion, a jednocześnie utrzymanie odrębności zmienności genetycznej istniejących populacji.

Zadania rzeczowe określone w *Programie...* przedstawiono w postaci tabelarycznej (według stanu na 31.12.2003 r.)

Wyszczególnienie	Plan	Wykonanie	% wykonania
Wyłączone drzewostany nasienne	15 600 ha	16 768 ha	107
Gospodarcze drzewostany nasienne	219 100 ha	225 869 ha	103
Uprawy pochodne	50 000 ha	45 033 ha	90
Drzewa doborowe	9 270 szt.	8 158 szt.	88
Plantacje nasienne	1 165 ha	1 183 ha	102
Plantacyjne uprawy nasienne	795 ha	634 ha	80
Drzewostany zachowawcze	–	2867 ha	–

Szczególną uwagę zwrócono na drzewostany nasienne autochtonicznego i rodzimego pochodzenia najważniejszych gatunków drzew, wyróżniające się spośród innych drzewostanów rosnących w takich samych warunkach siedliskowych jakością, zdrowotnością i zdolnościami adaptacyjnymi oraz dużą produkcją masy drzewnej. Drzewostany nasienne tworzy się w celu trwałego zachowania wartościowych i swoistych dla nich cech rodzimych ekotypów drzew. Stanowią one cenne źródło pozyskiwania nasion o największej wartości hodowlanej i genetycznej, służących do hodowania na skalę gospodarczą nowych pokoleń drzewostanów o ulepszonej wartości.

Podstawowym zadaniem lasów nasiennych jest tworzenie odpowiednio kwalifikowanej i zasobnej bazy nasiennej dla potrzeb gospodarstwa leśnego. Mają one ponadto chronić różnorodność biologiczną drzew i krzewów występujących w ekosystemach leśnych oraz przyczynić się do zachowania leśnych zasobów genowych. W niektórych przypadkach lasy nasienne pełnią także funkcje naukowe i doświadczalne, są przedmiotem badań proweniencyjnych oraz elementem ochrony przyrody (wiele drzewostanów tworzących lasy nasienne zostało uznane za rezerваты przyrody lub włączone do parków narodowych).

Wyłączone drzewostany nasienne (tab. 1) według stanu na 31.12.2003 r. zajmują powierzchnię 16 768 ha, stanowiąc źródło najcenniejszych nasion, z których zakładane są uprawy pochodne – oryginalne osiągnięcie selekcji polskiej. WDN obejmują wszystkie podstawowe gatunki tworzące polskie lasy. Największy udział mają w nich gatunki iglaste.

Potomstwa wyłączonych drzewostanów nasiennych reprezentujących całą zmienność genetyczną populacji rodzicielskich – uprawy pochodne – zajmują powierzchnię 45 030 ha (tab. 2). Założeniem *Programu...* jest osiągnięcie powierzchni upraw pochodnych reprezentującej wielokrotność powierzchni istniejących wyłączonych drzewostanów nasiennych (każdy drzewostan powinien mieć swoje potomstwo w postaci upraw pochodnych – minimum 10 ha). Ważne jest bowiem nie tylko samo zachowanie, ale także skuteczne odtworzenie puli genowej wybranych populacji drzew leśnych.

Gospodarcze drzewostany nasienne (tab. 3) stanowią podstawową bazę nasienną (lokalne źródło nasion) w pełni zaspokajającą potrzeby lasów państwowych na ulepszone genetycznie nasiona o ściśle określonym pochodzeniu. Ponad 90% odnowień sztucznych powstających każdego roku w lasach pochodzi z tych właśnie drzewostanów, które zajmują obecnie powierzchnię ok. 225 870 ha.

Nowym zadaniem, którego realizacja rozpoczęła się praktycznie w 1994 r., jest wybór (na podstawie fenotypu) i rejestracja drzewostanów zachowawczych (tab. 4). Głównym celem tego działania jest zachowanie drzewostanów przeszłorębnych ze względu na określone cechy. Drzewostany zachowawcze stanowią powierzchnię 2087 ha, a ich potomstwo rosnące na uprawach zachowawczych – 448 ha (tab. 5).

Zmienność osobnicza gatunku chroniona jest m.in. przez wybór drzew doborowych (rodzice rodu), których nasiona służą również do zakładania plantacyjnych upraw nasiennych (tab. 6, 7 i 8).

Tabela 1. Wyłączone drzewostany nasienne (ha) – stan na 31.12.2003 r.

RDLP	Gatunek													ogółem
	So	Św	Md	Jd	So cz	inne iglaste	Brz	Bk	Db sz	Db bsz	Ol cz	Lp dr	inne liściaste	
Białystok	1 369,9	333,4	20,7				41,1		144,1		109,2	24,7	11,3	2 054,4
Katowice	188,9	1 234,4	41,5	62,3	15,9	35,3	1,2	122,4	63,1	90,5	16,0			1 871,6
Kraków	63,2	138,4	21,0	382,9	14,9		20,0	192,6	81,7				2,5	917,2
Krosno	86,6		61,0	440,0		5,5		265,6	71,2		17,1		5,8	952,9
Lublin	358,2	10,5	9,5	144,9			42,5	124,5	112,9	12,5	70,2		20,6	906,2
Łódź	227,1			9,8	1,0			46,5	8,1		38,9			331,3
Olsztyn	1 372,2	45,0	16,7			1,3	16,4	33,1	111,0		60,5	53,7	5,0	1 714,9
Piła	221,1	5,2	6,0			8,4		21,9	38,5	91,5				392,6
Poznań	255,1		33,6		17,3	9,6		13,0	280,1	251,5	27,1		8,7	896,0
Szczecin	524,4	25,1	18,6			19,9	13,2	283,0	26,0	499,8			8,4	1 418,4
Szczecinek	391,0	4,2	3,1	23,1		16,0		186,2	15,0	294,1	7,0		16,8	956,5
Toruń	564,3					8,4	32,4	56,7	136,5	96,5	31,1		4,1	948,9
Wrocław	195,8	210,2	78,6	6,8	11,0	26,9		156,9	233,6	31,8	4,9	37,9	4,6	999,0
Zielona Góra	192,4						7,8	46,9	42,9	27,1				317,1
Gdańsk	336,7	14,5	11,8	1,1		20,0		232,0	23,1	49,9	7,6	18,8	10,2	725,7
Radom	194,1	11,4	121,0	254,8				215,4	57,4	29,5	123,2		19,2	1 026,0
Warszawa	269,7	21,4					12,8				28,6	6,9		339,4
Razem LP	6 810,7	2 053,6	443,1	1 325,8	68,5	161,8	187,3	1 996,8	1 445,2	1 474,6	541,4	142,0	117,1	16 767,9

So – sosna, Św – świerk, Md – modrzew, Jd – jodła, So cz – sosna czarna, Brz – brzoza, Bk – buk, Db sz – dąb szypułkowy, Ol cz – olsza czarna, Lp dr – lipa drobnolistna

Tabela. 2. Uprawy pochodne (ha) – stan na 31.12.2003 r.

RDLP	Gatunek													ogółem
	So	Św	Md	Jd	So cz	inne iglaste	Brz	Bk	Db sz	Db bsz	Ol cz	Lp dr	inne liściaste	
Białystok	1 664	205	269				128		155		40	8	3	2 473
Katowice	946	381	178	55	22	106	66	75	85	79	28			2 020
Kraków	81	32	46	593	10		14	101	49				2	928
Krosno	112	279	280	539	5			472	96		41		10	1 834
Lublin	354		7	215			124	118	144		126		29	1 118
Łódź	1 202		24	19				39	9		11		1	1 305
Olsztyn	6 764	72	76				147	41	378		62	17	12	7 569
Piła	2 214	36	148				14	106	73	495		4		3 127
Poznań	1 630	13	31		46	57		88	145	14	35			2 059
Szczecin	2 541	77	49			39	4	517	15	310			5	3 557
Szczecinek	899	19	118	56	2	114	24	253	46	275	10	17	10	1 842
Toruń	3 245		101		30	30	396	332	223	136	81		22	4 595
Wrocław	543	188	378	21	74	57		167	206		10	3	11	1 657
Zielona Góra	4 722				17		10	250	89	97				5 185
Gdańsk	1 217	76	120	6		12	142	475	305	155	25	25	6	2 563
Radom	714	24	80	213				140	54	9	78		3	1 314
Warszawa	1 800	18	10				14				45			1 886
Razem LP	30 650	1 419	1 915	1 717	206	453	1 082	3 172	2 070	1 569	591	74	114	45 033

Objaśnienia – patrz tabela 1

Tabela 3. Gospodarcze drzewostany nasienne (ha) – stan na 31.12.2003 r.

RDLP	Gatunek													
	So	Św	Md	Jd	So cz	inne iglaste	Brz	Bk	Db sz	Db bsz	OI cz	Lp dr	inne liściaste	ogółem
Białystok	19 191,6	4 665,6	1,3				1 218,6		1 086,7		2 831,4	100,3	362,4	29 458,0
Katowice	8 742,0	3 186,6	102,6	246,1	5,4	5,2	33,5	1 193,9	1 171,2	94,4	124,8	15,9	73,1	14 994,6
Kraków	1 000,2	137,1	206,8	1 881,6	7,4		10,8	1 622,2	300,6	10,2	98,1	0,0	42,9	5 318,0
Krosno	3 406,3	30,0	171,6	2 120,7			100,3	3 106,6	574,6	0,0	156,2	7,0	61,4	9 734,6
Lublin	9 455,8	89,1	57,5	504,4	3,1	3,2	573,5	375,5	1 258,3	146,3	644,1	21,9	257,7	13 390,2
Łódź	8 636,4	4,7	31,6	118,2	17,0	1,3	204,0	130,1	709,1	317,5	287,0	1,7	24,9	10 483,6
Olsztyn	25 451,9	1 006,6	14,9	1,3		1,1	991,4	4 150,4	3 054,0	24,1	1 070,2	279,5	83,2	36 128,6
Piła	6 451,8	70,4	17,4			15,1	25,1	400,7	414,6	407,7	56,9	2,8	7,1	7 869,6
Poznań	7 032,5	2,8	46,5	12,8	5,7	23,6	20,1	279,5	2 436,2	615,5	262,2		65,1	10 802,3
Szczecin	10 899,0	115,0	40,4		1,7	73,5	89,5	1 364,6	1 095,3	1 063,1	168,4	1,6	77,9	14 990,0
Szczecinek	11 024,8	356,8	35,5	13,5		43,9	48,9	2 351,8	369,7	468,6	127,5		33,4	14 874,2
Toruń	12 667,1	61,1	18,7		4,0	9,1	152,4	448,7	761,9	136,3	222,4		25,2	14 506,8
Wrocław	3 589,0	2 975,7	297,6	77,5	2,0	38,1	48,0	1 828,1	1 633,9	46,7	242,1	83,8	267,8	11 130,3
Zielona G.	4 719,1	10,3	36,7		4,1	14,4	30,9	99,1	838,3	121,0	108,7		25,3	6 008,0
Gdańsk	7 777,3	497,2	52,2	18,4	13,8	22,2	68,8	2 882,1	455,4	540,7	38,5	4,7	30,6	12 401,8
Radom	5 858,5	45,4	105,0	946,2			128,4	315,3	419,5	208,1	384,2		16,1	8 426,6
Warszawa	4 446,4	21,1		57,0			98,8		320,0	101,7	273,7	17,5	16,4	5 352,6
Razem LP	150 349,7	13 275,6	1 236,1	5 997,6	64,1	250,7	3 843,1	20 548,5	16 899,2	4 301,8	7 096,5	536,6	1 470,3	225 869,7

Objaśnienia – patrz tabela 1

Tabela. 4. Drzewostany zachowawcze (ha) – stan na 31.12.2003 r.

RDLP	Gatunek													ogółem
	So	Św	Md	Jd	So cz	inne iglaste	Brz	Bk	Db sz	Db bsz	Ol cz	Lp dr	inne liściaste	
Białystok	179,1	25,5							34,6				39,7	278,9
Katowice	296,2	275,7	33,2	20,7					46,7					672,6
Kraków		43,4		101,5			18,0							162,9
Krosno			1,1	51,2					28,5					80,8
Lublin	115,8			83,6					47,4					246,8
Łódź	84,1								4,0					88,1
Olsztyń														
Piła	12,1								24,3	44,4				80,8
Poznań				14,2										16,1
Szczecin	261,7								30,6	25,2				317,5
Szczecinek	37,0								34,2	86,3				185,7
Toruń	42,6								25,7	37,2				105,5
Wrocław	35,4	40,3							8,3					84,0
Zielona Góra	96,9													96,9
Gdańsk	168,1						8,9							177,0
Radom	72,1		42,2							59,1				173,3
Warszawa	55,7			45,0										100,7
Razem LP	1456,7	384,9	78,4	316,2	0,0	0,0	0,0	55,1	284,3	252,2	0,0	0,0	39,7	2 867,4

Objaśnienia – patrz tabela 1

Tabela. 5. Uprawy zachowawcze (ha) – stan na 31.12.2003 r.

RDLP	Gatunek													ogółem
	So	Św	Md	Jd	So cz	inne iglaste	Brz	Bk	Db sz	Db bsz	OI	Lp	inne liściaste	
Białystok	44,7	6,7		2,0					11,2					64,7
Katowice	32,0													32,0
Kraków														
Krosno														
Lublin	8,0							112,2						120,2
Łódź														
Olsztyn		29,9												29,9
Piła	2,1							42,0						44,1
Poznań			1,8	0,9										2,7
Szczecin														
Szczecinek	16,6	59,2								1,0				76,8
Toruń	16,8	9,2						55,6						81,7
Wrocław	3,0	8,3		13,2				7,7					1,3	38,4
Zielona Góra	3,3													3,3
Gdańsk														
Radom	10,5													10,5
Warszawa	3,1												1,1	4,2
Razem LP	140,0	113,4	1,8	16,1	0,0	5,0	0,0	228,7	1,0	0,0	0,0	0,0	2,4	508,3

Objaśnienia – patrz tabela 1

Tabela. 6. Drzewa doborowe (liczba) – stan na 31.12.2003 r.

RDLP	Gatunek													ogółem
	So	Św	Md	Jd	So cz	inne iglaste	Brz	Bk	Db sz	Db bsz	Ol cz	Lp dr	inne liściaste	
Białystok	479	210	3				47		152		90	56	137	1 174
Katowice	180	162	84	49	42	80		50	46	41			5	739
Kraków	127	57	137	101	81		30	84	42		10	2	21	692
Krosno	35		95	131		53		95	70		29		44	552
Lublin	162	47	10	53		2	35	34	47	1	79		45	515
Łódź	127				4		32				37			200
Olsztyń	298		31			5	44	5	7		52	32	1	475
Piła	153	3	4			8	1	5	8	39				221
Poznań	105		38		19	34		2	36	49	33		14	330
Szczecin	320	65	64	2		122	25	73	10	77			30	788
Szczecinek	155		70	7		65		33	11	50			31	422
Toruń	325				35	50	40	12	22	28	48			560
Wrocław	88	61	139	11	39	50		40				32	3	463
Zielona G.	89													89
Gdańsk	160		60	5		58		66	13	36	1	5	2	406
Radom	73	33	151	46				44	7		83		6	443
Warszawa	38	4					1				43	3		89
Razem LP	2 914	642	886	405	220	527	255	543	471	321	505	130	339	8 158

Objaśnienia – patrz tabela 1

Tabela 7. Plantacje nasienne (ha) – stan na 31.12.2003 r.

RDLP	Gatunek													ogółem
	So	Św	Md	Jd	So cz	inne iglaste	Brz	Bk	Db sz	Db bsz	OI cz	Lp dr	inne liściaste	
Białystok	38	19	8				10		6		6	10	9	105
Katowice	6	4	29		1	9		23		7				79
Kraków	3	2												5
Krosno	11	5	7	5	3	4	3		4	4	4	4		54
Lublin	21		15									5		42
Łódź	14		12		4	6	4					7		46
Olsztyn	105	16	40				9				17	25		212
Piła	17		5				5			8		4		39
Poznań	49	21	22		9	10	5		6	6	11	6		145
Szczecin	19	5	28				4	9		5		3		72
Szczecinek	22		14			7		5		5		4		57
Toruń	29		10		4	7					6			56
Wrocław	15	8	12	36	3	13							1	88
Zielona Góra	28									15				43
Gdańsk	29		14				4	8			5	6	5	70
Radom	8		37	5							5			55
Warszawa	4											6		16
Razem LP	417	81	251	46	24	56	44	45	16	55	53	80	15	1 183

Objaśnienia – patrz tabela 1

Tabela. 8. Plantacyjne uprawy nasienne (ha) – stan na 31.12.2003 r.

RDLP	Gatunek													ogółem
	So	Św	Md	Jd	So cz	inne iglaste	Brz	Bk	Db sz	Db bsz	OI	Lp	inne liściaste	
Białystok	14	7					8							28
Katowice			4		34	10								48
Kraków			20	4	21									45
Krosno									5					5
Lublin	10		7											16
Łódź	34		16	6									5	60
Olsztyń	23		37											60
Piła	42		11											53
Poznań	26		20		26	8			11	7				96
Szczecin	27					13								40
Szczecinek						9								9
Toruń	21				15		6							42
Wrocław	20		5		7									32
Zielona Góra	44		6		5									55
Gdańsk	7		5		4									17
Radom			10	5										15
Warszawa			13											13
Razem LP	267	7	153	15	112	39	14	0	16	7	0	0	5	634

Objaśnienia – patrz tabela 1

Infrastruktura techniczna w nasiennictwie leśnym

Technika w leśnictwie na całym świecie, również w Polsce, nabiera coraz większego znaczenia pomimo trendów i zmian kierunków ekologizacji oraz naturalizacji procesów gospodarki leśnej.

W nasiennictwie bez należytego poziomu techniki, infrastruktury technicznej w postaci wyluszczeni, przechowalni długookresowych, z regulowaną temperaturą i wilgotnością powietrza, oraz bez stratyfikatori i laboratoriów niemożliwe jest realizowanie podstawowych zadań, które polegają na zapewnieniu stałych ilości nasion o określonym pochodzeniu i dużej wartości genetycznej. Poważnym problemem są również straty występujące na wszystkich etapach nasiennictwa, powodowane niedostatecznym poziomem technicznym lub brakiem obiektów umożliwiających odpowiednie warunki przechowywania lub przysposobiania nasion do siewu.

Program zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew w Polsce na lata 1991–2010 zawiera również część poświęconą infrastrukturze technicznej w nasiennictwie leśnym. Strategia przyjęta w *Programie...* określa kierunki rozwoju i modernizacji istniejącej infrastruktury. Jest to warunkiem racjonalnego wykorzystania istniejącej już bazy nasiennej.

Szczegółowe zadania inwestycyjne przyjęte w *Programie...* w większości zostały zrealizowane. Powstało wiele nowoczesnych obiektów (wyluszczeni i przechowalni) tworzących system obejmujący swoim zasięgiem cały kraj. Wdrożono również wiele nowych technologii w zakresie pozyskiwania, oczyszczania, wyluszczenia i przechowywania nasion, np. zbiór z użyciem siatek, oczyszczanie i separacja nasion w systemie IDS i PREVAC, separacja grawitacyjna, odskrzydlenie z użyciem wody, długookresowe przechowywanie nasion buka, dębów, jodły i innych. Wszelkie technologie opierają się na maszynach i urządzeniach z importu, dotychczas nie stosowanych w leśnictwie polskim. Zapewnione zostały optymalne warunki przysposobiania do siewu i przechowywania nasion pozyskiwanych przez nadleśnictwa. Zapasy tworzone w celu pokrycia zapotrzebowania jednostek organizacyjnych LP są bardzo duże, osiągają wielkość kilkudziesięciu ton nasion samych tylko gatunków iglastych oraz kilku tysięcy ton nasion gatunków liściastych.

Budowa i modernizacja obiektów infrastruktury służącej nasiennictwu wymagała wielkiego wysiłku organizacyjnego i logistycznego oraz olbrzymich środków finansowych. Tylko w ostatnich latach (1995–2003) wydatkowano łącznie 972 716 tys. zł. z funduszu leśnego na inwestycje i realizację zadań w nasiennictwie i szkółkarstwie leśnym.

W 2003 r. nakłady na nasiennictwo i szkółkarstwo oraz infrastrukturę wyniosły 83 680 tys. zł. W latach 1994–1998 dodatkowo skierowano na rozbudowę infrastruktury środki pożyczki Banku Światowego – 10,4 mln USD i GEF (Global Environmental Fund) i 5 mln USD.

Zmiany, jakie nastąpiły w stosunkowo krótkim czasie w technice i technologiach stosowanych w leśnictwie można nazwać skokiem cywilizacyjnym.

Ochrona różnorodności biologicznej ekosystemów leśnych

Stan aktualny nasiennictwa i szkółkarstwa oraz osiągnięte standardy wynikają z realizacji przyjętych w leśnictwie polskim zasad trwałego i zrównoważonego rozwoju, ogłoszonych podczas Europejskiej Konferencji Ministerialnej w Helsinkach w 1993 r. To właśnie

tam sformułowano definicję „trwałego i zrównoważonego rozwoju Lasów i Leśnictwa” w brzmieniu:

Zarządzanie i użytkowanie lasów i terenów leśnych w taki sposób i w takim tempie, które pozwolą zachować je jako odnawialne zasoby naturalne i nie uszczuplić ich w długim czasie, zachować ich różnorodność biologiczną, produktywność, zdolność do odnawiania się, żywotność oraz zdolność do spełniania teraz i w przyszłości odpowiednich ekologicznych, ekonomicznych i społecznych funkcji na lokalnym, krajowym i globalnym poziomie, nie powodując przy tym szkód w innych ekosystemach.

Leśnicy prowadząc gospodarkę leśną w zalecany sposób, pragną przede wszystkim zachować lasy w możliwie niezmienionym kształcie, zapewnić im ochronę oraz powiększyć ich zasoby z myślą o następnych pokoleniach.

W trwale zrównoważonym rozwoju lasów szczególną rolę pełni bioróżnorodność, czyli różnorodność biologiczna, której zachowanie ma kluczowe znaczenie dla zapewnienia trwałości ekosystemów leśnych.

Uważa się, że 65% występujących w Polsce gatunków, czyli około 32 tys., to gatunki związane z lasami [Grzywacz 1995]. Stąd też lasy stanowią istotne ogniwo w całości procesów ochrony różnorodności biologicznej kraju.

W leśnictwie zwraca się szczególną uwagę na dostosowanie metod gospodarki leśnej do zasad ochrony różnorodności biologicznej. Różnorodność biologiczna oznacza zmienność genetyczną (bogactwo puli genowej) każdej żyjącej populacji oraz skład gatunków i zróżnicowanie systemów ekologicznych występujących na Ziemi. Definicja ta odnosi się do trzech poziomów różnorodności biologicznej:

- poziomu genetycznego, czyli zachowania zasobów genowych;
- poziomu gatunkowego, czyli zachowania wszystkich gatunków;
- poziomu ekosystemowego, czyli zachowania wszystkich ekosystemów.

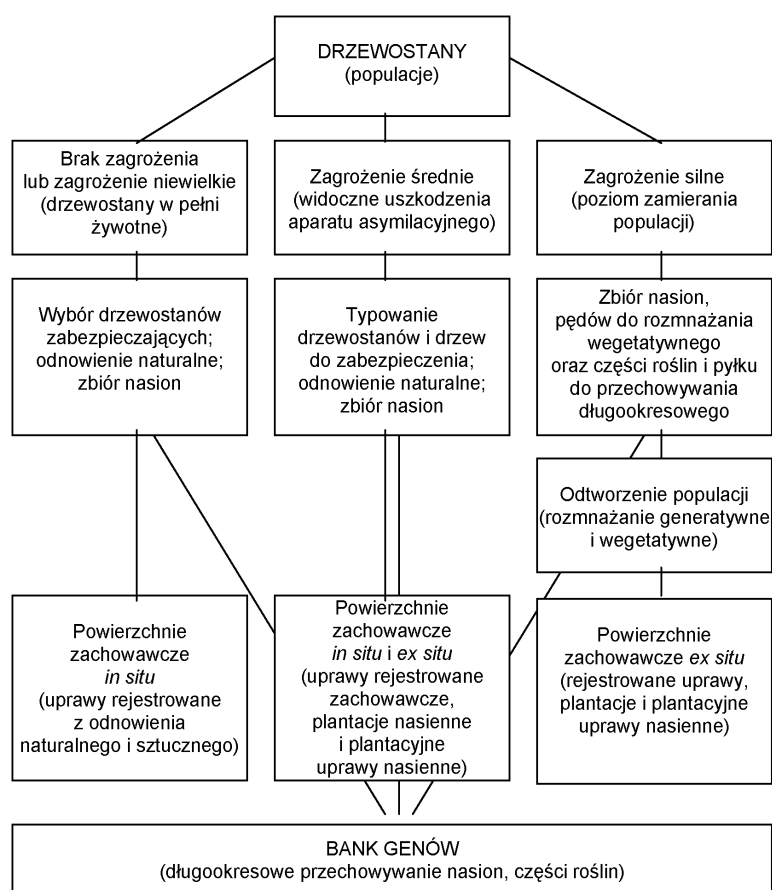
W tak pojmowanej różnorodności biologicznej mieszczą się także rasy (ekotypy) i odmiany gatunków wytworzone w czasie hodowli oraz specyficzne, antropogenne (powstałe z udziałem człowieka) systemy ekologiczne.

Ochrona praktyczna i zachowanie różnorodności biologicznej w lasach państwowych prowadzone są na wszystkich poziomach, ze szczególnym uwzględnieniem poziomu genetycznego i gatunkowego. Zachowanie różnorodności na poziomie ekosystemu realizowane jest w rezerwach będących w zarządzie Lasów Państwowych oraz na powierzchni drzewostanów, które są wyłączone z wyrębu, tzn. w wyłączonych drzewostanach nasienych i drzewostanach zachowawczych. Ukierunkowanie działań na populacje (drzewostany) sprawiło, że w leśnictwie stało się możliwe zastosowanie metod zachowania zasobów genowych w zależności od stopnia ich zagrożenia (ryc. 3).

W gospodarce leśnej znajdują szerokie zastosowanie zasady obejmujące wszystkie formy i poziomy zachowania bioróżnorodności polegające głównie na:

- wykorzystaniu naturalnych procesów samoregulujących występujących w przyrodzie (sukcesja, odnowienia naturalne), wspomaganie ich działania, np. poprzez ograniczanie zrębów zupełnych i odnowień sztucznych na rzecz odnowienia naturalnego. Samosiew zapewnia utrzymanie całej populacji (całą pulę genetyczną), wszystkich jej walorów przyrystosowawczych i obronnych, często nawet ze stratą dla produkcji (rezygnacja z ilościowego i jakościowego poprawienia produkcji);
- przebudowie drzewostanów nadmiernie zniekształconych i zagrożonych przez zanieczyszczenie i inne czynniki;

- odbudowie lasów obumarłych i zamierających oraz restytucji zagrożonych gatunków (np. restytucja jodły w Sudetach Zachodnich);
- wzmaganiu odporności biologicznej drzewostanów przez wzbogacanie ich struktury (podszyty, podsadzenia w celu wytworzenia drugiego piętra);
- dostosowaniu składu zakładanych upraw do warunków siedliska, tworzeniu bogatych układów przyrodniczych, w których ryzyko hodowlane jest rozproszone na dużą liczbę gatunków; podejście to pozwala na praktyczne wytworzenie różnorodności biologicznej w drzewostanach;
- zalecaniu gatunków, proweniencji, ekotypów, rodów i klonów do hodowli gospodarczej dostosowanych do lokalnych warunków środowiska, celem tym służy wprowadzenie regionalizacji nasiennej;
- zachowaniu banku rezerw genowych (Postanowienie nr 2 Konferencji Ministerialnej nt. „Ochrony Lasów w Europie”; Strasbourg 1990 r.) w Leśnym Banku Genów Kostrzyca.



Ryc. 3. Zachowanie zasobów genowych w zależności od stopnia zagrożenia populacji (według Matrasa [1992])

Należy zwrócić uwagę, że zwiększenie różnorodności biologicznej następuje również w wyniku zalesiania olbrzymich powierzchni gruntów rolnych. Szczególną rolę spełniają w tym procesie Lasy Państwowe, które są głównym wykonawcą zalesień i dostawcą sadzonek dla pozostałych właścicieli i zarządców lasów. W latach 1947–2003 zalesiono w Polsce ponad 1350 tys. ha gruntów rolnych i nieużytków.

Wielką rolę w ochronie różnorodności biologicznej mają odnowienia naturalne zachowujące całą zmienność genetyczną lokalnych populacji drzew leśnych. Jednakże od wielu lat poziom odnowień naturalnych w lasach Polski nie przekracza 5% odnawianych powierzchni, osiągając corocznie tylko około 3–4 tys. ha. Pomyślnie jest natomiast realizowana przebudowa drzewostanów polegająca na zmianie składu gatunkowego i wzbogacaniu go w gatunki liściaste oraz na tworzeniu wielopoziomowych struktur w układzie pionowym – corocznie ok. 10–11 tys. ha.

Krajowe studium różnorodności opracowane przez zespół prof. R. Andrzejewskiego w ramach zlecenia UNEP (United Nations Environment Programme – Program Narodów Zjednoczonych Ochrony Środowiska) wykazało, że różnorodność biologiczna w Polsce należy do największych w Europie Środkowej, szczególnie w odniesieniu do biocenoz leśnych i bagiennych, charakterystycznych dla tego regionu naszego kontynentu.

Uwarunkowania realizacji *Programu...* w pierwszej dekadzie XXI wieku

Spośród najważniejszych uwarunkowań, które będą wpływały na dalszą realizację *Programu...* należy wymienić:

- prognozowane zmiany klimatu, spodziewane ocieplenie oraz pogorszenie się bilansu wodnego w Polsce,
- zagrożenia środowiska,
- trwale zrównoważoną gospodarkę, określającą dopuszczalne sposoby postępowania, w tym szczególnie: ochronę różnorodności biologicznej, zachowanie zasobów genowych, naturalizację hodowli lasu,
- uregulowania prawne obowiązujące w UE,
- przekształcenia strukturalne kraju w części dotyczącej leśnictwa (reprivatyzacja i prywatyzacja).

Prognozowane globalne zmiany klimatu będą miały wpływ, chociaż o charakterze pośrednim, na omawiane dziedziny gospodarki leśnej. Zmiany te będą jednak stopniowe i w odległej perspektywie czasowej. Można przyjąć, że wpływ zmian klimatycznych w najbliższych dekadach XXI wieku nie będzie zauważalny.

Zagrożenia środowiska w zależności od rodzaju czynnika szkodliwego oraz charakteru jego działania powodować będą zmiany o zasięgu operacyjnym lub strategicznym. Zjawiska klęskowe (pożary, powodzie, huragany, gradacje szkodliwych owadów) będą wymuszać zmiany o zasięgu regionalnym, polegające na okresowej zmianie profilu produkcji szkółkarskiej oraz zabezpieczeniu i wykorzystaniu istniejącej bazy nasiennej. Wymaga to jednak logistycznego przygotowania się do tego rodzaju zagrożeń poprzez strategiczne działania na rzecz zachowania zasobów genowych metodami *in situ* i *ex situ*. Szczególnie ważne są działania metodami *ex situ*, pozwalające na rozproszenie ryzyka i zachowanie zasobów genowych w kilku miejscach. Niezbędność takich działań uświadomił przykład szkód spowodowanych przez silny huragan w Nadleśnictwie Pisz. Pomocne dla praktyki leśnej w tym zakresie są również opracowania metodyczne dotyczące regionalnych

programów ochrony zasobów genowych. Istotną rolę do spełnienia ma Leśny Bank Genów Kostrzyca i banki regionalne, m.in. Karpacki Bank Genów (LZD Krynica) i Bank Genów Buki Zwyczajnego (RDLP Katowice)*.

Zasady trwale zrównoważonej gospodarki leśnej, które przyjęliśmy do stosowania w naszym leśnictwie, jako jeden z celów określają zachowanie i ochronę różnorodności biologicznej z jej zmiennością genetyczną. Skutkuje to modyfikacjami prowadzenia gospodarki leśnej, która ukierunkowana jest na ochronę ekosystemów i ich składników, a nie tylko na ochronę drzewostanów. Obok naturalizacji hodowli lasu i rozszerzonego wykorzystywania procesu odnowienia naturalnego duże znaczenie dla zachowania równowagi w lesie ma odpowiedni dobór składu gatunkowego drzewostanów. W warunkach Polski, gdzie las jako całość nie może być tylko obiektem chronionym, ale również racjonalnie użytkowanym, możliwe jest prowadzenie gospodarki w sposób uwzględniający wszystkie opisywane zalecenia i uwarunkowania bez radykalnych zmian. Struktura siedlisk naszych lasów i dostosowany do niej skład gatunkowy uniemożliwiają stosowanie odnowień naturalnych w rozmiarze większym niż 10–20% odnawianej powierzchni. Musimy jednak zwiększyć rozmiar odnowień naturalnych wszędzie tam, gdzie jest to możliwe, a drzewostan macierzysty (skład, pochodzenie i jakość) zapewni uzyskanie pożądanych cech w następnym pokoleniu.

Harmonizacja prawa polskiego z prawem Unii Europejskiej dotyczącym bezpośrednio leśnictwa nie spowoduje większych zmian w sposobie prowadzenia gospodarki leśnej. Wdrożone zostaną opracowane już normy prawne dotyczące nasion i sadzonek, a szczególnie krajowy system rejestracji i kontroli urzędowej leśnego materiału rozmnożeniowego (LMR), co sprawi, że materiał ten będzie odpowiedni, a jego pochodzenie będzie identyfikowane na każdym etapie procesu produkcyjnego.

W najbliższej przyszłości nie nastąpią przekształcenia struktury własnościowej naszych lasów. Las jako dobro ogólnonarodowe pozostanie w większości własnością Skarbu Państwa w zarządzie Lasów Państwowych, a roszczenia repywatyzacyjne zostaną zaspokojone w formie innej niż zwroty w naturze. Można natomiast zakładać prywatyzację usług w szkółkarstwie i nasiennictwie oraz powstanie konkurencji, co wymusi racjonalizację i optymalizację kosztów działania jednostek organizacyjnych LP. Kryzys ekonomiczny leśnictwa europejskiego i zwiększająca się deficytowość gospodarki leśnej wymuszą ograniczanie realizowanych zadań – selekcję i zagospodarowanie lasu, w tym również w zakresie nasiennictwa.

Mimo spodziewanych w najbliższych latach zmian zewnętrznych warunków działania Lasów Państwowych zakłada się, że podstawowe zadania i kierunki sformułowane w *Programie zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew leśnych w Polsce na lata 1991–2010* będą nadal realizowane, ale z uwzględnieniem pewnych modyfikacji. Planuje się:

- stopniowy wzrost udziału odnowień naturalnych (do poziomu 15–20%) w odnawianej powierzchni całkowitej,
- opracowanie i wdrożenie regionalnych programów zachowania zasobów genowych, we współpracy z Leśnym Bankiem Genów Kostrzyca,
- rozszerzenie działań ochrony gatunków zagrożonych i rzadkich (drzew i krzewów), dzikich drzew owocowych, reliktywów i innych (rejestracja i kierunki propagacji),
- restytucja limby w Karpatach i jodły w Sudetach,

* Zobacz też w niniejszej monografii (s. 619–636) opracowanie J. Sabora: *Idea regionalnych banków genów*.

- introdukcja limby w Sudetach,
- racjonalizacja wykorzystania istniejącej bazy nasiennej, poprawa zagospodarowania WDN i GDN,
- przyspieszenie zakładania upraw pochodnych łącznie z opracowaniem planów zakładania upraw pochodnych *ex situ*,
- wdrożenie ustawy o leśnym materiale rozmnożeniowym, w tym wdrożenie przez Biuro Nasiennictwa Leśnego systemu rejestracji i kontroli nasion i sadzonek oraz doskonalenie leśnej regionalizacji nasion i sadzonek.

Niezbędnym i niezwykle istotnym elementem *Programu...* jest rozwój badań naukowych, w tym badań proweniencyjnych i rodowych, w celu wyboru najlepszych populacji do zakładania upraw w sztucznych odnowieniach lub zalesieniach oraz badań dotyczących interakcji genotypu ze środowiskiem, czyli wskazania, na jakich obszarach dane populacje mogą być przydatne. W kontynuacji badań związanych z realizacją *Programu...* szczególne znaczenie mają:

- rozwój badań naukowych i praktycznych działań ukierunkowanych na testowanie potomstwa wybranych populacji (WDN), drzew doborowych, plantacji nasiennych i plantacyjnych upraw nasiennych w celu określenia ich wartości genetycznej, przydatności hodowlanej oraz możliwości zastosowania i przenoszenia nasion (LMR);
- przyspieszenie i rozszerzenie zakresu badań zmienności genetycznej i oceny wartości genetycznej potomstwa metodami genetyki molekularnej.

Nowoczesne nasiennictwo i szkółkarstwo funkcjonujące w lasach państwowych od wielu lat spełnia wiodącą, szczególną rolę w procesie kształtowania lasów. Olbrzymi wysiłek organizacyjny i nakłady poniesione na utworzenie systemu modelowego oraz modernizację infrastruktury technicznej kompleksu nasiennno-szkółkarskiego pozwoliły na osiągnięcie poziomu spełniającego wymogi trwale zrównoważonej gospodarki leśnej, umożliwiającego zaliczenie polskiego leśnictwa do czołówki w Europie Środkowej. Powstanie kompleksu nasiennno-szkółkarskiego było możliwe dzięki konsekwentnej realizacji *Programu zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew leśnych w Polsce na lata 1991-2010*, który wyznaczył strategiczne cele i kierunki działań dla wszystkich jednostek organizacyjnych Lasów Państwowych oraz nakreślił obszary badań naukowych. Obecnie Lasy Państwowe dysponują nowoczesnym zapleczem technicznym w postaci wyluszczeni, przechowalni nasion i sadzonek, laboratoriów oraz szkółek leśnych. Kapitalne znaczenie dla rozwoju nasiennictwa i szkółkarstwa mają nauki leśne, dzięki którym poznaliśmy w znacznym stopniu zmienność genetyczną naszych podstawowych gatunków lasotwórczych, interakcje genotypu ze środowiskiem, plastyczność populacji wyrażającą się najlepszym przystosowaniem do określonych warunków środowiska, a także metody i sposoby aktywnej ochrony różnorodności biologicznej oraz zachowania zasobów genowych. Rozpoznaliśmy warunki i szczegółowe sposoby wieloletniego przechowywania nasion i przysposobiania do siewu. Tylko w Polsce stosowane są oryginalne metody wieloletniego przechowywania nasion dębów, buka zwyczajnego i jodły pospolitej opracowane przez polskich naukowców.

Krajowe zapasy zgromadzone w przechowalniach w Dukli, Białogardzie, Jarocinie, w Leśnym Banku Genów Kostrzyca – obiekcie powstałym dzięki wspólnej myśli naukowców, projektantów i praktyków leśnych, i w innych obiektach (Czarna Białostocka, Grotniki, Gryfino, Nowa Sól, Rudy Raciborskie, Zwierzyniec) mogą być swobodnie dysponowane w zależności od potrzeb, przy zachowaniu pełnej kontroli stanu przechowywanych nasion.

W Państwowych Gospodarstwach Leśnych LP obowiązują jednoznaczne zasady regulujące zagadnienia związane z oceną jakości nasion, kontrolą pochodzenia oraz obrotem nasion i sadzonek.

Na podkreślenie zasługuje fakt, że wszystkie opisane sukcesy nie byłyby możliwe, jeśli nie zachowana zostałaby do dzisiaj struktura organizacyjna Lasów Państwowych powstała w 1924 r. Sukcesy te można także zawdzięczać zasadom gospodarki finansowej wyłączonej z budżetu państwa i opartej na samofinansowaniu się jednostek organizacyjnych. Jednolite zasady zarządzania gospodarką leśną, ciągłość działania struktur organizacyjnych Lasów Państwowych w połączeniu z samodzielnością i tradycyjnym konserwatyzmem leśników dają doskonałe efekty. Niezbędnym warunkiem ich uzyskiwania jest współdziałanie Lasów Państwowych z wieloma ośrodkami nauk leśnych, szczególnie wydziałów leśnych akademii rolniczych, instytutów PAN-u i Instytutu Badawczego Leśnictwa.

Literatura

- Grzywacz A.** 1995. Problemy ochrony różnorodności biologicznej grzybów w ekosystemach leśnych. [W:] Ochrona różnorodności biologicznej w zrównoważonej gospodarce leśnej. PTL, IBL, Warszawa, 57–62.
- Matras J.** 1992. Podstawy selekcji drzew leśnych i zachowania zasobów genetycznych. [W:] Problematyka genetyki i selekcji drzew leśnych. Post. Tech. Leś., 51, 9–15.
- Matras J. (kier. zesp.), Burzyński G., Czart J., Fonder W., Korczyk A., Puchniarski T., Tomczyk A., Załęski A.** 1993. Program zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew leśnych w Polsce na lata 1991–2010. DGLP, IBL, Warszawa.

Zasady oceny pilności potrzeb w zakresie ochrony różnorodności genetycznej w lasach

Jan Matras*

Opracowanie stanowi rozwinięcie i uszczegółowienie dla potrzeb pracowników Lasów Państwowych (LP), a także studentów – przyszłych leśników i wszystkich zainteresowanych problematyką różnorodności genetycznej w lasach *Zasad wyboru i prowadzenia oraz wykorzystania genotypów, populacji i zbiorowisk zachowawczych w LP* [Matras 1997, DGLP, Warszawa]. W opracowaniu tym omówiono pojęcia dotyczące zróżnicowania genetycznego, zewnętrzne i wewnętrzne czynniki modyfikujące to zróżnicowanie, znaczenie różnorodności genetycznej dla trwałości bytowania osobników, populacji i zbiorowisk roślinnych, podstawowe metody ochrony zróżnicowania genetycznego oraz kierunki działań w tym zakresie proponowane do wykorzystania i realizacji. Zgodnie z przyjętą koncepcją po akceptacji ogólnych założeń dotyczących ochrony różnorodności genetycznej zbiorowisk roślinnych w LP oraz przyjęciu podstawowych kryteriów kwalifikacji osobników, populacji i zbiorowisk roślinnych, kolejnym etapem działań mających na celu praktyczną realizację ochrony różnorodności genetycznej powinno być:

- określenie listy gatunków, które wymagają działań w tym zakresie,
- szczegółowa ocena stopnia pilności potrzeb (priorytetu) wynikającego z oddziaływania na określone osobniki, populacje czy zbiorowiska leśne czynników wywołujących zagrożenie istniejącego zróżnicowania genetycznego.

W opracowaniu przedstawiono szczegółowe zasady oceny pilności potrzeb ochronnych wynikających z wpływu wielu niekorzystnych czynników na możliwości wystąpienia negatywnych zmian struktury genetycznej na różnych poziomach organizacji (głównie dotyczących wypadania w kolejnych pokoleniach określonych genów i genotypów, a w szczególnych przypadkach również modyfikacji genów istniejących, stanowiących przyczynę powstawania niekorzystnych mutacji) oraz obliczenia wskaźnika stopnia zagrożenia, będącego jednocześnie informacją o pilności potrzeb ochronnych dla poszczególnych osobników, populacji i zbiorowisk roślinnych w LP. Wskaźnik ten winien stanowić podstawę uszeregowania poszczególnych osobników, populacji i zbiorowisk roślinnych pod względem wielkości potrzeb ochronnych gatunków (również populacji wybranych gatunków) drzew, krzewów oraz wybranych gatunków roślinności zielnej wchodzących w skład leśnych zbiorowisk roślinnych w lasach.

Na podstawie zgromadzonych dla poszczególnych obszarów informacji cząstkowych możliwe będzie opracowanie wieloaspektowej oceny zagrożeń dla poszczególnych gatunków w ramach ich zasięgów naturalnych.

* Zakład Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych, Instytut Badawczy Leśnictwa w Warszawie

Opracowanie szczegółowych metod oceny potrzeb w zakresie ochrony różnorodności genetycznej, uwzględniających w maksymalnym stopniu informacje o występujących obecnie i potencjalnych zagrożeniach tej różnorodności pozwoli na ich porównywanie na różnych poziomach i w odniesieniu do różnych grup gatunków oraz umożliwi uszeregowanie obiektów pod względem pilności potrzeb ochronnych na podstawie ocen możliwie obiektywnych.

Kryteria typowania gatunków, populacji i osobników do ochrony

Dla zbiorowisk leśnych występujących w lasach państwowych proponuje się przyjęcie dwóch podstawowych grup kryteriów wyboru gatunków, populacji i osobników do zachowania różnorodności genetycznej:

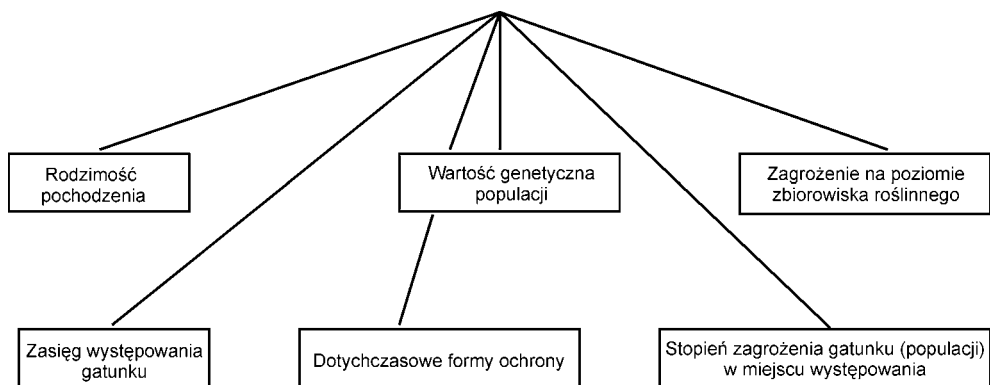
- 1) wartość genetyczna populacji:
 - wartość hodowlana,
 - plastyczność,
 - zróżnicowanie struktur genetycznych,
 - występowanie rzadkich alleli;
- 2) stopień zagrożenia gatunku (populacji):
 - oddziaływanie czynników antropogenicznych,
 - rzadkość występowania,
 - inne czynniki (działające czasowo lub lokalnie).

Przedstawione powyżej kryteria (grupy kryteriów) ustalania pilności potrzeb ochrony i typowania gatunków, populacji oraz osobników zostały uszczegółowione w celu ilościowej oceny potrzeb w zakresie ochrony. Zaproponowano wyróżnienie sześciu grup kryteriów (ryc. 1). Są to:

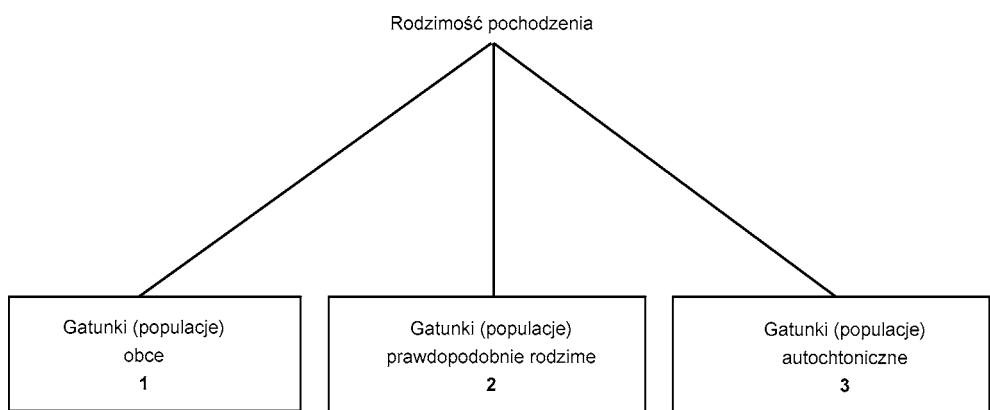
- 1) rodzimość pochodzenia;
- 2) zasięg występowania gatunku;
- 3) wartość genetyczna populacji:
 - zróżnicowanie genetyczne,
 - plastyczność populacji,
 - przydatność hodowlana;
- 4) stopień zagrożenia gatunku (populacji):
 - czynniki antropogeniczne,
 - czynniki biotyczne i abiotyczne,
 - możliwości niekorzystnych modyfikacji genetycznych;
- 5) zagrożenie na poziomie zbiorowiska roślinnego:
 - lokalizacja populacji w zasięgu gatunku,
 - znaczenie gatunku w tworzeniu zbiorowiska,
 - kondycja gatunku;
- 6) dotychczasowe formy ochrony.

Zaleca się, aby w każdym nadleśnictwie klasyfikować pilność potrzeb ochronnych osobno według każdego z powyższych kryteriów i stosować w przypadku kryteriów (1), (3), (4) i (5) skalę 3-stopniową (ryc. 2–5): od „1” (najmniej pilne) do „3” (najpilniejsze). Jedynie w przypadku kryterium (2) – „zasięg występowania gatunku” przyjmuje się skalę 5-stopniową (ryc. 6), a w przypadku kryterium (6) – „dotychczasowe formy ochrony” – skalę 4-stopniową (ryc. 7).

Kryteria typowania osobników, populacji i zbiorowisk roślinnych do ochrony zasobów genowych

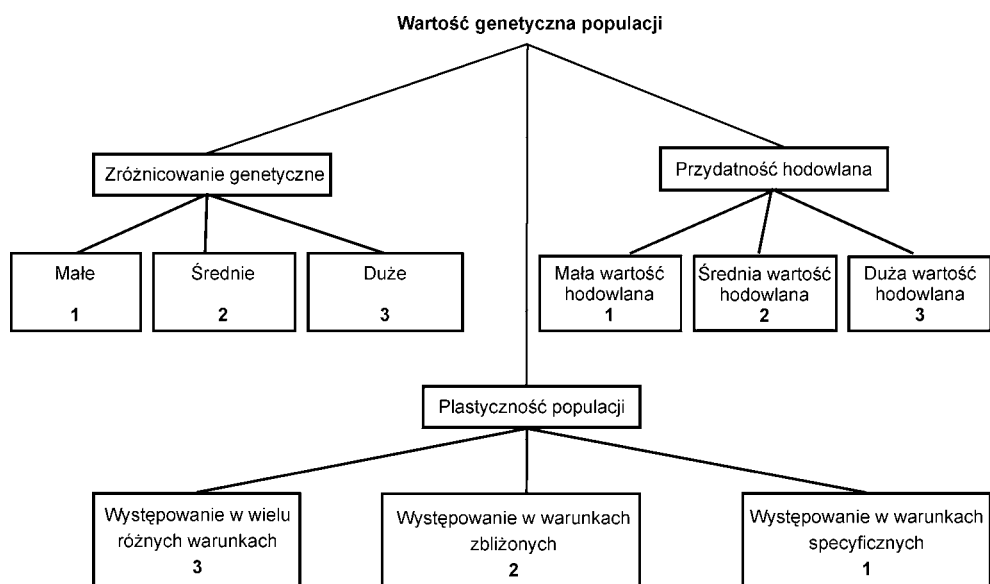


Ryc. 1. Kryteria ustalania pilności potrzeb ochronnych



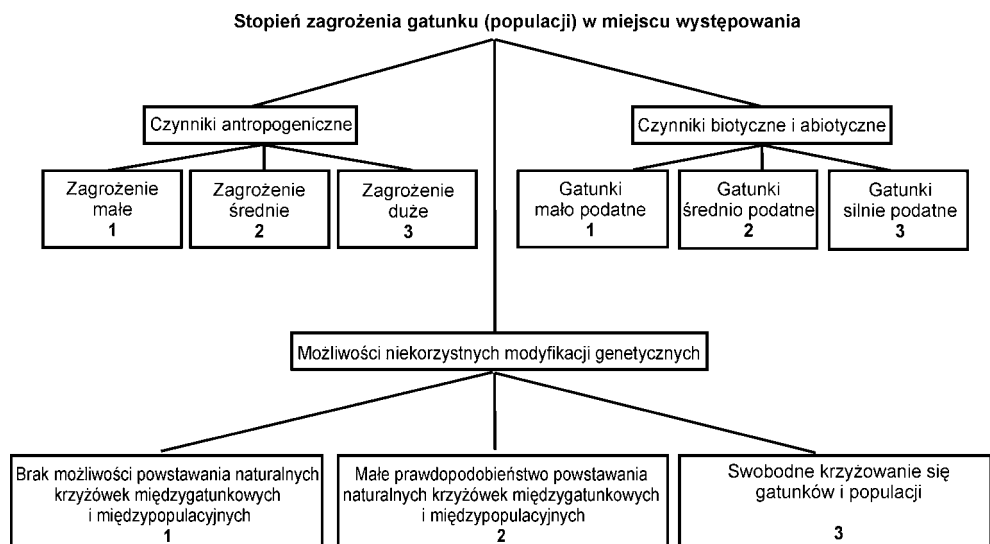
1-3 – stopień pilności ochrony

Ryc. 2. Klasyfikacja pilności potrzeb ochronnych według kryterium 1: „rodzimość pochodzenia” – skala 3-stopniowa



1-3 – stopień pilności ochrony

Ryc. 3. Klasyfikacja pilności potrzeb ochronnych według kryterium 3: „wartość genetyczna populacji” – skala 3-stopniowa

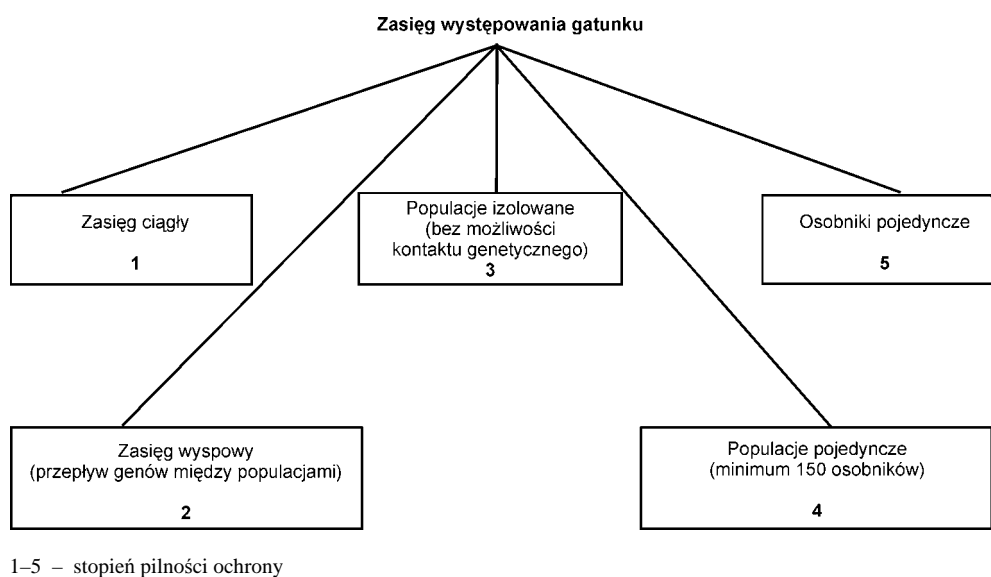


1-3 – stopień pilności ochrony

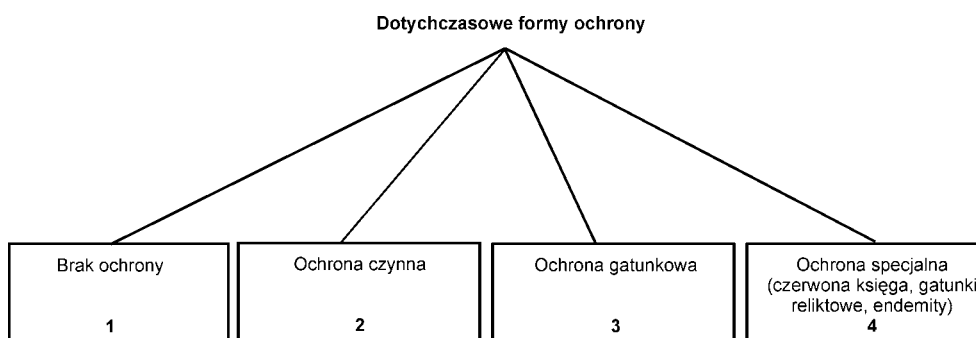
Ryc. 4. Klasyfikacja pilności potrzeb ochronnych według kryterium 4: „stopień zagrożenia gatunku (populacji)” – skala 3-stopniowa



Ryc. 5. Klasyfikacja pilności potrzeb ochronnych według kryterium 5: „zagrożenie na poziomie zbiorowiska roślinnego” – skala 3-stopniowa



Ryc. 6. Klasyfikacja pilności potrzeb ochronnych według kryterium 2: „zasięg występowania gatunku” – skala 5-stopniowa



1–4 – stopień pilności ochrony

Ryc. 7. Klasyfikacja pilności potrzeb ochronnych według kryterium 6: „dotychczasowe formy ochrony” – skala 4-stopniowa

Podstawowe zasady oceny

Ocenę stopnia zagrożenia gatunku (pilności potrzeb ochrony różnorodności genetycznej) przeprowadza się, określając w przyjętej skali, osobno według każdego kryterium, stopień pilności jego ochrony. Uzyskane w ten sposób dane stanowią podstawę do obliczenia sumarycznego wskaźnika potrzeb ochrony.

Przy ocenie pochodzenia (rodzimości) stopień „1” należy przypisać obiektom, co do których jesteśmy pewni, że zostały sprowadzone spoza obszaru występowania gatunku lub populacji. Stopień „3” powinny mieć jedynie zbiorowiska o strukturze wskazującej na ich pochodzenie naturalne lub populacje, co do których mamy pewność, że powstały z odnowienia naturalnego. Wprowadzanie sztuczne (sadzenie lub wysiew nasion) nie powinno jednak być podstawą do nadawania obiektowi oceny „1”, jeśli wiadomo, że do tego celu wykorzystano materiał lokalny. Sztuczne wprowadzanie nawet lokalnych populacji na siedliska skrajnie odmienne (jest to szczególnie istotne w przypadku gatunków drzewiastych, np. wprowadzanie populacji sosny z siedliska Bs na siedlisko LMśw) winno być traktowane jak wprowadzanie populacji obcych. Populacje takie, o ile nie wprowadzano ich celowo, należy typować do zachowania w ostatniej kolejności.

Zakres działań ochronnych na poziomie gatunku zależy w dużej mierze od obszaru jego naturalnego występowania. W przypadku gatunków o zasięgu ciągłym, gdy istnieje swobodny przepływ genów między poszczególnymi populacjami i nie występują czynniki o charakterze kłęsk ekologicznych, potrzeby dodatkowych działań w zakresie ochrony różnorodności genetycznej nie są duże. Zgodnie z zaproponowaną skalą ocen gatunki (populacje) o takim charakterze winny być zaliczane do grupy o pierwszym („1”) stopniu pilności potrzeb ochronnych. Jeśli zasięg jest podzielony na izolowane podzasięgi, przez co swobodny przepływ genów w obrębie gatunku jest znacznie ograniczony lub w ogóle nie występuje, konieczne jest traktowanie tych podzasięgów jako oddzielnych obszarów zachowawczych, dla których konieczne jest wytypowanie odpowiedniej liczby obiektów do zachowania. Gatunkom takim przypisuje się odpowiednio stopień „2” lub „3” w zależności od stopnia fragmentacji zasięgu naturalnego oraz innych czynników modyfikujących stopień zagrożenia. Szczególnej ochrony (stopień pilności „4”) wymagają pozostałości

gatunku w formie zgrupowań osobników, które ze względu na liczebność mogą być jeszcze traktowane jako populacje (w praktyce jako populacje można traktować grupy osobników o liczebności około 100–150 szt., mogące się swobodnie krzyżować i czynnie uczestniczyć w procesie rozmnażania). Najwyższy priorytet w zachowaniu zasobów genowych (stopień pilności ochrony „5”) mają gatunki reprezentowane jedynie przez pojedyncze osobniki.

Zróżnicowanie genetyczne populacji ma zasadnicze znaczenie przy realizacji ochrony z wielu powodów. Po pierwsze, jest to element decydujący o rozmiarze prac, które muszą być zrealizowane do osiągnięcia określonych celów. Po drugie, zachowanie zasobów genowych określonych populacji *in situ* w długim czasie jest możliwe jedynie w przypadku populacji o bogatej puli genowej, które mają wystarczający potencjał genetyczny do modyfikacji swej struktury i zdolności dostosowywania się do warunków środowiska.

Największe zróżnicowanie genetyczne wykazują niewątpliwie populacje rodzime występujące na danym obszarze od pokoleń, maksymalnie dostosowane do wzrostu w tych warunkach, a jednocześnie, zgodnie z prawem Hardy’ego–Weinberga, pozostające w dynamicznej równowadze genetycznej. Takie populacje, o ile nie oddziałują na nie silne czynniki zewnętrzne (selekcja naturalna), są w kolejnych pokoleniach identyczne pod względem genetycznym. Zachowanie populacji rodzimych jest bardzo ważne dla przyrodniczej równowagi środowiska i dlatego populacje te winny być kwalifikowane do ochrony w pierwszej kolejności – stopień pilności ochrony „3”. Populacje o niewielkim zróżnicowaniu genetycznym są mniej wartościowe. Są to bowiem najprawdopodobniej albo populacje sztuczne, albo pozostałości populacji naturalnych, ale rosnących w warunkach długotrwałego oddziaływania czynników stresowych (stopień „1”). Pełna ocena zróżnicowania genetycznego określonych populacji w celu ustalenia pilności potrzeb ochrony jest jednak na ogół trudna do realizacji. Dane na ten temat są bowiem bardzo fragmentaryczne. Systematyczne badania zmienności cech ilościowych i jakościowych gatunków drzew leśnych w ramach ich zasięgów prowadzone są jedynie w przypadku gatunków podstawowych. Wnioski z tych badań powinny być podstawą do określenia stopnia pilności ochrony poszczególnych populacji. Dla pozostałych gatunków drzew leśnych, krzewów, a szczególnie roślin zielnych, ocenę tę z konieczności należy oprzeć na stwierdzonym fenotypowym zróżnicowaniu cech morfologicznych. Ważnym elementem przy ocenie zróżnicowania genetycznego jest występowanie tzw. genów rzadkich (markerów genetycznych). Występowanie tych genów jest na ogół związane z faktem bytowania populacji w warunkach skrajnych dla danego gatunku. Na granicach zasięgów naturalnych lub w skrajnych warunkach środowiskowych gatunki ulegają silnej selekcji naturalnej, częstsze są również mutacje. W efekcie, w populacjach tych występują geny, które nie występują w populacjach w centralnej części zasięgu. Populacje te różnią się również pod względem struktury genetycznej od populacji rosnących w warunkach optymalnych. Populacje zlokalizowane na granicach zasięgu (w tym również pionowego) winny podlegać szczególnej ochronie, a więc określonej stopniem pilności ochrony „3”.

Plastyczność populacji jest cechą, która w obecnych, zmieniających się radykalnie warunkach bytowania ma dla zachowania trwałości określonych zbiorowisk roślinnych coraz większe znaczenie. Informacji na temat plastyczności wybranych populacji podstawowych gatunków drzewiastych dostarczają badania proveniencyjne. W przypadku takich gatunków, jak sosna, świerk, modrzew, a w pewnej mierze jodła, buk, informacje o zróżnicowaniu plastyczności głównych populacji można już uznać za wystarczające. Dla pozostałych drzew, krzewów oraz roślin niższych dane są sporadyczne lub na ogół ich brak. Dlatego

o plastyczności tych gatunków można wnioskować pośrednio na podstawie zakresu zmienności siedliskowej i klimatycznej. Gatunki występujące na terenach o różnych warunkach glebowych i dużej zmienności klimatycznej powinny mieć „3” stopień pilności ochrony, natomiast występujące jedynie w ściśle określonych warunkach – stopień „1”.

Kryterium przydatności hodowlanej dotyczy głównie gatunków drzewiastych. Traktowanie tej cechy jako kryterium typowania populacji do ochrony nie wynika jedynie z dążenia do zachowania populacji o określonych cechach użytkowych, co również powinno być brane pod uwagę, ale głównie z roli, jaką pełnią te gatunki w tworzeniu stabilnych leśnych zbiorowisk roślinnych. Znaczenie tych gatunków wiąże się głównie z możliwościami wytwarzania przez nie dużej ilości biomasy wykorzystywanej przez pozostałe ogniwa łańcucha troficznego danego zbiorowiska. Ponadto populacje wysoko produkcyjne cechuje zdolność do pochłaniania dużych ilości dwutlenku węgla z atmosfery oraz wydzielania tlenu. Wpływ zbiorowisk leśnych na redukcję stężenia CO₂ w atmosferze i osłabienie tzw. efektu szklarniowego jest bardzo duży. W jednej tonie drewna znajduje się ok. 250 kg węgla pobranego z atmosfery w procesie jego asymilacji, przy czym do atmosfery wydzielana jest równoważna ilość tlenu. Węgiel ten może być retencjonowany w drewnie zwykle ok. 100–150 lat (a nawet znacznie dłużej) w formie nieszkodliwej dla środowiska. Z badań genetycznych wynika, że różnice pod względem produktywności populacji mogą w ramach gatunku dochodzić nawet do 100%. Objęcie w pierwszej kolejności ochroną populacji drzew o dużej produktywności jest więc w pełni uzasadnione. Podobnie należy traktować krzewy i rośliny zielne wytwarzające dużą biomasę. Przy ocenie gatunki te winny zostać zakwalifikowane do grupy o dużej wartości hodowlanej (stopień pilności ochrony „3”).

Zagrożenie zubożenia genetycznego może wynikać z oddziaływania czynników antropogenicznych, czynników biotycznych i abiotycznych oraz niekorzystnych modyfikacji genetycznych spowodowanych występowaniem obok lub w pobliżu siebie różnych populacji tego samego gatunku lub nawet różnych gatunków mogących się ze sobą krzyżować.

Ocena zagrożeń przez czynniki antropogeniczne została szczegółowo omówiona w cytowanym już wcześniej opracowaniu autora [Matras 1997]. Zaproponowana skala oceny zmienności tych zagrożeń jest stosunkowo prosta i nie wymaga obszernych wyjaśnień. Do grupy najmniej zagrożonych (stopień „1”) należy zaliczać gatunki występujące na obszarach, na których oddziaływanie szkodliwych czynników antropogenicznych nie występuje lub jest tak małe, że umożliwia normalny lub prawie normalny wzrost i rozwój osobników oraz ich rozmnażanie generatywne. Do grupy najbardziej zagrożonych („3”) należą populacje silnie uszkodzone przez czynniki antropogeniczne, a więc populacje zamierające bez możliwości pozostawienia po sobie potomstwa generatywnego.

Trudniej wykonać ocenę zagrożeń wywoływanych przez biotyczne i abiotyczne czynniki przyrodnicze. Występowanie tych czynników jest bowiem często losowe, nie związane z określonym obszarem, zagrożenia zaś dotyczą zazwyczaj nie pojedynczych populacji lub gatunków, lecz ich grup tworzących zbiorowiska. Ustalenie obszaru oddziaływania określonych czynników jest możliwe jedynie w przypadku niektórych spośród nich, takich jak np. wiatrowały, śniegołomy, przymrozki. Możliwe jest wówczas odniesienie oceny potrzeb ochrony populacji do obszarów ich występowania. Podobnie możliwa jest na poziomie gatunku, a nawet populacji, ocena różnic pod względem podatności na uszkodzenia przez zwierzęcą, owady itp. Wszystkie te informacje mogą i powinny zostać wykorzystane przy ocenie stopnia zagrożenia osobników, populacji i zbiorowisk roślinnych przez czynniki

biotyczne i abiotyczne. Gatunki i populacje często i silnie uszkodzone na danym obszarze przez czynniki biotyczne i abiotyczne winny uzyskiwać stopień pilności ochrony „3”, natomiast gatunki uszkodzone sporadycznie lub rzadko – stopień „1”.

Stosunkowo łatwe jest ustalenie możliwości powstawania niekorzystnych modyfikacji genetycznych na poziomie międzygatunkowym, gdyż na ogół wiadomo, jakie gatunki mogą się wzajemnie krzyżować. Wskazanie populacji zagrożonych wystąpieniem tego rodzaju zjawisk nie powinno zatem stwarzać problemów. Naturalne krzyżówki międzygatunkowe stwierdzono m.in. u rodzajów: topola, wierza, modrzew, dąb, brzoza, jesion, cis. Możliwe są również krzyżówki dzikich gatunków drzew owocowych z ich odmianami uprawnymi. A zatem w przypadku oceny i kwalifikacji określonych gatunków, populacji czy osobników do ochrony różnorodności genetycznej i zaliczenie ich do określonej kategorii zagrożenia modyfikacjami genetycznymi zależy od występowania w sąsiedztwie gatunków mogących wywołać omawiane zjawiska. Znacznie trudniej jest określić występowanie tego rodzaju zagrożeń na poziomie populacji. Jedyne w przypadku gatunków, dla których podstawowym sposobem odnowienia był samosiew (odnowienie naturalne), np. u buka, można z dużą dozą prawdopodobieństwa przyjąć, że sąsiadujące ze sobą zbiorowiska, w których występuje ten sam gatunek, stanowią części tej samej populacji, gdzie zachodzą naturalne procesy przepływu genów i wymiany materiału genetycznego. W przypadku populacji wprowadzonych sztucznie zawsze istnieje możliwość zlokalizowania obok populacji autochtonicznej innej populacji tego samego gatunku. Ze względu na brak naturalnych barier dla powstawania krzyżówek międzypopulacyjnych istnieje duże prawdopodobieństwo, że – o ile nie podejmie się określonych działań – obce, nie zawsze korzystne, geny zostaną przekazane potomstwu i utrwalone w pokoleniach potomnych. Oczywiście tego rodzaju zjawiska nie muszą być regułą, ale każda modyfikacja genetyczna populacji lokalnej jest szkodliwa, gdyż zmienia struktury genetyczne, które powinny podlegać ochronie.

Ocena rodzimości populacji występujących na danym obszarze jest trudna do wykonania. Niekiedy danych odnośnie do pochodzenia populacji dostarczają źródła historyczne. Jednak w większości przypadków jedynym sposobem oceny rodzimości populacji jest porównanie jej cech fenotypowych z cechami populacji, co do której mamy pewność, że jest to populacja lokalna. Populacje nieautochtoniczne różnią się najczęściej od populacji lokalnych cechami morfologicznymi, dynamiką wzrostu, a przede wszystkim podatnością na szkody powodowane przez czynniki biotyczne i abiotyczne.

Stopień zagrożenia rozpatrywany w skali całych zbiorowisk roślinnych jest kolejnym wskaźnikiem brany pod uwagę przy ocenie ogólnego stopnia zagrożenia. Czynnikiem wpływającym na stopień zagrożenia jest w tym przypadku lokalizacja populacji w zasięgu gatunku, znaczenie gatunków w tworzeniu zbiorowisk oraz kondycja gatunku. Poszczególne populacje określonego gatunku w zależności od ich lokalizacji w ramach zasięgów naturalnych rosną w zróżnicowanych warunkach – od optymalnych, występujących z reguły w centrum zasięgu gatunku, do warunków skrajnych panujących na granicach jego poziomego i pionowego zasięgu naturalnego. W podobnym kierunku wzrasta niebezpieczeństwo zubożenia genetycznego powodowanego zarówno przez naturalne czynniki selekcyjne, jak i oddziaływanie czynników antropogenicznych. Dlatego przy ocenie stopnia zagrożenia populacjom danego gatunku w centrum jego zasięgu przyznaje się stopień pilności ochrony „1”, natomiast populacjom brzegowym – stopień „3”.

Gatunki występujące w danym zbiorowisku mogą należeć do grupy gatunków zbiorowiskotwórczych, których obecność decyduje o istnieniu określonego zbiorowiska, gatunków towarzyszących oraz gatunków obojętnych. Obecność gatunków obojętnych (lub ich brak) nie decyduje o cechach danego zbiorowiska. W pierwszej kolejności ochroną winny zostać objęte gatunki charakterystyczne, które w mniejszym lub większym stopniu decydują o istnieniu zbiorowisk roślinnych – stopień pilności ochrony „3”, w drugiej kolejności gatunki towarzyszące – stopień „2”, w trzeciej zaś gatunki obojętne – stopień „1”.

Pilność działań podejmowanych w celu ochrony zróżnicowania genetycznego zależy również od kondycji chronionego gatunku (populacji). Intensywnych działań wymagają gatunki, których obszar występowania maleje w kolejnych pokoleniach (stopień pilności ochrony „3”). Gatunki ekspansywne, zwiększające obszar występowania w kolejnych pokoleniach, w zasadzie nie wymagają ochrony (stopień pilności „1”). Tak jednoznaczna ocena kondycji gatunków jest jednak możliwa jedynie w przypadku naturalnych lub prawie naturalnych zbiorowisk roślinnych, w niewielkim stopniu zniekształconych przez czynniki zewnętrzne, ocenianych w skali makro, np. w skali zasięgu gatunku lub populacji. W zbiorowiskach sztucznych lub silnie zdegradowanych w wyniku naturalnych procesów sukcesji lub kierowanej przebudowy występują procesy zwiększania się obszaru występowania określonych gatunków wchodzących w miejsce dotychczas istniejących zbiorowisk sztucznych. Możliwy jest również proces odwrotny. W takich przypadkach, pomimo lokalnych zmian obszarów występowania, gatunki te winny być zaliczone do kategorii gatunków ustabilizowanych (stopień pilności ochrony „2”).

Ostatnim kryterium oceny potrzeb w zakresie ochrony różnorodności genetycznej gatunków leśnych jest zagrożenie na poziomie gatunku. Zjawisko stopniowego wymierania gatunków i wchodzenia na ich miejsce innych, powstałych na drodze ewolucji jest zjawiskiem naturalnym. Tego rodzaju zmiany jako elementy naturalnego procesu długookresowego dostosowywania się organizmów do bytowania w określonych warunkach nie wymagałyby ingerencji człowieka, gdyby nie sztuczne (antropogeniczne) przyspieszanie tego procesu do takiego poziomu, przy którym naturalne mechanizmy genetyczne nie są już w stanie zareagować na zmiany warunków. Wymieranie gatunków nasiliło się zwłaszcza w ostatnich dwóch stuleciach wraz z rozwojem przemysłu. Jednocześnie podejmowano szereg działań mających na celu ochronę fenotypów. Działania ochronne są cenną informacją również przy określaniu potrzeb w zakresie ochrony zróżnicowania genetycznego. Najmniej działań w zakresie ochrony zmienności genetycznej wymagają te gatunki, które dotychczas nie podlegały żadnej z form ochrony wynikającej z ustawy o ochronie przyrody, dlatego przy ocenie potrzeb ochrony według tego kryterium należy im przypisać stopień pilności „1”. Większej ochronie czynnej winny podlegać te gatunki, u których zagrożenie nie obejmuje jeszcze całego gatunku, lecz jedynie niektóre populacje. Znacznie szerszych działań ochronnych wymagają gatunki zagrożone w całości, objęte ochroną prawną – stopień pilności ochrony „3”. Do grupy tej zalicza się gatunki, których zasięgi naturalne nie uległy jeszcze istotnej redukcji, ale zagrożenie obejmuje znaczną liczbę populacji występujących w ramach zasięgu naturalnego i ma tendencję wzrostową. Pojedyncze populacje szczytkowe lub nawet pojedyncze osobniki (gatunki reliktowe, endemiczne) należy kwalifikować do grupy o stopniu pilności ochrony „4”. Gatunki te wymagają szczególnie intensywnych działań ochronnych i stosowania wielu różnych metod ochrony ich zasobów genowych.

Sposób oceny

Ocena pilności potrzeb ochronnych w zakresie różnorodności genetycznej w określonym nadleśnictwie powinna być oparta na:

- danych zawartych w długookresowych planach ochrony,
- lustracji terenowej,
- innych dokumentach i materiałach dotyczących dotychczasowych działań i planów w tym zakresie na przyszłość.

Na podstawie posiadanych informacji ocenia się pilność potrzeb ochronnych w stosunku do każdego gatunku (populacji) według przyjętych kryteriów, wpisując ustalony stopień pilności w odpowiedniej rubryce w tabeli 1.

Bardzo ważne jest, aby ocena była poparta lustracją terenową. Oddziaływanie czynników zagrażających (w szczególności czynników antropogenicznych) może mieć charakter dynamiczny – zmienny w czasie i dlatego miarodajną ocenę można przeprowadzić jedynie na podstawie znajomości aktualnego stanu zagrożenia. Ponadto ocena pozwala na weryfikację dotychczasowych, ustalanych na podstawie innych kryteriów, zaleceń ochronnych. W trakcie oceny należy kierować się podstawowym założeniem ochrony zasobów genowych, stwierdzającym, że „obiektem ochrony jest określony genotyp lub określona pula genotypów i genów (populacja, gatunek, zbiorowisko leśne), a celem ochrony jest zachowanie w kolejnych pokoleniach rozwoju ewolucyjnego określonych genów i genotypów oraz maksymalnego zróżnicowania genetycznego na wszystkich szczeblach organizacji zbiorowisk roślinnych”.

Suma ocen ustalonych według przyjętych kryteriów jest wskaźnikiem pilności potrzeb w zakresie ochrony różnorodności genetycznej na poziomie gatunku, a porównanie wskaźników dla poszczególnych gatunków pozwala na ich uszeregowanie pod względem stopnia pilności potrzeby ochrony zróżnicowania genetycznego. Takie porównanie jest poprawne jedynie wtedy, gdy ocena wszystkich gatunków prowadzona jest według takich samych kryteriów. Jeśli potrzeby ochrony gatunków lub populacji oceniane były według różnych kryteriów, dodatkowo należy wyliczyć przeciętny wskaźnik zagrożenia, dzieląc wskaźnik sumaryczny przez liczbę kryteriów branych pod uwagę przy ocenie. Wyliczanie przeciętnego wskaźnika ma sens, gdy przy ocenie wykorzystano przynajmniej połowę z zaproponowanych kryteriów, a porównywanie różnic między gatunkami pod względem pilności potrzeb ochronnych na podstawie przeciętnego wskaźnika jest obarczone małym błędem, a także gdy różnice między liczbą kryteriów branych pod uwagę są niewielkie i nie przekraczają 1/3 ich liczby ogólnej.

W zależności od wielkości wskaźnika zagrożenia (pilności potrzeb) przewiduje się różny zakres działań ochronnych (tab. 2).

Długookresowa ochrona różnorodności genetycznej na poziomie zbiorowiska roślinnego jest bardzo trudna i nie zawsze możliwa do realizacji. Wymaga ona świadomej ingerencji w procesy zachodzące w określonym zbiorowisku w celu zachowania jego równowagi ekologicznej lub jej przywrócenia. Ochronę zróżnicowania genetycznego zbiorowisk można realizować jedynie poprzez ochronę zróżnicowania genetycznego poszczególnych jego elementów – gatunków lub populacji. Jeśli w danym zbiorowisku występuje znaczna liczba gatunków wymagających ochrony, jej realizacja jest możliwa jedynie przez ochronę całego zbiorowiska. Dlatego ważne jest, aby decyzję dotyczącą ochrony podejmować po szczegółowej analizie sytuacji w terenie. Decyzję o ochronie różnorodności genetycznej na poziomie

Tabela 2. Zakres wielkości wskaźnika zagrożenia i proponowane metody ochrony

Zakres	Zasadnicze działania ochronne
1–11	Brak zagrożeń.
12–16	Gatunek (populacja) nie wymaga specjalnych działań, a jedynie monitorowania zmian stanu w czasie.
17–21	Gatunek (populacja) nie wymaga specjalnych działań poza zabiegami hodowlanymi, umożliwiającymi prawidłowy rozwój oraz stały udział w kolejnych pokoleniach.
22–26	Gatunek (populacja) wymaga ochrony głównie <i>in situ</i> , a w uzasadnionych przypadkach również <i>ex situ</i> (liczba i forma powierzchni zachowawczych zależy od szczegółowej oceny w terenie). W działaniach hodowlanych i ochronnych należy dążyć do zwiększenia udziału gatunku w kolejnych pokoleniach zbiorowisk roślinnych.
27–32	Gatunek (populacja) wymaga ochrony <i>in situ</i> i <i>ex situ</i> . W zależności od sytuacji na gruncie (występowania czynników antropogenicznych i innych) należy podjąć decyzję, ile i jakich powierzchni zachowawczych wymaga skuteczna ochrona określonych zasobów genowych (konieczne jest uwzględnienie również zmienności siedliskowej – zbiorowiskowej tych zasobów) oraz ustalić, która z form ochrony jest najbardziej wskazana z punktu widzenia możliwości finansowych i organizacyjnych.
33–39	Gatunek (populacja) wymaga szczególnej ochrony. Należy podjąć wszelkie możliwe działania ochronne, wykorzystując w tym celu metody dostępne w praktyce. Ochrona <i>in situ</i> i <i>ex situ</i> na gruncie winny być prowadzone równolegle, z zachowaniem zasobów genowych należących do danej grupy gatunków w formie długookresowego przechowywania nasion, pyłku i części roślin (w tym przechowywania nasion i tkanek w ciekłym azocie) w banku genów oraz długookresowej hodowli tkanek w kulturach tkankowych. Kultury tkankowe powinno się również wykorzystywać do produkcji materiału sadzeniowego.

zbiorowiska winno się podejmować wtedy, gdy przynajmniej 40% gatunków charakterystycznych i towarzyszących (tworzących określone zbiorowisko) należy do grupy objętej stopniem pilności ochrony „3”, „4” i „5” lub jeśli w danym zbiorowisku występują gatunki, dla których ustalony stopień pilności został „4” i „5”, a ich zachowanie jest możliwe jedynie w ramach tego zbiorowiska.

By określić pilność potrzeb w zakresie ochrony różnorodności genetycznej na poziomie gatunku (populacji), określa się wskaźnik zagrożenia ($W_{z(p)g}$) stanowiący sumę ocen wykonanych według przyjętych kryteriów, wskaźnik ten jednocześnie określa pilność potrzeb ochronnych:

$$W_{z(p)g} = \sum Wk_i(p)g$$

gdzie:

W_z – wskaźnik zagrożenia,

p – populacja,

g – gatunek,

Wk_i – wskaźnik obliczony dla przyjętego i -tego kryterium pilności potrzeb.

Do określenia pilności potrzeb w zakresie ochrony różnorodności genetycznej na poziomie zbiorowiska roślinnego wykorzystuje się oceny wykonane dla poszczególnych gatunków. Średni wskaźnik zagrożenia zbiorowiska roślinnego oblicza się dla dwóch podstawowych grup gatunków: roślin wskaźnikowych i towarzyszących według następującego wzoru:

$$W_{z_b} = \frac{\sum W_{z_g(p)}}{N}$$

gdzie:

W_{z_b} – wskaźnik zagrożenia zbiorowiska,

N – liczba ocenianych gatunków lub populacji w zbiorowisku, pozostałe oznaczenia jak we wzorze poprzednim.

Na podstawie tak wyliczonego wskaźnika zagrożenia (pilności potrzeb ochronnych) i zakresu jego wartości podanych w tabeli 1 podejmuje się decyzje dotyczące wyboru metod ochrony wytypowanych zbiorowisk roślinnych.

Zalecenia szczegółowe

W celu ujednoczenia sposobów oceny stopnia pilności ochrony oraz uzyskania możliwości porównywania wyników z różnych regionów należy kierować się następującymi zasadami:

- ocenę pilności potrzeb ochronnych należy prowadzić według takich samych kryteriów i takiej samej skali zmienności,
- dopuszcza się modyfikację kryteriów oceny dla grup gatunków, np. możliwa jest rezygnacja z niektórych kryteriów w przypadku krzewów, a przede wszystkim roślinności zielnej,
- podstawową jednostką obszarową oceny jest nadleśnictwo. Oznacza to, że przyjęty wskaźnik dla określonego gatunku dotyczy sytuacji całego nadleśnictwa, a nie jednostek mniejszych obszarowo,
- podstawowym obiektem oceny jest gatunek (z wyjątkiem sytuacji skrajnego zróżnicowania zagrożenia różnych populacji tego samego gatunku),
- jeśli na terenie określonego nadleśnictwa występuje zróżnicowane zagrożenie różnych populacji danego gatunku czy takich samych zbiorowisk, to należy podać średnią wartość wskaźników pilności potrzeb ochronnych ocenianych populacji dla gatunku, dla zbiorowisk,
- jeśli na terenie określonego nadleśnictwa występują skrajnie różne zagrożenia różnych populacji danego gatunku lub takich samych zbiorowisk, to ocenę należy wykonać oddzielnie dla tych populacji i zbiorowisk; w tym przypadku różnymi metodami winna być prowadzona również ochrona różnorodności genetycznej,
- ocenę pilności potrzeb ochrony powinni prowadzić wykwalifikowani pracownicy nadleśnictwa,
- zaleca się wykonanie dwu niezależnych ocen stopnia pilności potrzeb ochrony, jeśli różnica ocen w przypadku danego gatunku przekracza 25% wartości wskaźnika pilności potrzeb ochronnych.

Przedstawiona metoda oceny potrzeb w zakresie ochrony różnorodności genetycznej uwzględnia wszystkie podstawowe czynniki powodujące występowanie związanych z nimi zagrożeń. Określenie syntetycznego sumarycznego lub średniego wskaźnika stopnia zagrożenia różnorodności genetycznej pozwala na porównywanie stopnia zagrożenia i wynikających z niego priorytetów w ochronie populacji, gatunków, a nawet zbiorowisk roślinnych.

Ochrona leśnych zasobów genowych

Jan Matras*

Zróżnicowanie genetyczne gatunków jest wynikiem ewolucji, która przez zmienność roślin tworzy biologiczne podstawy dostosowywania się populacji do zmieniających się warunków środowiska – zarówno w skali globu, jak i w skali lokalnej – oraz tworzy szanse przeżycia poszczególnym gatunkom. Wielkość zróżnicowania genetycznego obrazuje możliwości dostosowania się zbiorowisk roślinnych, populacji czy określonych genotypów do zmiany warunków środowiska. Określa się je najczęściej pośrednio na podstawie zmienności cech biologicznych, hodowlanych i użytkowych. Znajomość tych cech jest potrzebna do typowania populacji, których zasoby genowe powinny być chronione.

Zróżnicowanie genetyczne pełni również istotną rolę z ekonomicznego punktu widzenia, ponieważ decyduje o trwałości cech gospodarczych, stanowi bazę dla selekcji ukierunkowanej na doskonalenie wybranych cech oraz zmniejsza skutki oddziaływania negatywnych czynników biotycznych i abiotycznych.

Klasyfikacja zagrożeń różnorodności genetycznej zależy w znacznym stopniu od poziomu, na którym rozpatrywany jest dany problem. Najczęściej wymieniane są cztery grupy czynników. Są to:

- przyrost populacji ludzkiej,
- rozwój oraz postęp techniczny i cywilizacyjny,
- globalne zmiany klimatu,
- zanieczyszczenie środowiska.

Do czynników, które wywierają istotny wpływ na zróżnicowanie genetyczne populacji roślinnych należą przyrost ludności na kuli ziemskiej oraz postęp gospodarczy i rozwój cywilizacyjny. Prowadzi to do niekorzystnych zmian proporcji powierzchni leśnej w stosunku do innych sposobów wykorzystania obszarów lądowych, a jednocześnie indukuje znacznie zwiększone zapotrzebowanie na produkty wytwarzane w lesie, w tym również drewno [Suovannavong i in. 1994]. Według raportu FAO [1994] zapotrzebowanie na drewno w latach 1990–2010 wzrośnie z 3935 do 5890 mln m³, natomiast tylko w latach 1981–1990 roczne zmniejszanie się powierzchni leśnej wyniosło 15,4 mln ha. Ochrona różnorodności genetycznej nie może się jednak odbywać kosztem rozwoju cywilizacyjnego, gdyż proponowane programy ochrony jedynie wtedy będą możliwe do realizacji, o ile nie będą zakładać ograniczenia postępu i rozwoju cywilizacyjnego [FAO 1993].

Chociaż w niektórych przypadkach zróżnicowaniu genetycznemu mogą silnie zagrażać czynniki lokalne, czego drastycznym przykładem jest klęska ekologiczna w Sudetach i całkowite wyginięcie zbiorowisk leśnych na powierzchni ok. 13 500 ha, to niewątpliwie największe znaczenie będzie miał w najbliższym okresie wpływ globalnych zmian klimatycznych (efekt szklarniowy) jako pośredni skutek rozwoju cywilizacyjnego. Tempo

* Zakład Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych, Instytut Badawczy Leśnictwa w Warszawie

tych zmian może bowiem okazać się zbyt szybkie, aby naturalne mechanizmy adaptacji genetycznej drzewostanów zdołały dostosować kolejne pokolenia do wzrostu w odmiennych warunkach. Większość naukowców jest zgodna co do tego, że nagromadzenie w atmosferze CO₂ i innych gazów spowoduje w kolejnym stuleciu stopniowy wzrost średniej rocznej temperatury o 1,5–4,5°C [Erikson i in. 1993]. Może to doprowadzić do znacznych zmian zasięgu naturalnego gatunków, a przede wszystkim do radykalnego zmniejszenia się obszarów występowania gatunków drzew iglastych, szczególnie w strefie lasów borealnych, a w konsekwencji do znacznego zmniejszenia się zróżnicowania genetycznego lub nawet całkowitego wyginięcia tej grupy gatunków na całym obszarze ich obecnego występowania [Sykes i Prentice 1995]. Według prognoz, bez znaczącej ingerencji człowieka zmierzającej do ochrony różnorodności biologicznej zmiany te w połączeniu z wylesieniem strefy równikowej mogą doprowadzić do zachwiania ogólnej równowagi ekologicznej w stopniu istotnie ograniczającym rozwój cywilizacyjny.

Zagrożenie zróżnicowania genetycznego może być również związane z użytkowaniem zasobów przyrody przez człowieka wkraczającego w ekosystemy leśne. Tego typu zagrożenia wynikają głównie z błędów w sztuce hodowlanej. Do najważniejszych w tej kategorii zagrożeń należą:

- zmniejszanie się udziału w składzie gatunkowym drzewostanów poszczególnych gatunków rodzimych spowodowane wypieraniem ich przez gatunki obce (np. modrzew japoński, dąb czerwony, czeremcha amerykańska),
- zanieczyszczenia pyłkiem obcego pochodzenia lub gatunku – głównie krzyżówki międzypopulacyjne (autochtoniczne populacje hodowlane i sztucznie wprowadzane), populacje, a także krzyżówki międzygatunkowe, np. bardzo często spotykane w lasach mieszańce modrzewia japońskiego i modrzewia europejskiego,
- czynniki biotyczne powodujące zamieranie lasów (owady, zwierzyzna).

Pomimo podejmowania wysiłków, których celem jest przeciwdziałanie niekorzystnym zmianom klimatu w skali globalnej, efekty tego rodzaju działań są, przynajmniej dotychczas, mało widoczne. Dlatego też równoległe z tymi działaniami konieczne jest podjęcie prac mających na celu zachowanie w długim okresie istniejącego zróżnicowania genetycznego. Konieczność ich podjęcia wynika również z umów międzynarodowych podpisanych przez Polskę [Follow-up Reports... 1998, vol. I i II].

W Polsce do 1990 r. ochrona zróżnicowania genetycznego realizowana była jedynie pośrednio w programach selekcji oraz w ramach szeroko rozumianych działań w zakresie ochrony przyrody. Pierwsze założenia koncepcji ochrony zróżnicowania genetycznego w Lasach Państwowych zaprezentowano w opracowaniu *Program ochrony leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew leśnych w Polsce na lata 1991–2010* [Matras i in. 1993].

W cytowanym wyżej *Programie...*, wdrożonym do realizacji w lasach państwowych Zarządzeniem nr 8 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych, określono cele strategiczne, i szczegółowe, które winny zostać osiągnięte przy jego realizacji**. Zachowanie leśnych zasobów genowych ma na celu zapewnienie:

- ciągłości podstawowych procesów ekologicznych,
- trwałości utrzymania lasu i użytkowania systemów ekologicznych,

** O założeniach i celach strategicznych określonych w *Programie...* oraz realizacji związanych z nimi zadań według stanu na dzień 31.12.2003 r. pisze W. Fonder w opracowaniu: *Realizacja Programu zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew leśnych w Polsce na lata 1991–2010* (zob. w niniejszej monografii s. 537–557).

- restytucji lasów na siedliskach zdegradowanych lub zniszczonych,
- zachowania różnorodności biologicznej i genetycznej dla przyszłych pokoleń,
- wzmocnienia naturalnej odporności lasów.

Punktem wyjściowym do podjęcia działań ochronnych w zakresie zachowania leśnych zasobów genowych jest wyróżnienie obszarów – regionów, w których naturalne czynniki selekcyjne (klimat, gleba itp.) są na tyle jednolite, że występujące na tych obszarach drzewostany (zbiorowiska) możemy traktować jako populacje specyficzne, a jednocześnie warunki te są na tyle odmienne od warunków w innych regionach, że umożliwiły powstanie różnic regionalnych [Hess 1965, Bałut 1975, Załęski i in. 1996]. Dla tak wyróżnionych obszarów typuje się najbardziej reprezentatywne drzewostany oraz osobniki z uwzględnieniem możliwie pełnego zakresu zmienności genetycznej oraz zmienności wynikającej ze zróżnicowania siedliskowego. Obiekty te będą stanowić jednostki ochrony zasobów genowych, które należy prowadzić i wykorzystywać zgodnie z przyjętymi zasadami.

Wyróżnione obszary będą reprezentowane przez najcenniejszą bazę powstałą w wyniku realizacji selekcji celowo prowadzonej w lasach państwowych, a więc przez wyłączone drzewostany nasienne, uprawy pochodne, drzewa doborowe oraz plantacje i plantacyjne uprawy nasienne. Ważnym uzupełnieniem tej kategorii genotypów, populacji i zbiorowisk wytypowanych do ochrony zasobów genowych są wybrane według przyjętych kryteriów populacje i zbiorowiska zachowawcze.

Charakter działań mających na celu ochronę określonych zasobów genowych zależy w dużej mierze od ich rodzaju. Inaczej należy chronić zasób genowy określonego osobnika, odmiennych natomiast działań wymaga ochrona różnorodności genetycznej zbiorowisk leśnych, w których ochronie genetycznej mogą podlegać różne gatunki drzew, krzewów, roślin zielnych, a nawet mikroflory glebowej. Na ogół działania te prowadzi się na trzech poziomach, tj. ochrony:

- określonego genotypu (fenotypu),
- zasobów genowych populacji określonego gatunku,
- zasobów genowych zbiorowiska leśnego [Turok i in. 1997a, b].

W ochronie kategorii zasobów zasadnicze znaczenie mają metody rozmnażania wegetatywnego, bowiem metody generatywne zmieniają dany genotyp. W praktyce, w ochronie zasobów genowych możliwe do wykorzystania są dwie zasadnicze metody – zakładanie archiwów klonów oraz długookresowe przechowywanie części roślin w banku genów.

Ochrona zasobów genowych populacji jest obecnie najczęściej stosowanym poziomem ochrony zróżnicowania genetycznego. Populacja, której zasoby genowe mają być chronione, powinna zostać w pełni zachowana pod względem genetycznym. Oznacza to, że populacje potomne (powstałe w wyniku odnowienia naturalnego populacji zachowawczej), powierzchniowo zachowawcze *in situ* [Koski i in. 1997] lub powierzchniowo zachowawcze *ex situ* (powstałe na bazie materiałów pozyskanych w populacji wytypowanej do zachowania) oraz próbki nasion i części roślin przechowywane w banku genów powinny zawierać takie same geny i genotypy jak populacja zachowawcza [Koski i in. 1997, Turok i in. 1995, 1997a, b]. Należy dążyć również do tego, aby struktura genetyczna populacji potomnych w momencie ich tworzenia była zbliżona do struktury populacji wytypowanej do ochrony zróżnicowania genetycznego [Erikson i in. 1993].

Wybór właściwej metody powinien być dokonany dla każdego obiektu wytypowanego do ochrony i określony w terenie po szczegółowej analizie warunków lokalnych oraz ocenie zagrożeń występujących *in situ* [Turok i Koski 1996]. Do metod najczęściej stosowanych należą:

- 1) metody zachowania zasobów genowych *in situ*:
 - wybór i ochrona zbiorowisk roślinnych (ekosystemów),
 - wybór i ochrona populacji (wyłączone drzewostany nasienne, drzewa doborowe, drzewostany zachowawcze),
 - wybór i ochrona genotypów,
 - inicjowanie odnowień naturalnych w wytypowanych obiektach,
- 2) metody zachowania zasobów genowych *ex situ*:
 - zakładanie upraw zachowawczych,
 - zakładanie archiwów klonów,
 - długookresowe przechowywanie nasion w banku genów,
 - rozmnażanie wegetatywne,
 - długookresowa hodowla tkanek roślinnych w kulturach tkankowych,
 - długookresowe przechowywanie w ciekłym azocie fragmentów roślin oraz zarodków naturalnych i somatycznych.

Ochronę *ex situ* realizuje się obecnie głównie w Leśnym Banku Genów Kostrzyca, a także w bankach regionalnych. Oprócz działań prowadzonych dotychczas przewiduje się rozpoczęcie ochrony zasobów genowych gatunków stanowiących istotne składniki zbiorowisk leśnych (krzewy, rośliny zielne itp.).

Ochrona zasobów genowych zbiorowisk leśnych należy do zagadnień bardzo złożonych. Nie chodzi bowiem tylko o odtworzenie i zachowanie pod względem genetycznym poszczególnych populacji, ale przede wszystkim o zachowanie w przyszłych pokoleniach dynamicznych powiązań występujących pomiędzy komponentami zespołu warunkującymi jego trwałość i stabilność. Pierwsze ograniczenia pojawiają się już na poziomie elementów składowych zbiorowiska. W przypadku wielu gatunków, szczególnie roślin zielnych i krzewów, brak jest efektywnych metod długookresowego przechowywania ich nasion. Największym, jak dotychczas, ograniczeniem działań w tym kierunku jest niemal całkowity brak informacji o zróżnicowaniu genetycznym domieszkowych gatunków drzewiastych, oraz krzewów, krzewinek, roślin zielnych i mikroflory glebowej.

Przedstawiona koncepcja pozwala na prowadzenie ochrony zasobów genowych w długim okresie i w warunkach, w których oddziaływanie czynników antropogenicznych jest niewielkie lub nie występuje w ogóle. Jeżeli czynniki te w określonym czasie na pewnym obszarze powodują zagrożenie określonych populacji, konieczne jest podjęcie dodatkowych działań doraźnych, które pozwolą na zabezpieczenie zagrożonych populacji i genotypów. Funkcjonowanie programów krótkookresowych – operacyjnych powinno być zakończone w momencie ustania oddziaływania czynników zagrażających. Zakończeniem programu operacyjnego powinno być odtworzenie populacji lub zbiorowiska roślinnego na obszarze jej pierwotnego występowania.

Literatura

- Balut S.** 1975. Nowe zasady gospodarki nasiennej w lasach Karpat Zachodnich. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 162, 455–458.
- Erikson G., Namkoong G., Roberts J.H.** 1993. Dynamic gene conservation for uncertain futures. *Forest Ecology and Management*, 62, 15–37.
- FAO. 1993. The challenge of sustainable management. What future for the world's forests? FAO.
- FAO. 1994. State of the world's forests. FAO.
- Follow-up Reports on the Ministerial Conferences on the Protection of Forests in Europe. Vol. I. Report on the Follow-Up of the Strasbourg and Helsinki Ministerial Conferences on the Protection of Forests in Europe. Third Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, Lisbon, June 1998.
- Follow-up Reports on the Ministerial Conferences on the Protection of Forests in Europe. Vol. II. Sustainable Forest Management in Europe. Special Report on the Follow-Up of the Implementation of Resolutions H1 and H2 of Helsinki Ministerial Conference. Third Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, Lisbon, June 1998.
- Hess M.** 1965. Piętra klimatyczne w polskich Karpatach zachodnich, Zesz. Nauk. UJ, 115, 1–267.
- Koski V., Skroppa T., Paule L., Wolf H., Turok J.** 1997. Technical guidelines for genetic conservation of Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). IPGRI.
- Matras J. (kier. zesp.), Burzyński G., Czart J., Fonder W., Korczyk A., Puchniarski T., Tomczyk A., Załęski A.** 1993. Program zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew leśnych w Polsce na lata 1991–2010. DGLP, IBL, Warszawa.
- Souvannavong O., Malagnoux M., Palmberg-Lerche C.,** 1994. International cooperation in the conservation of Mediterranean forest genetic resources. *Diversity Magazine*, Special Issue.
- Sykes M.T., Prentice I.C.** 1995. Boreal forest futures. Modelling the controls on tree species range limits and transient responses to climate change. *Water, Air and Soil Pollution*, 82, 1/2, 415–428.
- Turok J., Collin E., Demesure B., Erikssen G., Klinschmit J., Rusanen M., Stephan R.** 1997a. Noble Hardwoods Network. Report of the second meeting. Lourizan, Spain, IPGRI.
- Turok J., Koski V.** 1996. *Picea abies* Network. Report of the second meeting. Hyytiälä, Finland, IPGRI.
- Turok J., Kremer A., Vires S.** 1997b. First Meeting on Social Broadleaves. Bordeaux, France, IPGRI.
- Turok J., Palmberg-Lerche C., Scroppa T., Quedraogo A.S.** 1995. Conservation of forest genetic resources in Europe. [W:] Proceedings of the European Forest Genetic Resources Workshop, Sopron, Hungary, IPGRI.
- Załęski A., Matras J., Sabor J., Zajączkowska B.** 1996. Leśna regionalizacja dla nasion i sadzonek w Polsce. Wyd. Fundacja „Rozwój”, SGGW, Warszawa.

Podział Polski na regiony nasienne

Andrzej Załęski*

Naturalne odnawianie się lasu spowodowało utrwalenie się lokalnych populacji drzew, które w ciągu wielu pokoleń dostosowały się genetycznie do klimatu i siedliska oraz powolnych jego zmian. Dostosowanie się populacji roślin do czynników fizyczno-geograficznych obszarów ich występowania sprzyja stabilności i zdrowotności lasów, co umożliwia im pełnienie wielorakich funkcji. Aby zapobiec negatywnym skutkom niekontrolowanego przemieszczania się różnych populacji drzew, jakie ma często miejsce w czasie sztucznego odnawiania lasu, i aby częściowo upodobnić je do odnowień naturalnych, wprowadza się dla potrzeb gospodarczych regionalizację rozprzestrzeniania nasion i sadzonek.

Polska regionalizacja leśna dla nasion i sadzonek wdrożona w Lasach Państwowych w 1994 r. [Załęski i in. 1994] ma na celu:

- wyróżnienie i zachowanie odrębności jak największej liczby naturalnych, rodzimych lub prawdopodobnie rodzimych populacji gatunków lasotwórczych,
- zwiększenie bazy nasiennej najcenniejszych populacji drzew w regionach ich występowania,
- propagowanie tych populacji na terenach, na których lokalna baza drzewostanów nasiennych jest niewystarczająca,
- ograniczenie niekontrolowanych przerzutów materiału rozmnożeniowego i ściśle określenie zasad oraz kierunków jego przemieszczania w celu zachowania trwałości lasów,
- stworzenie systemu trwałego ewidencjonowania oraz kontroli pochodzenia materiału rozmnożeniowego.

W regionalizacji nasiennej jednorodne obszary regionów wydzielono na podstawie kryteriów dwójakiego rodzaju:

- zróżnicowania genetycznego gatunków lasotwórczych,
- zróżnicowania klimatycznego i geomorfologicznego Polski.

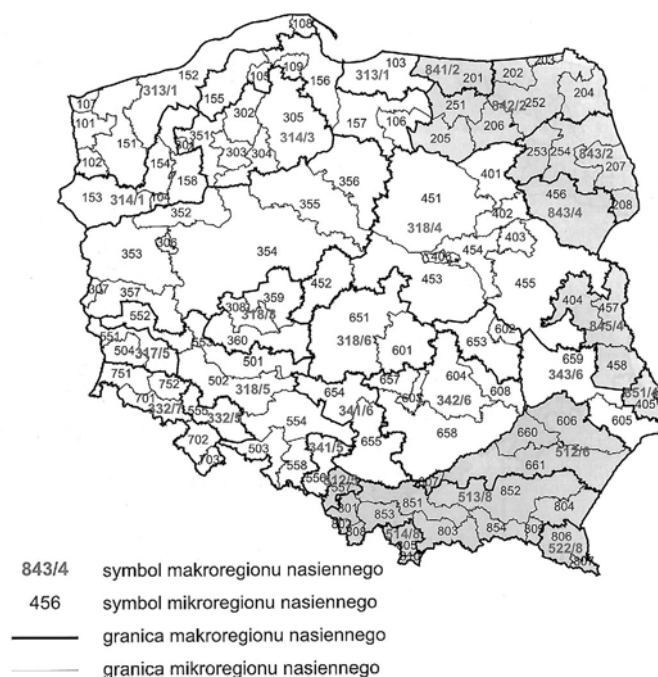
Uwzględniono przy tym następujące elementy istniejących już, gotowych opracowań:

- rozmieszczenie bazy nasiennej najcenniejszych rodzimych proveniencji sosny, świerka, jodły, modrzewia, dębu, buka i olszy czarnej [Kocięcki 1990, Matras 1991]
- międzynarodowy mikropodział Europy na prowincje i podprowincje fizyczno-geograficzne [Kondracki 1978],
- podział Polski na krainy i dzielnice przyrodniczo-leśne [Trampler i in. 1990],
- administracyjny podział Lasów Państwowych na nadleśnictwa i obręby (Mapa Lasów Polski 1993).

Na podstawie przebiegu granic podprowincji fizyczno-geograficznych i krain przyrodniczo-leśnych wyróżniono 26 makroregionów nasiennych (ryc. 1) – dużych obszarów o wystarczająco jednorodnych warunkach klimatycznych i geomorfologicznych. Makroregiony oznaczono dwuczłonowymi symbolami cyfrowymi, np. 314/3. Pierwszy człon tego symbolu (np. 314)

* Zakład Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych, Instytut Badawczy Leśnictwa w Warszawie

jest międzynarodowym oznaczeniem podprovincji, przyjętym w regionalizacji fizyczno-geograficznej. Drugi człon (np. 3) jest stosowanym w Polsce numerem krainy przyrodniczo-leśnej, która znajduje się w danej podprovincji.



Ryc. 1. Podział Polski z 1996 r. na leśne regiony nasienne

W makroregionach zgrupowano 108 mikroregionów nasiennych (ryc. 1) wyznaczonych na podstawie rozmieszczenia bazy nasiennej oraz położenia dzielnic przyrodniczo-leśnych lub regionów fizycznogeograficznych. Wyróżniono dwa rodzaje mikroregionów:

- mikroregiony mateczne,
- mikroregiony zwykłe.

Mikroregiony mateczne wydzielone zostały w celu zachowania odrębności naturalnych, rodzimych lub prawdopodobnie rodzimych populacji drzew, występujących na obszarach o dość wyrównanych warunkach przyrodniczo-leśnych. Na ich terenie rosną najcenniejsze w Polsce proveniencje drzew podstawowych gatunków lasotwórczych, wyróżniające się pod względem jakości i przyrostu drzew. Bazę nasienną stanowią znaczne powierzchnie wyłączonych i gospodarczych drzewostanów nasiennych, charakteryzujących się zbliżonymi cechami genotypowymi lub fenotypowymi.

Mikroregiony zwykłe są to obszary mniejsze od makroregionów, o dość jednorodnych warunkach ekologiczno-fizjograficznych, wydzielone na podstawie przebiegu granic dzielnic przyrodniczo-leśnych. Na ich terenie występuje bardzo skromna baza nasienne, bez udziału lub tylko z niewielkim udziałem drzewostanów nasiennych, których nie łączą

zbliżone cechy genotypowe lub fenotypowe. Mikroregiony zwykle różnią się między sobą tylko przyrodniczymi warunkami wzrostu drzew.

Zasadnicza różnica między wymienionymi rodzajami mikroregionów polega na tym, że do mikroregionów matecznych nie wolno wprowadzać innej proveniencji danego gatunku drzewa niż ta, dla której ten region ustanowiono. Na przykład, do Puszczy Augustowskiej (mikroregion mateczny 204) nie wolno wprowadzać innych populacji sosny i świerka niż pochodzące stamtąd, ale można wprowadzać inne pochodzenia dębu, modrzewia, olszy czarnej itp. Z kolei w mikroregionach zwykłych, w przypadku braku nasion z własnej bazy, można stosować w odniesieniu do wszystkich gatunków nasiona lub sadzonki wyhodowane z nasion zebranych w innych mikroregionach nasiennych z tego samego makroregionu lub w mikroregionach specjalnie wyznaczonych (zarządzenie Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych).

W 1993 r. [Matras i in. 1993] wydzielono w Polsce 54 mikroregiony mateczne i 52 zwykłe. W 1997 r. liczbę mikroregionów matecznych zwiększono do 56. Mikroregiony oznaczone zostały 3-cyfrowymi symbolami liczbowymi. Pierwsza cyfra jest numerem krainy przyrodniczo-leśnej, a dwie następne numerem porządkowym mikroregionu w danej krainie. Mikroregiony mateczne są oznaczone numerami porządkowymi od 1 do 50, a zwykłe – od 51 do 99. Symbolem 205 oznaczony jest np. 5 region mateczny w 2 krainie przyrodniczo-leśnej, natomiast symbolem 152 – 2 region zwykły w 1 krainie przyrodniczo-leśnej.

Ze względu na to, że regionalizacja nasienna ma służyć przede wszystkim celom gospodarczym wykazane na mapach granice regionów dostosowane były do podziału administracyjnego Lasów Państwowych i przebiegały wzdłuż granic nadleśnictw i obrębów. Wykaz nadleśnictw i obrębów znajdujących się na terenie poszczególnych regionów podawano w weryfikowanej okresowo tabeli (w miarę zmian administracyjnych).

Jak już zaznaczono poprzednio, wyróżnienie mikroregionów matecznych, w których znajdują się drzewostany nasienne najwartościowszych populacji drzew, miało na celu utworzenie optymalnych warunków do pełnego wykorzystania tej cennej bazy nasiennej oraz zahamowanie dopływu nasion z zewnątrz, z drzewostanów niepewnego pochodzenia, o znacznie gorszej jakości. Koncepcja wyróżnienia mikroregionów matecznych jest więc jedną z form gromadzenia i ochrony zasobów genowych *in situ*. Jest to koncepcja nowatorska, nie spotykana dotychczas w innych regionalizacjach europejskich.

W sumie wyróżniono 25 mikroregionów matecznych sosny zwyczajnej (ryc. 2), 13 – świerka pospolitego (ryc. 3), 7 – jodły pospolitej (ryc. 4), 6 – modrzewia europejskiego (ryc. 5), 8 – dębu szypułkowego (ryc. 6), 2 – dębu bezszypułkowego (ryc. 6), 9 (+ 2 w późniejszym terminie) – buka zwyczajnego (ryc. 7).

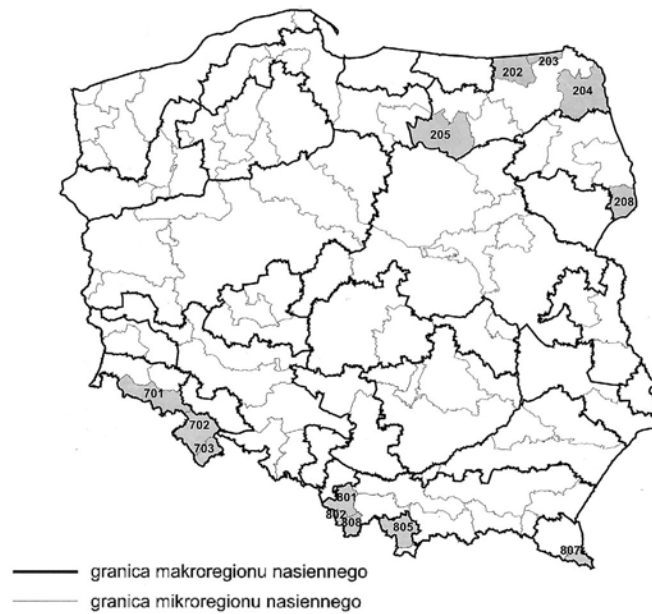
W odniesieniu do wszystkich wyróżnionych w Polsce regionów nasiennych sporządzone zostały szczegółowe charakterystyki fizycznogeograficzne [Załęski i in. 1994]:

- dane o położeniu regionu w stosunku do jednostek podziału Polski na krainy przyrodniczo-leśne [Trampler i in. 1990] oraz na regiony fizyczno-geograficzne [Kondracki 1978],
- najważniejsze informacje o podłożu geologicznym, typach krajobrazu naturalnego i wysokości n.p.m., zaczerpnięte z cytowanych opracowań oraz z odpowiednich map tematycznych,
- charakterystykę klimatyczną, opracowaną w IMiGW na podstawie danych za okres 1966–1990 [Lorenc 1993].

Charakterystyka makroregionów została opracowana w formie opisowej, a mikroregionów – w formie tabel (zob. tabelę – przykład).



Ryc. 2. Regiony mateczne sosny – *Pinus sylvestris* L.



Ryc. 3. Regiony mateczne świerka – *Picea abies* (L.) Karst.



Ryc. 4. Regiony mateczne jodły – *Abies alba* Mill.



Ryc. 5. Regiony mateczne modrzewia – *Larix decidua* Mill.



Ryc. 6. Regiony macieczne dębów – *Quercus robur* i *Quercus rubra*



Ryc. 7. Regiony macieczne buka – *Fagus sylvatica* L.

Przykład charakterystyki fizyczno-geograficznej niektórych mikroregionów nasiennych

Symbol		Dominujący utwór geologiczny	Wysokość n.p.m. [m]		Wybrane elementy klimatyczne (z okresu 1966–1990)						długość okresu wegetacyjnego [dni]
makro-regionu	mikro-regionu		zakres	dominująca	średnia temperatura [°C]			suma opadów [mm]			
1	2		3	4	5	roku	stycznia	lipca	roku	w okresie wegetacyjnym	
313/1	101	3	0–150	50–100	8,3–8,6	-0,5–-1,0	17,1–17,7	525–625	340–390	230–235	
	102	piaski rzeczne tarasów akumulacyjnych z glinami na glinie zwalowej	0–150	50–100	8,4–8,6	-0,9–-1,2	17,8–17,9	525–550	340	235	
	103	gliny zwalowe, ility warwowe oraz namuły i namuły na torfie (Żuławy Wiślane)	0–200	100–150	7,1–7,7	-2,0–-3,5	16,8–17,1	580–625	400–450	205–224	
	107	piaski lodowcowe z glazami na glinie zwalowej, piaski lodowcowe z glazami	0–100 (115)	50–100	8,3	-0,5	17,0–17,1	550–625	340–375	229	
	151	gliny zwalowe, piaski lodowcowe z glazami na glinie zwalowej oraz piaski rzeczne tarasów akumulacyjnych, ility jeziorne	0–100 (120)	50–100	7,9–8,5	-0,6–-1,6	16,9–17,6	550–670	350–415	225–235	
	152	gliny zwalowe, utwory sandrowe, piaski rzeczne tarasów akumulacyjnych oraz piaski lodowcowe z glazami, piaski lodowcowe na glinach, piaski wydrowe, torfy	0–150	50–100	7,4–8,0	-0,8–-1,8	16,5–17,2	575–720	405–475	215–226	
314/1	104	gliny zwalowe oraz utwory sandrowe, piaski rzeczne tarasów akumulacyjnych, mady i piaski wydrowe	50–100 (120)	100	8,1–8,4	-1,6–-1,8	17,5	560	350	227	

W dniu 9 marca 2004 r. Minister Środowiska wydał rozporządzenie w sprawie wykazu, obszarów i mapy regionów pochodzenia leśnego materiału podstawowego na podstawie Ustawy z dnia 7 czerwca 2001 r. o leśnym materiale rozmnożeniowym oraz z uwzględnieniem postanowień Dyrektywy Rady 1999/105/WE z 1999 r. W celu zachowania ciągłości w postępowaniu hodowlanym oraz stosowaniu tych samych co dotychczas pojęć i oznaczeń przy identyfikowaniu obszarów regionów pochodzenia, wdrażaną i utrwalaną przez ostatnie dziesięć lat w Państwowym Gospodarstwie Leśnym, regionalizację nasienną przyjęto w powyższym rozporządzeniu za obowiązującą na całym terytorium Polski. Regionalizację tę poddano jednak pewnej modyfikacji, polegającej na wyznaczeniu granic regionów pochodzenia materiału rozmnożeniowego na podstawie przebiegu granic podziału administracyjnego kraju (gmin), a nie – jak to było do tej pory – na podstawie podziału administracyjnego Lasów Państwowych. Powyższa korekta granic tylko w niewielkim stopniu wpłynęła na zmianę liczby regionów i położenie geograficzne ich obszarów. Zachowano również dotychczasowe oznakowanie regionów, które w dalszym ciągu ma charakter otwarty, pozwalający na dzielenie lub łączenie niektórych regionów pochodzenia bez potrzeby zmiany oznakowania pozostałych. Wprowadzono podział jednostopniowy (bez makroregionów), zamieniając mikroregiony nasienne na regiony pochodzenia. W wyniku połączenia niektórych mikroregionów nasiennych wyróżniono tylko 92 regiony pochodzenia leśnego materiału podstawowego (ryc. 8), w tym 50 o charakterze regionów matecznych.



Ryc. 8. Regiony pochodzenia leśnego materiału podstawowego w Polsce z 2004 r.

Literatura

- Kocięcki S.** 1987. Badania nad wzrostem i formą modrzewia i przydatnością różnych pochodzeń. Sprawozdanie naukowe. IBL, Warszawa (maszynopis).
- Kocięcki S.** 1990. Wykaz uznanych drzewostanów nasiennych. DGLP, IBL, Warszawa.
- Kondracki J.** 1978. Geografia fizyczna Polski. PWN, Warszawa.
- Lorenc H.** 1993. Charakterystyka termiczno-opadowa regionów nasiennych w Polsce. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Zakład Klimatologii, Warszawa.
- Matras J.** 1991. Rejestr drzew doborowych, plantacji i plantacyjnych upraw nasiennych. DGLP, IBL, Warszawa.
- Matras J. (kier. zesp.), Burzyński G., Czart J., Fonder W., Korczyk A., Puchniarski T., Tomczyk A., Załęski A.** 1993. Program zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew leśnych w Polsce na lata 1991–2010. DGLP, IBL, Warszawa.
- Tramplera T., Kliczkowska A., Dmyterko E., Sierpińska A.** 1990. Regionalizacja przyrodniczo-leśna na podstawach ekologiczno-fizjograficznych. PWRiL, Warszawa.
- Załęski A., Matras J., Sabor J., Zajączkowska B.** 1994. Regionalizacja leśna dla nasion i sadzonek w Polsce. Wyd. Fundacja „Rozwój”, SGGW, Warszawa.

Metody utrzymania trwałości lasu a zachowanie leśnej różnorodności biologicznej

Ryszard Poznański*

Procesy rozwoju lasu a różnorodność biologiczna

Istnieją trzy podstawowe składowe ekologiczne procesy rozwoju organizmów żywych, które decydują o trwałości ich istnienia, są nimi: narodziny, przeżywanie i śmierć [Poznański 1966a].

W przypadku ekosystemu leśnego odpowiednikami tych składowych procesów rozwoju, które decydują o trwałości istnienia lasu są [Poznański 1996a]:

- odnowienie, czyli reprodukcja,
- przeżywanie, czyli dorastanie i przyrastanie,
- ubywanie, czyli użytkowanie.

Proces odnowienia polega na restytucji utraconych struktur leśnych. Celem działalności leśników w tym procesie jest kształtowanie przyrodniczo zróżnicowanej postaci lasów w przyszłości, czyli ich bioróżnorodności. Różnorodność biologiczną kształtuje się na poziomie gatunkowym i na poziomie rasowym [Giertych 1998]. Różnorodność biologiczna na poziomie gatunkowym polega na preferowaniu, dosadzaniu, podsadzaniu, dosiewaniu lub wzbogacaniu w inny sposób zestawu gatunkowego drzewostanów. Celem tych działań jest zarówno osiągnięcie skutków biocenotycznych, takich jak wzbogacanie ściółki, runa, pięter drzew w drzewostanie, nisze ekologiczne dla ptaków, zwierząt, owadów, roztoczy itd., jak i zwiększenie odporności ekosystemu na potencjalne klęski i czynniki antropogeniczne, które powodują antropopresję. W bogatym zestawie gatunkowym zawsze znajdzie się gatunek lub gatunki, które łatwiej przetrwają dany kryzys i przyczynią się do zapewnienia trwałości lasu. Z kolei różnorodność biologiczna na poziomie rasowym obejmuje zestawy genotypów różnych pochodzeń, o dużej zdolności adaptacyjnej, zdolnych do intensywnego przyrostu i produkcji wysokowartościowych osobników w odmiennych warunkach siedliskowych. Istotne jest przy tym, aby wzbogacające bioróżnorodność, gatunki introdukowane nie stanowiły konkurencji dla gatunków rodzimych. Zwiększenie bioróżnorodności wymaga więc stosowania selekcji populacyjnej, a zarazem poszerzania puli genetycznej. Zadanie urządzania lasu w tym procesie polega na sporządzeniu szczegółowego planu odnowienia, w którym zawarte są konkretne dyrektywy dotyczące wielkości, czasu, miejsca i sposobu odnowienia.

Proces odnowienia oraz związane z nim pojęcia (odnawialność, złożoność, bioróżnorodność, żywotność, odporność) odnoszą się do pojedynczych drzew i drzewostanów, a nie do lasu pojętego jako całość. Oznacza to, że działalność leśników w procesie odnowienia jest tylko jednym ze składników szerszego procesu utrzymania trwałości lasu.

* *Katedra Urządzania Lasu, Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja w Krakowie*

Proces przeżywania dotyczy sposobu funkcjonowania lasu, a jego celem jest utrzymanie i dalsze wzbogacanie bioróżnorodności lasu oraz wzmocnienie sprawności spełniania przez poszczególne drzewa i drzewostany podstawowych funkcji biologicznych. Zadaniem hodowli lasu w tym procesie jest wykonywanie różnego rodzaju cięć pielęgnacyjnych i cięć sanitarnych oraz wspomaganie różnorodności biologicznej drzewostanów. Wspomaganiem bioróżnorodności są specjalne działania polegające na pozostawianiu w drzewostanach drewna martwego (stojącego i leżącego), a przede wszystkim na kształtowaniu stref przejściowych (ekotonowych) [Bernadzki 1998]. Cięcia pielęgnacyjne służą do kształtowania pożądanej struktury przestrzennej drzewostanu i powinny również służyć wzmocnieniu bioróżnorodności przez rozrzedzanie zwarcia oraz wprowadzanie i kształtowanie dolnych warstw drzewostanu (podszytu, runa) w taki sposób, aby zróżnicowane warunki świetlne, termiczne i wilgotnościowe tworzyły mozaikę nisz ekologicznych, co jest szczególnie ważne w jednogatunkowych i jednowiekowych drzewostanach iglastych [Szujewski 1996]. Wprowadzanie podszytów, drugiego piętra oraz stosowanie wielu różnych zabiegów pielęgnacyjnych i fitomelioracyjnych wzbogaca strukturę drzewostanu, urozmaica mikroflorę glebową, a w rezultacie przyczynia się do wzrostu różnorodności gatunkowej wszystkich poziomów troficznych ekosystemu. Bioróżnorodność lasu można również wzmocnić przez tworzenie stref ekotonowych. Ukształtowanie tych stref jest stosunkowo łatwe od podstaw, a bardzo trudne w przypadku ich rozbudowywania, np. na granicy lasu, i wymaga wcześniejszego pełnego rozpoznania zagrożeń lokalnych, aby nie naruszać stabilności mechanicznej i biologicznej ściany lasu. Możliwości budowania stref ekotonowych są nieograniczone i zależą od układu warunków: zagrożenie – siedlisko – rzeźba terenu – drzewostan [Bernadzki 1998].

Zadaniem urządzania lasu w aspekcie procesu przeżywania jest sporządzenie szczegółowego planu pielęgnacji, w którym zawarte są konkretne dyrektywy dotyczące wielkości, czasu, miejsca i sposobu pielęgnowania poszczególnych drzewostanów oraz, w przyszłości, planu kształtowania stref ekotonowych.

Proces przeżywania i pojęcia z nim związane (stabilność, funkcjonalność, złożoność, bioróżnorodność, żywotność, odporność) odnoszą się (podobnie jak w przypadku procesu odnowienia), do pojedynczych drzew i drzewostanów, co oznacza, że działalność leśników związana z ich zachowaniem jest – jak poprzednio – jednym ze składników (kolejnym) procesu utrzymania lasu jako całości.

Proces ubywania przebiega w rezultacie naturalnego wydzielania się drzew, zdarzeń losowych, ale przede wszystkim wiąże się z planową działalnością leśników przy pobieraniu płonu z lasu w celu zaspokajania potrzeb społecznych na drewno oraz przy restytucji i rehabilitacji ekosystemów leśnych (przebudowa drzewostanów jednogatunkowych na wielogatunkowe).

W procesie ubywania problematyka bioróżnorodności dotyczy szerszego wykorzystania rębni złożonych, naturalnego odnowienia oraz wprowadzania nowej generacji drzewostanów lub przekształcania w ramach przebudowy drzewostanu istniejącego. Należy przy tym podkreślić, że podwyższenie wieku rębności drzewostanów redukuje bioróżnorodność, bowiem im starsze są drzewostany, tym mniejsze jest ich zróżnicowanie genetyczne [Gierzych 1998].

Zadaniem urządzania lasu w aspekcie procesu ubywania jest sporządzanie szczegółowego planu cięć, w którym zawarte są konkretne decyzje odnośnie do wielkości, czasu, miejsca i sposobu pobierania użytków drzewnych z lasu.

Z procesem ubywania nie łączą się na ogół pojęcia o niejednoznacznej treści. Proces ubywania dotyczy pojedynczych drzew i drzewostanów, a nie całego lasu. Oznacza to, że działalność leśników w tym procesie dotyczy tylko jednego (trzeciego z kolei) składnika szerszego procesu utrzymania trwałości lasu.

Istota trwałości lasu

Na podstawie odnowienia, przeżywania i ubywania pojedynczych drzew oraz pojedynczych drzewostanów nie można orzekać o trwałości istnienia lasu pojętego jako biologiczna całość. Zasadę utrzymywania trwałości lasu należy natomiast odnieść do zbioru drzewostanów jednowiekowych zagospodarowanych sposobem zrębowym i przerębowo-zrębowym z rębnią częściową oraz do zbioru drzew różnej grubości zagospodarowanego sposobem przerębowo-zrębowym z rębnią stopniową i sposobem przerębowym. Zbiory takich drzewostanów lub takich drzew grupuje się w odpowiednie gospodarstwa leśne [Rutkowski 1989]. Podstawową jednostką oraz płaszczyzną utrzymania trwałego i zrównoważonego rozwoju lasu jest więc gospodarstwo leśne.

Istota trwałości istnienia lasu polega na ciągłym procesie odnawiania, przeżywania i ubywania drzew i drzewostanów w gospodarstwie leśnym.

Utrzymanie trwałości istnienia lasu polega z kolei na regulowanej relacji pomiędzy intensywnością procesów: odnowienia, przeżywania i ubywania drzew i drzewostanów, jakie zachodzą w danym czasie na płaszczyźnie określonego gospodarstwa leśnego.

Teoretyczne i metodyczne podstawy nowego systemu utrzymania trwałości lasu

Podstawy teoretyczne

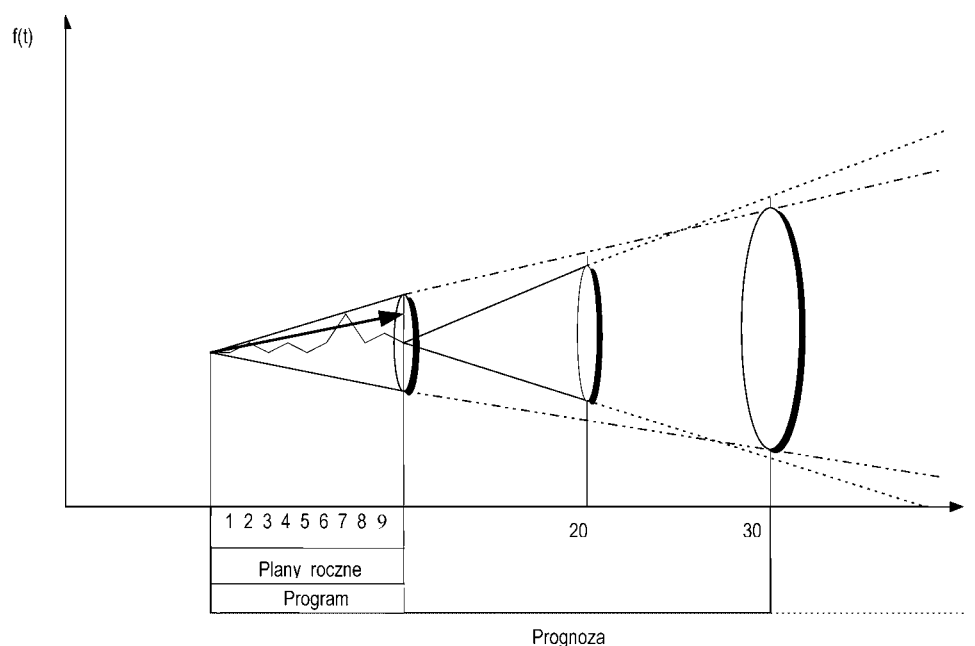
Idea systemu utrzymania trwałego i zrównoważonego rozwoju lasów w Polsce powstała w 1989 r. w Katedrze Urządzania Lasu Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie, a więc jeszcze przed ogłoszeniem tej idei na Konferencji w Helsinkach w 1993 r. [Poznański 1990]. System ten oparty jest na założeniu, że las i procesy w nim zachodzące, tj. odnowienie, przeżywanie i ubywanie, należy pojmować takimi, jakimi są one w rzeczywistości, a nie takimi, jakimi według naszych wyobrażeń być powinny [Poznański 1985]. Teoretyczną podstawą omawianego systemu są dwie tezy [Rutkowski 1985]. Teza pierwsza zakłada potrzebę i nieuchronność rozwoju gospodarczego i w związku z tym zmienność zapotrzebowania społecznego na różnorodne funkcje lasu: produkcyjne, biologiczne, społeczne. W świetle tezy drugiej przyjmuje się konsekwentnie, że las jest układem probabilistycznym, a każde gospodarstwo leśne należy traktować jako układ otwarty podatny na oddziaływanie otoczenia przyrodniczego i gospodarczego [Rutkowski 1985]. Wyraża się przy tym pogląd, że do zapewnienia dowolnemu gospodarstwu leśnemu cech trwałości istnienia nie jest konieczne dążenie do osiągnięcia jakkolwiek zdefiniowanego wzorca docelowego, a ponadto przeświadczenie, że osiągnięcie stanu docelowego i jego trwałe utrzymanie nie jest możliwe. Regulacja powinna mieć charakter samodzielny, niezależny od formułowanych wzorców docelowych, a jej głównym celem powinno być utrzymanie trwałego i zrównoważonego rozwoju zasobów leśnych.

Podstawy metodyczne

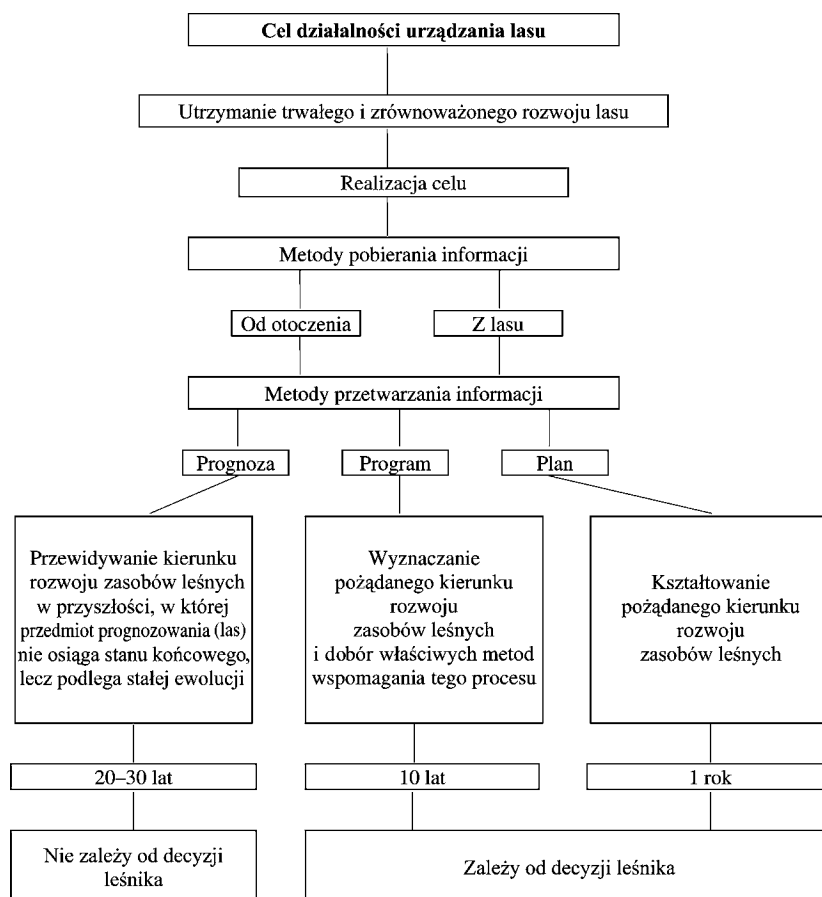
Pojęcie trwałości odnosi się do czasu przeszłego i czasu przyszłego. W wyniku zachodzących w przeszłości procesów odnawiania, przeżywania i ubywania w Polsce istnieje ponad 8,9 mln ha lasów. Dla obecnie żyjącego pokolenia leśników utrzymanie trwałości wielofunkcyjnych, przyrodniczo zróżnicowanych i biologicznie odpornych lasów jest najważniejszym zadaniem na przyszłość. Zadaniem tym ważniejszym, że większość polskich lasów składa się na ogół z jednowiekowych i jednogatunkowych drzewostanów iglastych o małych zdolnościach samoregulacyjnych. Prowadzenie w takich lasach w sposób ciągły regulacji jest więc podstawowym warunkiem utrzymania trwałości ich istnienia.

W nowo opracowanym systemie utrzymania trwałego i zrównoważonego rozwoju lasów w Polsce znajduje wyraz zarówno przeszłość, jak i przyszłość – pierwsza w postaci nagromadzonych zdarzeń, druga jako zestaw zamierzeń i celów do realizacji, tworząc zintegrowany system działań regulacyjnych składających się na wszechstronnie rozwinięte podstawy przewidywania i kształtowania przyszłości lasu.

Nowy system składa się z uporządkowanego zbioru metod przewidywania i kształtowania przyszłości lasu, tj. prognozowania, programowania i planowania, powiązanych ze sobą jednym nadrzędnym celem działania. Jest nim utrzymanie trwałego i zrównoważonego rozwoju lasu [Poznański 1990] (ryc. 1 i 2).



Ryc 1. Schemat funkcjonowania systemu utrzymania trwałego i zrównoważonego rozwoju lasu



Ryc. 2. Schemat powiązań w systemie utrzymania trwałego i zrównoważonego rozwoju lasu

Prognozowanie

Celem prognozowania jest przewidywanie przebiegu rozwoju zasobów leśnych w nie-dalekiej przyszłości (20–30 lat), w której przedmiot prognozowania, czyli las (gospodarstwo leśne), nie osiąga stanu końcowego, lecz podlega stałej ewolucji [Poznański 1983]. Działalność prognostyczna dotyczy tylko pewnego odcinka tej ewolucji, ograniczonego na szerokość (przedział wiarygodności) i głębokość (horyzont czasowy) prognozy przez przewidywany wpływ otoczenia przyrodniczego i gospodarczego na zmiany wewnętrznej struktury lasu. Prognozowanie w nowym systemie utrzymywania trwałości lasu ma charakter otwarty i probabilistyczny, a sporządzane prognozy określają przedział, w jakim z określonym prawdopodobieństwem przewiduje się zmiany struktury zasobów leśnych w przyszłości [Poznański 1985]. Tworzenie prognoz nie jest procesem decyzyjnym i polega na przetwarzaniu informacji o zdarzeniach, jakie zaszły w przeszłości w informacje o zdarzeniach, jakie zajądą w przyszłości.

Programowanie

W systemie utrzymania trwałego i zrównoważonego rozwoju lasu programowanie spełnia szczególnie ważne zadanie, dotyczy bowiem kształtowania przyszłości lasu. Programowanie jest procesem decyzyjnym i stanowi wyraz stawianych żądań i celów. Celem programowania jest wyznaczenie pożądanego kierunku rozwoju zasobów leśnych w najbliższym, 10-letnim, okresie gospodarczym. Podstawowym zadaniem programowania jest określenie odpowiedniej relacji pomiędzy intensywnością procesu przeżywania a intensywnością procesu ubywania zapewniającej utrzymanie trwałości lasu oraz zrównoważonego rozwoju zasobów leśnych w granicach określonych przez prognozę [Poznański 1987].

Planowanie

Planowanie stanowi bezpośrednio narzędzie kształtowania przyszłości, a jego celem jest realizowanie wybranego, zrównoważonego kierunku rozwoju zasobów leśnych w jednorocznych cyklach produkcyjnych [Poznański 1990]. Zadania wynikające z programowania nabierają charakteru decyzyjnego właśnie w planach urzędzeniowych. Działalność planistyczna dotyczy zasadniczo dwóch planów: planu cięć użytkowania rębego i planu hodowlanego. Plan cięć użytkowania rębego jest planem wielkości procesu ubywania, natomiast plan hodowlany jest planem wielkości procesu odnowienia i wielkości procesu przeżywania. Szczegółowe plany urządzania lasu dotyczą więc bezpośrednio trzech składowych ekologicznych procesów rozwoju lasu decydujących o trwałości jego istnienia i odpowiadają na trzy zestawy pytań:

- ile, kiedy, gdzie i jak odnawiać – proces odnowienia,
- ile, kiedy, gdzie i jak pielęgnować – proces przeżywania,
- ile, kiedy, gdzie i jak użytkować – proces ubywania.

Planowanie urzędzeniowe jest więc bezpośrednim i formalnym wyrazem podstawowych form praktycznej działalności leśników w utrzymaniu trwałego i zrównoważonego rozwoju lasu.

Metody utrzymania trwałego i zrównoważonego rozwoju lasu

Gospodarstwo leśne wykazuje zawsze postać charakterystyczną związaną ze stosowanym sposobem zagospodarowania. Dla problemu utrzymania trwałego i zrównoważonego rozwoju lasu ma to znaczenie podstawowe. Odmienna bowiem postać gospodarstwa leśnego i różna w związku z tym forma zróżnicowania wiekowego są przyczyną odrębności metod: prognozowania, programowania i planowania w każdym ze sposobów zagospodarowania.

W dorobku polskiej nauki urządzania lasu znajdują się lub są w opracowaniu nowe metody utrzymania trwałego i zrównoważonego rozwoju lasu.

Opracowano teoretyczne podstawy nieznanego dotychczas w leśnictwie prognozowania otwartego o charakterze probabilistycznym. Na tych podstawach stworzono nowe metody prognozowania rozwoju zasobów leśnych w różnych sposobach zagospodarowania lasu [Poznański 1976, 1983a, b, 1985].

Opracowano również po raz pierwszy w leśnictwie teoretyczne podstawy programowania rozwoju zasobów leśnych oraz odpowiednie metody programowania w różnych sposobach zagospodarowania lasu [Poznański 1987, 1996b]. Nowe metody programowania

w zrębowym i przerębowo-zrębowym sposobie zagospodarowania oparto na nowych, oryginalnych etatach rębnych: etacie pilności i możliwości wyřębu oraz etacie odnowienia i uprzęatania [Poznański 1990, 1996b]. Ponadto opracowano oryginalne metody wyboru drzewostanów do cięć użytkowania rębego stanowiące podstawę sporządzania planów cięć w zrębowym i w przerębowo-zrębowym sposobie zagospodarowania [Poznański 1976, 1994].

Przedstawione teoretyczne i metodyczne podstawy nowego systemu utrzymania trwałego i zrównoważonego rozwoju lasów w Polsce stanowią rezultat wieloletnich dociekań naukowych pracowników Katedry Urzędzenia Lasu Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie, tworzących tzw. krakowską szkołę urzędzenia lasu.

Polskie leśnictwo wkroczyło w XXI wiek z własnym, oryginalnym systemem i metodami utrzymania trwałego i zrównoważonego rozwoju lasów.

Literatura

- Bernadzki E.** 1998. Zasady trwałej gospodarki leśnej a hodowla lasu. [W:] Trwały i zrównoważony rozwój lasów. Poglądy – opinie – kontrowersje. IBL, Warszawa, 13–26.
- Giertych M.** 1998. Aspekty genetycznej trwałości gospodarki leśnej. [W:] Trwały i zrównoważony rozwój lasów. Poglądy – opinie – kontrowersje. IBL, Warszawa, 43–60.
- Poznański R.** 1976. Metoda optymalnego wyboru lokalizacji użytkowania rębego. Acta Agr. Silv., Ser. Silv., XVI, 111–130.
- Poznański R.** 1983a. Metodologiczne podstawy prognozowania w urzędzeniu lasu. Sylwan, 5, 11–12.
- Poznański R.** 1983b. Przeżywanie i śmiertelność drzew jako podstawa prognozy rozmiaru użytkowania w przerębowym sposobie zagospodarowania. Sylwan, 4, 9–20.
- Poznański R.** 1985. Prognozowanie produkcji i rozwoju zasobów drzewnych w świetle zjawisk przeżywania i wyřębu drzewostanów. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, ser. Rozpr. Habil., 98.
- Poznański R.** 1988. Nowa metoda programowania w zrębowym sposobie zagospodarowania lasu. Sylwan, 6, 19–24.
- Poznański R.** 1990. Nowy system regulacji w zrębowym sposobie zagospodarowania lasu. Skrypty dla Szkół Wyższych. Akademia Rolnicza, Kraków.
- Poznański R.** 1994. Program optymalnej kolejności cięć użytkowania rębego w zrębowym i w przerębowo-zrębowym sposobie zagospodarowania. Instrukcja wykonawcza. Biuletyn Regionalny ZDR AR w Krakowie, 306, 65–66.
- Poznański R.** 1996a. Problematyka trwałości lasu oraz metody jej utrzymania. Sylwan, 8, 19–31.
- Poznański R.** 1996b. Nowa metoda programowania zasobów leśnych w przerębowo-zrębowym sposobie zagospodarowania z rębnią częściową. Acta Agr. Silv., Ser. Silv., XXXIV, 59–66.
- Rutkowski B.** 1985. Problemy regulacji w gospodarstwie leśnym. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, ser. Historia Rolnictwa, 7, 3–9.
- Rutkowski B.** 1989. Urzędzenie lasu. Część I. Skrypty dla Szkół Wyższych, Akademia Rolnicza w Krakowie.
- Szujecki A.** 1996. Polityka leśna Państwa. MOŚZNiL, Warszawa.

Procesy rozmnażania generatywnego a ochrona zasobów genowych w drzewostanach

Władysław Chalupka*

Rozmnażanie generatywne

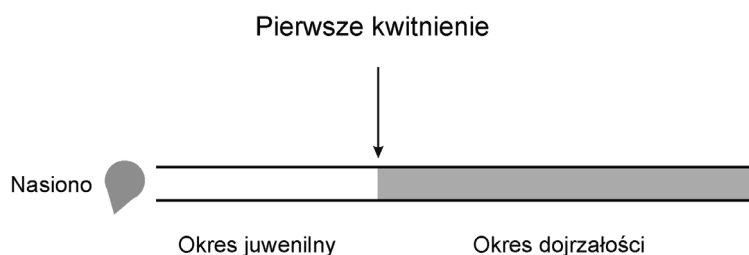
Najważniejszym celem rozmnażania generatywnego jest utrzymanie zmienności genetycznej potomstwa na poziomie gwarantującym trwanie gatunku przez wiele pokoleń. Można powiedzieć, że populacja drzew jakiegoś gatunku przetrwa wtedy, gdy w jej obrębie odbędzie się przynajmniej jeden pełny cykl rozmnażania generatywnego łącznie z wytworzeniem żywotnych i zdolnych do kiełkowania nasion. Przebieg i długość ontogenezy pojedynczego osobnika w populacji nie zależy jednak od obecności organów generatywnych, lecz od predyspozycji osobniczych (genetycznych) i warunków środowiska, w jakich odbywa się wzrost wegetatywny. Ta różnica w strategii przetrwania pozwala wyróżnić w opisie procesów rozmnażania generatywnego drzew dwa aspekty – populacyjny i osobniczy.

W dalszej części rozdziału używane będą pewne podstawowe pojęcia, które zdefiniowano poniżej: ontogeneza – rozwój osobniczy lub inaczej przebieg życia pojedynczego osobnika od zygoty po naturalne obumarcie; okres juwenilny (młodociany) – czas od zapłodnienia do zawiązania pierwszych kwiatów na osobniku; okres dojrzałości – okres w ontogenezie, w którym drzewa odbywają mniej lub bardziej regularnie pełne cykle rozmnażania generatywnego; zmiana fazy – przejście z okresu juwenilnego w okres dojrzałości (pojawienie się pierwszych kwiatów na osobniku); kwiat – przekształcony pęd, na którym tworzą się organy rozmnażania generatywnego (płciowego) drzew; wzrost generatywny – wszystkie procesy związane z rozmnażaniem płciowym: zawiązanie organów rozmnażania generatywnego, zapylenie, zapłodnienie, embriogeneza, czyli rozwój zarodka, oraz uformowanie nasiona; wzrost wegetatywny – wszystkie procesy życiowe prowadzące do powiększenia rozmiarów pojedynczego drzewa i zapewniające jego przeżycie w określonych warunkach środowiska; okres aktywności – czas trwania procesów życiowych osobników drzew, dłuższy niż tradycyjnie definiowany sezon wegetacyjny; spoczynek jesienny – rzeczywisty, głęboki spoczynek fizjologiczny po ustaniu procesów wzrostowych; spoczynek zimowy – okres braku aktywności życiowej drzew, wymuszony niesprzyjającymi warunkami środowiska, głównie termicznymi; siewka – osobnik danego gatunku drzewa powstały w wyniku rozmnażania generatywnego, a więc z nasiona.

* *Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk w Kórniku*

Ontogeneza drzewa

Rozwój osobniczy drzewa (ontogeneza) zaczyna się od momentu zapłodnienia, czyli zapoczątkowania rozwoju nasienia (ryc. 1). W życiu większości drzew ontogeneza dzieli się na dwie podstawowe części: okres juwenilny i okres dojrzałości, a granicę między nimi wyznacza pierwsze kwitnienie, czyli zmiana fazy [Wareing 1959]. Jest to moment przełomowy w życiu pojedynczego osobnika każdego gatunku drzewa i dlatego stanowi przedmiot wielu badań i analiz.



Ryc. 1. Główne fazy ontogenezy drzewa

Okres juwenilny i pierwsze kwitnienie

Wydaje się, że pierwsze kwitnienie jest skutkiem aktywacji pewnych genów „kwitnieniowych”, które umożliwiają indukcję (wzbudzenie) kwitnienia osobnika w latach następnych [Chalupka (Chalupka) i Cecich 1997]. Otwarte pozostaje pytanie o pierwotną przyczynę zmiany fazy. Istnieje kilka koncepcji, próbujących wyjaśnić mechanizm tego zjawiska:

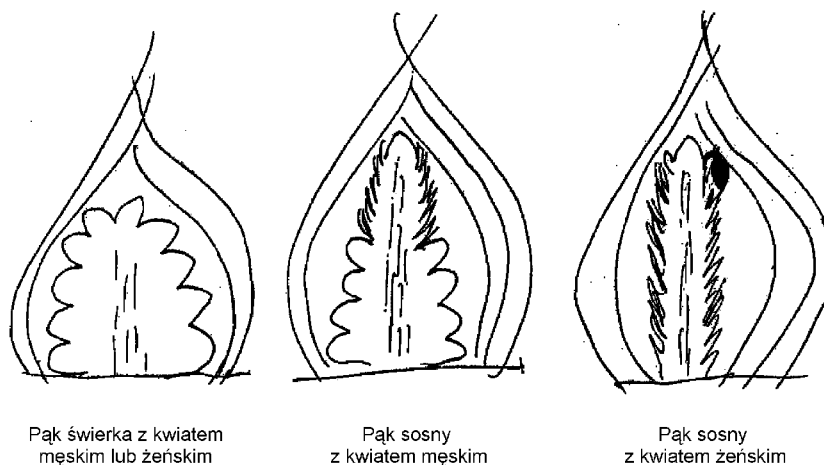
- koncepcja stymulatora zakłada kluczową rolę regulatorów wzrostu z grupy giberelin; osiągnięcie pewnego, progowego stężenia giberelin mniej polarnych (bardziej aktywnych fizjologicznie) w młodych drzewach jest według tej koncepcji niezbędnym warunkiem indukcji kwitnienia;
- koncepcja inhibitora zakłada zdolność indukcji kwitnienia w każdym pąku (stożku wzrostu), bez względu na wiek drzewa, istnieje jednak substancja hamująca o nieznanym charakterze, powstrzymująca ten proces; przypuszcza się, że inhibitor kwitnienia powstaje w korzeniach, a jego działanie słabnie w miarę wzrostu drzewa, czyli oddalania się stożków wzrostu w pąkach od korzeni;
- koncepcja wzrostowa zakłada możliwość pierwszego kwitnienia po osiągnięciu przez drzewo pewnej krytycznej dla danego gatunku wysokości lub rozmiaru korony. Pojawienie się pierwszych kwiatów na osobniku danego gatunku drzewa może nastąpić po osiągnięciu pewnego zaawansowania we wzroście. Inaczej mówiąc, osobnik powinien osiągnąć pewien „bezpieczny” stan rozwoju korony, czyli wytworzyć potencjalne miejsca zarówno dla zawiązanych pędów kwiatowych, jak i wegetatywnych, zapewniające wzrost pędów na długość i dalsze powiększanie się rozmiarów korony.

Pewnym potwierdzeniem słuszności założeń koncepcji wzrostowej są wyniki badań prowadzonych z brzozą brodawkowatą (*Betula pendula* Roth), sosną Banksa (*Pinus banksiana* Lamb.) czy świerkiem pospolitym (*Picea abies* (L.) Karst.). Hodowla siewek sosny

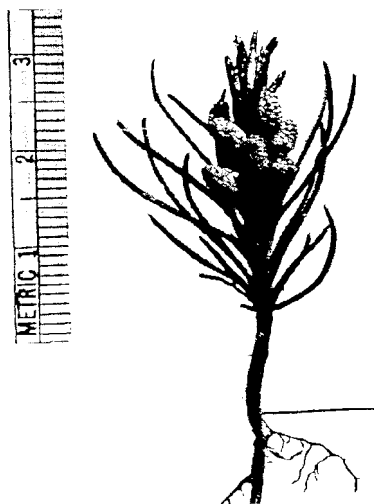
Banksa w warunkach kontrolowanych umożliwiła symulację trzech pełnych cykli życiowych (okresy aktywności na przemian z okresami spoczynku) w ciągu roku kalendarzowego. Doprowadziło to do zawiązania się kwiatów u 14-miesięcznych siewek, które osiągnęły w tym czasie średnią wysokość około 50 cm. Stwierdzono jednak, że zależność między wysokością a pojawieniem się pierwszych kwiatów istnieje tylko na poziomie rodów, a nie całej populacji [Cecich i in. 1994]. Wniosek ten potwierdza bardzo istotna korelacja między wysokością drzew w rodach a zawiązywaniem pierwszych kwiatów u świerka pospolitego (Chałupka – dane niepublikowane). Wyniki uzyskane zarówno w przypadku sosny Banksa, jak i świerka pospolitego potwierdzają zatem genetyczne uwarunkowanie pojawiania się pierwszych kwiatów.

Współzależność między wzrostem wegetatywnym a zawiązywaniem się kwiatów u drzew

Wewnętrzny mechanizm zależności między wzrostem generatywnym a wegetatywnym u drzew przejawia się m.in. zróżnicowaną budową pąków kwiatowych i różną długością okresu juvenilnego. W pąku sosny mieszczą się struktury wegetatywne (zawiązek przyszłorocznego pędu i zawiązki igieł) oraz zawiązki kwiatów męskich lub żeńskich (ryc. 2). U świerka natomiast istnieje wyraźna specjalizacja pąków: organy generatywne (męskie lub żeńskie) „wypełniają” cały pąk i uformowanie kwiatu oznacza tym samym utratę zdolności pędu do wzrostu na długość. Jeśli więc u sosny kwiat zawiąże się na pędzie głównym siewki nawet w pierwszym roku jej życia, to będzie ona kontynuowała wzrost (ryc. 3), bowiem zachowany zostanie stożek wzrostu, z którego uformuje się zawiązek przyszłorocznego pędu. Jeśli natomiast kwiat uformowałyby się w pąku szczytowym 1-roczonej siewki świerka, to wtedy utraciłaby ona zdolność do dalszego wzrostu na wysokość.



Ryc. 2. Schematy budowy pąków świerka pospolitego i sosny zwyczajnej



Ryc. 3. Kwiaty męskie na 1-roczej siewce sosny górskiej [Mergen i Cutting 1957]

Innym przejawem omawianej współzależności jest trwanie okresu juvenilnego, który jest zróżnicowany w zależności od gatunku drzewa (tab. 1). Pojawienie się pierwszych kwiatów jest ponadto uzależnione od wymagań siedliskowych drzew oraz ich odporności na różne czynniki zewnętrzne (tab. 2), w tym także na zanieczyszczenie środowiska. Stwierdzono m.in., że drzewa sosny pospolitej rosnące w bliskim sąsiedztwie zakładów fosforowych zawiązały pierwsze kwiaty cztery lata później niż drzewa tych samych proveniencji rosnące na powierzchni kontrolnej [Oleksyn i in. 1992].

Tabela 1. Czas trwania (w latach) okresu juvenilnego u niektórych gatunków drzew leśnych

Gatunek	Przeciętny wiek pierwszego kwitnienia w drzewostanie	Najwcześniejszy wiek pierwszego kwitnienia
Iglaste		
<i>Abies alba</i>	50–70	
<i>Larix decidua</i>	10–15	4
<i>Picea abies</i>	20–25	9
<i>Pinus mugo</i>	10	1
<i>Pinus sylvestris</i>	5–7	3
Liściaste		
<i>Alnus glutinosa</i>	5–10	
<i>Betula pendula</i>	5–10	2
<i>Fagus sylvatica</i>	30–40	
<i>Fraxinus excelsior</i>	15–20	
<i>Quercus robur</i>	25–30	

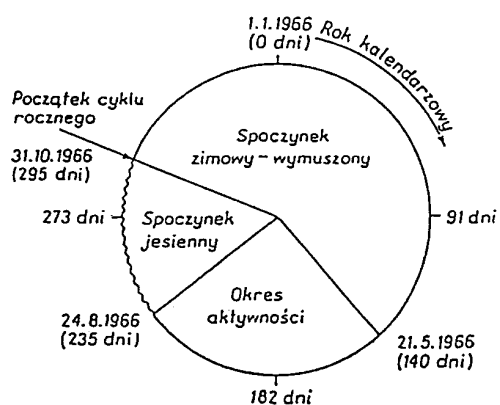
Tabela. 2. Długość okresu juwenilnego a wymagania siedliskowe niektórych gatunków drzew leśnych

Wyszczególnienie	Iglaste			
	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Larix decidua</i>	<i>Picea abies</i>	<i>Abies alba</i>
Okres juwenilny (lata)	5–7	10–15	20–25	50–70
Wymagania siedliskowe	wzrastające (od małych do dużych)			
Odporność na stresy	malejąca (od dużej do niewielkiej)			
Wyszczególnienie	Liściaste			
	<i>Betula pendula</i>	<i>Acer platanoides</i>	<i>Quercus robur</i>	<i>Fagus sylvatica</i>
Okres juwenilny (lata)	5–10	15–20	25–30	30–40
Wymagania siedliskowe	wzrastające (od małych do dużych)			
Odporność na stresy	malejąca (od dużej do niewielkiej)			

Okres dojrzałości

Roczny cykl życiowy

Wbrew dość powszechnie przyjętej opinii roczny cykl życiowy drzew w umiarkowanej strefie klimatycznej zaczyna się jesienią, a nie wiosną (ryc. 4). Po zakończeniu procesów wzrostowych u schyłku lata drzewo wchodzi w okres spoczynku jesiennego; jest to głęboki spoczynek fizjologiczny, który przejawia się niezdolnością drzewa do podjęcia procesów wzrostowych. Spoczynek ten ustępuje pod wpływem pierwszych jesiennych przymrozków, po „otrzymaniu” pewnej, określonej dla danego gatunku drzewa „porcji chłodu” [Sarvas 1974]. Po likwidacji spoczynku głębokiego drzewo jest gotowe do podjęcia wzrostu

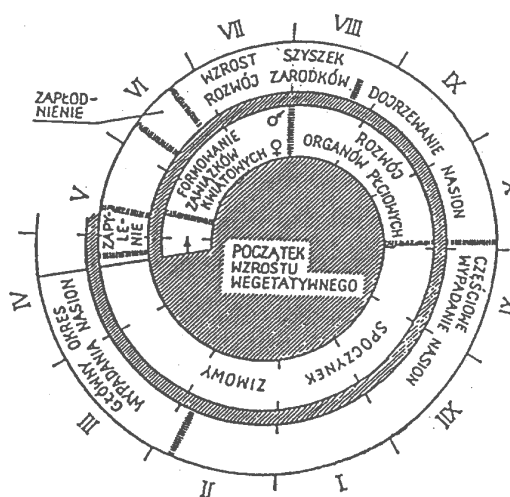


Ryc. 4. Przebieg rocznego cyklu życiowego drzewa na przykładzie brzozy brodawkowatej [Chałupka i Krawiarz 1979]

wegetatywnego, czyli zapoczątkowania następnego rocznego cyklu życiowego. Gotowość ta zbiega się jednak z nadejściem okresu niskich temperatur i drzewo rozpoczyna nowy cykl życiowy w stanie uśpienia, wchodząc w okres spoczynku zimowego (wymuszonego). Dopiero nadejście okresu podwyższonych temperatur na wiosnę pozwala na rozpoczęcie okresu aktywności i kontynuację rozpoczętego jesienią cyklu życiowego [Sarvas 1972]. Sprawdzianem takiego przebiegu rocznego cyklu życiowego jest brak rozwoju pąków po włożeniu ściętych pędów do wody w temperaturze pokojowej przed pierwszymi przymrozkami jesiennymi.

Cykl generatywny

Po zmianie fazy odbywają się u drzew, w mniej lub bardziej regularnych odstępach czasu, pełne cykle rozmnażania generatywnego składające się z następujących etapów: formowanie zawiązków kwiatów, rozwój organów generatywnych (wytwarzających załączki i ziarna pyłku), spoczynek wymuszony organów generatywnych, formowanie ziaren pyłku, zapylanie, dojrzewanie rodni, zapłodnienie, embriogeneza, czyli rozwój zarodka, dojrzewanie nasion oraz ich wypadanie w trakcie kolejnego okresu spoczynku zimowego. U świerka pospolitego cykl rozmnażania generatywnego nakłada się na dwa pełne, roczne cykle życiowe (ryc. 5). W przypadku sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.), podobnie jak u innych gatunków z rodzaju *Pinus*, dochodzi 13-miesięczna przerwa między zapyleniem a zapłodnieniem spowodowana wstrzymaniem wzrostu łagiewki pyłkowej. Powoduje to przedłużenie cyklu rozmnażania generatywnego na trzy roczne cykle życiowe (tab. 3).



Ryc. 5. Cykl generatywny świerka pospolitego [Chałupka 1977]

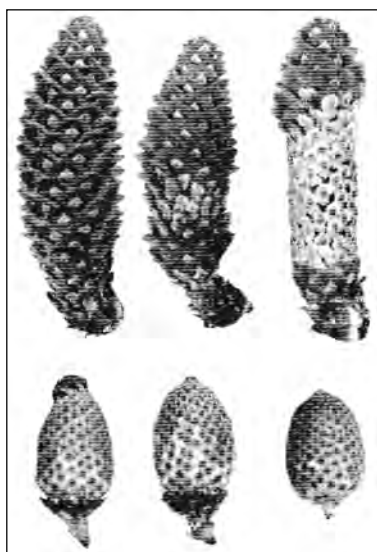
Tabela 3. Porównanie cykli rozmnażania generatywnego świerka pospolitego i sosny zwyczajnej

Rok	Świerk	Sosna
Pierwszy	indukcja kwitnienia zawijanie organów generatywnych	indukcja kwitnienia zawijanie organów generatywnych
Drugi	formowanie ziaren pyłku zapylenie wzrost łagiewki pyłkowej dojrzewanie rodni zapłodnienie embriogeneza (rozwój zarodka) dojrzewanie nasion	formowanie ziaren pyłku zapylenie pierwsza faza wzrostu łagiewki pyłkowej
Trzeci	–	druga faza wzrostu łagiewki pyłkowej dojrzewanie rodni zapłodnienie embriogeneza (rozwój zarodka) dojrzewanie nasion

Podobne zróżnicowanie długości cyklu rozmnażania generatywnego występuje w obrębie rodzaju *Quercus*. Rodzime gatunki dębów – *Q. robur* (dąb szypułkowy) i *Q. petraea* (dąb bezszypułkowy) charakteryzują się cyklem dwuletnim (podobnie jak świerk pospolity, jodła pospolita czy modrzew europejski), natomiast introdukowany z północnej Ameryki gatunek *Q. rubra* (dąb czerwony) odbywa cykl generatywny w ciągu trzech lat, a zatem podobnie jak sosna zwyczajna.

Zawijanie pąków kwiatowych i anomalie w ich rozwoju

Zawijanie pąków kwiatowych odbywa się u naszych drzew leśnych w roku poprzedzającym kwitnienie. Na ogół kwiaty męskie zaczynają się różnicować mniej więcej miesiąc wcześniej od kwiatów żeńskich. W przypadku sosny kwiaty męskie można anatomicznie rozpoznać w pierwszej połowie lipca, a żeńskie około połowy sierpnia [Hejnowicz 1982]. Jeszcze przed zimą wykształcają się podstawowe struktury generatywne: pręciki oraz łuski nasienne. Na etapie różnicowania zdarzają się pewne zakłócenia prowadzące do różnych anomalii i deformacji rozwojowych, np. kwiatów obupłciowych (ryc. 6), rozdwojonych szyszek (ryc. 7) bądź związania kwiatów żeńskich zamiast krótkopędów igłowych (ryc. 8).



Ryc. 6. Obupłciowe kwiaty *Picea smithiana* Boiss. [Santamour 1959]



Ryc. 7. Rozdwojona szyszka świerka pospolitego [Kozioł i Krupski 1994; fot. (Elżbieta Szubert)]

Kwitnienie

Pod koniec zimy, przed rozpoczęciem pędzenia wiosennego, odbywa się podział redukcyjny w komórkach macierzystych pyłku i tworzą się ziarna pyłku. Zwykle na przełomie maja i kwietnia w przypadku świerka, a około dwa tygodnie później w przypadku sosny, rozpoczyna się kwitnienie. Na tym samym osobniku rozchylają łuski najpierw kwiaty żeńskie, osiągając w ten sposób gotowość na przyjęcie pyłku, a dopiero po upływie 1–3 dni rozpoczyna się pylenie. Zjawisko późniejszego wysypywania pyłku na tym samym osobniku (metandria) powoduje bardzo ważne konsekwencje genetyczne. Dzięki wcześniejszemu rozwojowi kwiatów żeńskich wzrastają szanse dotarcia do tych kwiatów pyłku z innych osobników. Tym samym maleje możliwość samozapylenia, czyli chowu wsobnego, a dochodzi do zapylenia krzyżowego obcym pyłkiem, czyli do wzbogacenia różnorodności genetycznej u potomstwa. Mamy więc w tym przypadku do czynienia z naturalnym mechanizmem obrony przed degeneracją genetyczną gatunku [Chałupka 1993].

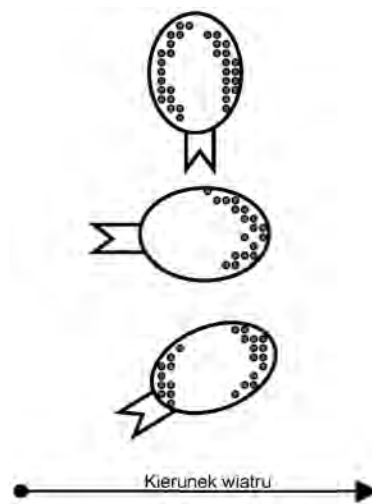


Ryc. 8. Szyszki sosny zwyczajnej uformowane w miejscu krótkopędów igłowych (fot. M. Giertych)

Wysypywanie pyłku

Wysypywanie pyłku z woreczków trwa około 2–3 tygodnie, natomiast gotowość kwiatów żeńskich do zapylenia trwa od kilku do kilkunastu dni [Nikkanen 2001]. Dojrzałe ziarna pyłku wysypują się z woreczków pyłkowych i osiadają u nasady łusek nasiennych, na wierzchołku zalążków.

Osiadanie pyłku nie jest przypadkowe. Okazuje się, że wokół kwiatów żeńskich każdego gatunku wytwarzają się specyficzne zawirowania powietrza, dzięki czemu np. na kwiatku żeńskim sosny zwyczajnej osadza się tylko pyłek tego gatunku, mimo że w chmurze pyłkowej znajdują się także ziarna pyłków innych gatunków sosen. Można więc mówić o swego rodzaju „wieży aerodynamicznej”, wyrażającej się wyraźnym preferowaniem przez kwiat żeński pyłku tego samego gatunku. W zależności od ustawienia w stosunku do kierunku wiatru pyłek osadza się w różnych częściach kwiatów żeńskich (ryc. 9), przy czym tylko część łusek nasiennych ma zalążki zdolne do zapłodnienia. Wydaje się, że



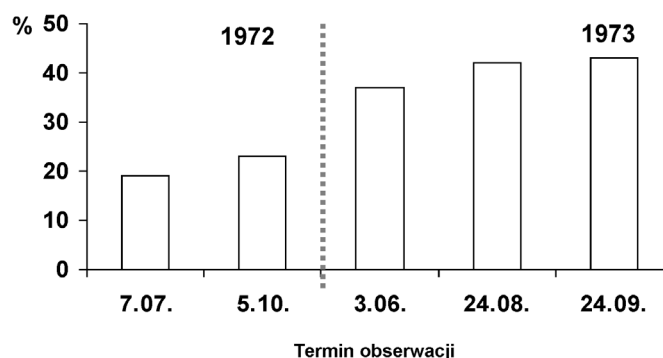
Ryc. 9. Osiadanie pyłku sosny zwyczajnej na kwiatkach żeńskich; miejsca zakropkowane oznaczają strefy z największą liczbą ziaren pyłku (Niklas i Paw 1982)

niezależnie od ogólnej liczby łusek w szyszce i położenia geograficznego procent łusek nasiennych, na których dochodzi do zapłodnienia jest podobny (tab. 4).

Tabela 4. Procent łusek nasiennych z pełnymi nasionami u sosny zwyczajnej (Finlandia – według Sarvasa [1962] – Polska według autora niniejszego rozdziału)

Cecha	Finlandia	Polska
Średnia liczba łusek nasiennych w szyszce	56,7	98,5
% łusek z pełnymi nasionami	22,3	22,2

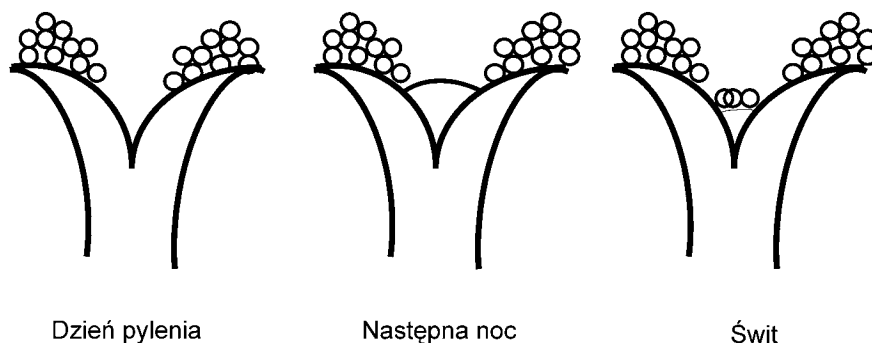
Produkcja pyłku w drzewostanie jest dość znaczna. W przypadku sosny zwyczajnej 100-letni drzewostan wytwarza w roku obfitego pylenia około 100 kg pyłku na ha; u świerka pospolitego produkcja pyłku w roku obfitego kwitnienia może osiągnąć nawet 160 kg z hektara drzewostanu [Sarvas 1968]. Pyłek gatunków drzew wiatropylnych może przemieszczać się na bardzo dalekie odległości, sięgające nawet kilkuset kilometrów, jednak do niektórych kwiatów żeńskich pyłek nie dotrze w ogóle lub dotrze w niewielkiej ilości. Przy niedostatku pyłku kwiaty żeńskie obumierają w różnych fazach swego rozwoju, a straty z tego powodu sięgają 40% (ryc. 10).



Ryc. 10. Tempo obumierania kwiatów żeńskich u sosny zwyczajnej [Drejmanis 1975]

Zapylenie

Spośród wielu ziaren pyłków gromadzonych u nasady łuski nasiennej (w roku obfitego kwitnienia liczba ziaren może sięgnąć nawet stu) tylko kilka przedostaje się do komory pyłkowej dzięki tzw. mechanizmowi kropelkowemu. Funkcjonowanie tego mechanizmu polega na wydzielaniu przez osłonkę załączka kropelki gęstej i przezroczystej cieczy, co odbywa się wyłącznie w nocy. Nad ranem, wraz ze spadkiem wilgotności powietrza, kropelka kurczy się i wciąga kilka ziaren pyłku do wnętrza komory pyłkowej (ryc. 11), która u świerka pospolitego mieści średnio 5 ziaren, a u sosny zwyczajnej – 3 ziarna. „Mechanizm kropelkowy” jest bardzo wrażliwy na nocne przymrozki i bywają lata, kiedy nawet przy obfitym pyleniu komory pyłkowe pozostają puste z powodu zakłóceń w transporcie pyłku.



Ryc. 11. Schemat działania „mechanizmu kropelkowego” u sosny zwyczajnej (Sarvas 1962, zmodyfikowane)

Ograniczona pojemność komory pyłkowej jest kolejnym etapem mechanizmu samoobrony przed chowem wsobnym, bowiem do komory przedostają się te ziarna pyłku, które w pierwszej kolejności osiągnęły załazek. Tym samym w procesie zapylenia faworyzowane są osobniki, które najwcześniej w drzewostanie rozpoczynają wysypywanie pyłku [Sarvas 1962].

Zapłodnienie

W przypadku świerka bezpośrednio po zapyleniu zaczyna się wzrost łagiewki pyłkowej i po 3–4 tygodniach dochodzi do zapłodnienia. U sosen, jak wiemy, zapłodnienie odbywa się dopiero po 13 miesiącach, co wyróżnia ten rodzaj spośród wszystkich innych rodzajów rodziny sosnowatych. Właściwy proces zapłodnienia, tzn. od momentu zetknięcia się jądra plemnikowego z jądrem komórki jajowej, poprzez syngamię, czyli połączenie obu gamet do powstania zygoty trwa u sosny od 10 do 24 godzin. Tak zaczyna się życie nowego, odrębnego genetycznie osobnika [Chałupka 1993].

Dobowy cykl pylenia

W dobowym przebiegu wysypywania się pyłku obserwuje się wyraźne powiązanie intensywności pylenia z rozkładem temperatury i wilgotności powietrza, niezależnie od położenia geograficznego. Wyniki analogicznych badań w Finlandii i Turcji [Sarvas 1995, Boydak 1977] wykazały, że maksymalna ilość pyłku wysypuje się w godzinach przed- i popołudniowych, przy najwyższej temperaturze i najniższej wilgotności względnej powietrza. Te same czynniki pogodowe oddziałują na pylenie w wymiarze sezonowym. Okres pylenia może być przerwany przez opady, dużą wilgotność i ochłodzenia. Silne wiatry mogą natomiast przyspieszyć uwalnianie pyłku z woreczków pyłkowych i skrócić okres pylenia. W zależności od pogody czas pylenia u sosny zwyczajnej i świerka pospolitego trwa od 14 do 26 dni, a u brzozy brodawkowatej – od 8 do 14 dni, przy czym połowa ogólnej ilości pyłku wysypuje się zwykle w ciągu kilku pierwszych dni [Chałupka i Krafiarz 1979, Chałupka 1993, 1998].

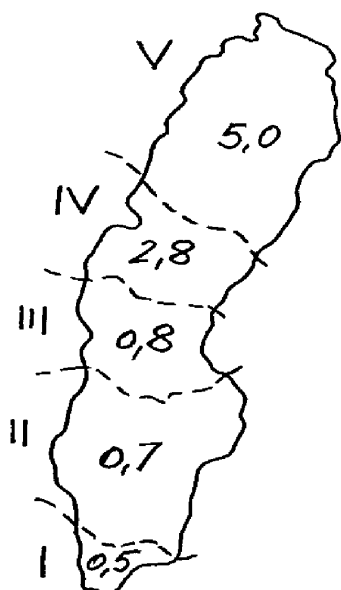
Okresowość kwitnienia

Przedstawiony cykl rozmnażania generatywnego powtarza się dość nieregularnie, w odstępach od kilku do kilkunastu lat. Szczególnie wyraźnie można obserwować okresowość obradzania w przypadku obfitych urodzajów, których częstotliwość jest różna w zależności od gatunku (tab. 5).

Tabela 5. Częstotliwość występowania lat nasiennych u niektórych gatunków drzew leśnych

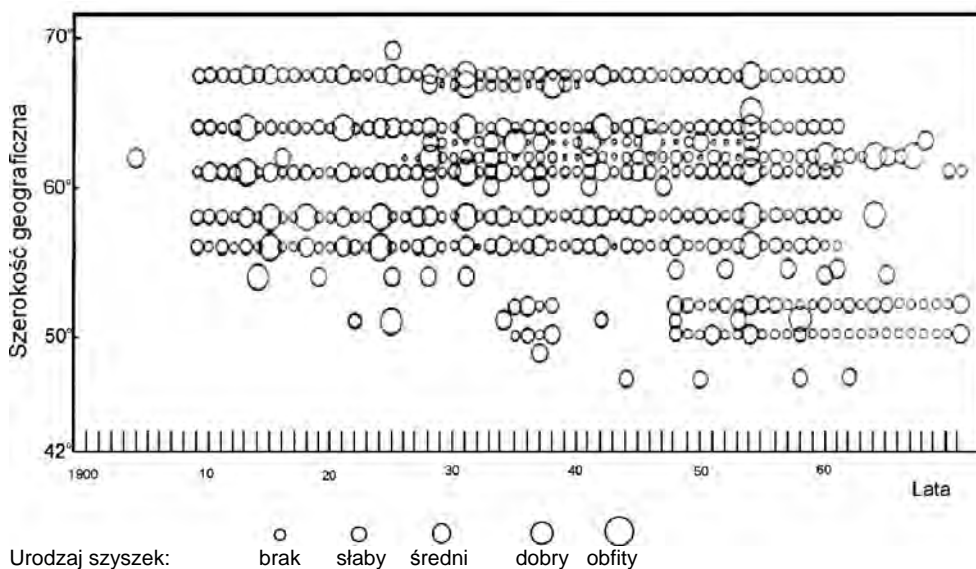
Iglaste		Liściaste	
<i>Abies alba</i>	3-5	<i>Betula verrucosa</i>	2-3
<i>Larix decidua</i>	3-5	<i>Carpinus betulus</i>	3
<i>Picea abies</i>	3-5	<i>Fagus sylvatica</i>	8-10
<i>Pinus sylvestris</i>	2-4	<i>Fraxinus excelsior</i>	2
		<i>Quercus robur</i>	4-6

Bardzo wyraźny wpływ na częstotliwość obradzania ma szerokość geograficzna i związane z nią warunki siedliskowe (ryc. 12). Porównanie wskaźników dobrych urodzajów nasion u sosny zwyczajnej wskazuje, że w północnej Szwecji (region V) urodzaje takie występują 10-krotnie rzadziej niż na południu [Hagner 1965].



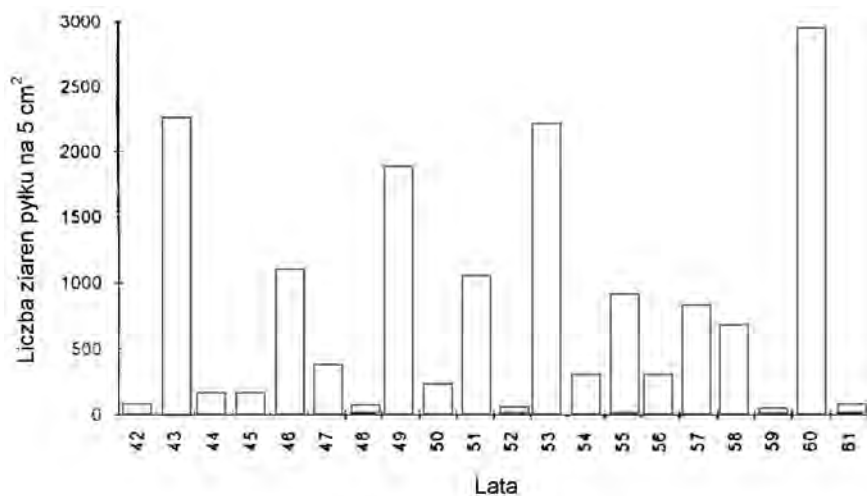
Ryc. 12. Częstotliwość dobrych urodzajów nasion sosny zwyczajnej w Szwecji [Hagner 1965]

U świerka pospolitego urodzaje dobre lub obfite występują w odstępach od 2 do 13 lat (ryc. 13), przy czym częściej zdarzają się w centralnych rejonach zasięgu tego gatunku [Chalupka i Giertych 1973, Kantorowicz 2000]. Zdarzają się takie lata (np. 1928, 1931 czy 1954), w których urodzaj nasion był dobry lub obfity praktycznie na całym obszarze zasięgu świerka. Świadczy to o wystąpieniu jakiegoś czynnika sprzyjającego zawiązywaniu kwiatów jednocześnie na całym obszarze naturalnego zasięgu tego gatunku. W innych latach dobre urodzaje występują tylko w pewnych rejonach geograficznych, bywają też tzw. lata głuche, kiedy kwiaty nie zawiązują się. Można zauważyć, że obfite urodzaje nasion świerka pospolitego praktycznie nie wystąpiły nigdy w dwóch kolejnych latach na tym samym obszarze (ryc. 14). W większości przypadków obfitość pylenia pokrywa się z obfitością kwitnienia kwiatów żeńskich, jednak bywają lata, gdy takiej zgodności brak; na ogół obfite kwitnienie kwiatów męskich występuje częściej.



Ryc. 13. Lata nasienne świerka pospolitego [Chałupka i Giertych 1973]

Okresowość kwitnienia obserwowana była także u jesionu wyniosłego (ryc. 14).



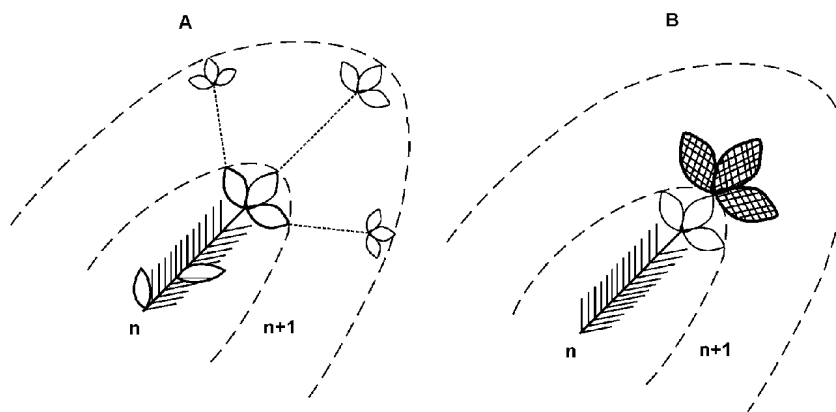
Ryc. 14. Roczny opad pyłku jesionu wyniosłego w Wielkiej Brytanii [Hyde 1963]

Obfitość pylenia jest jednym z najważniejszych czynników wpływających na liczbę i jakość nasion. Zarówno u gatunków iglastych, jak i liściastych procent pełnych nasion osiąga najwyższą wartość w latach obfitego pylenia. Z tego też względu zbiór nasion, szczególnie

z myślą o długotrwałym przechowywaniu, należy ograniczyć do lat obfitego lub co najmniej dobrego kwitnienia kwiatów żeńskich i męskich [Sarvas 1968].

Samoregulacja okresowości kwitnienia

Na przykładzie świerka pospolitego można zaobserwować swego rodzaju samoregulację okresowości kwitnienia. Wiadomo, że liczba pąków zawiązanych w koronie świerka jest określona. Jeśli w danym roku warunki zewnętrzne nie sprzyjają zawiązywaniu się kwiatów, z wszystkich pąków rozwijają się pędy wegetatywne i korona wydatnie się powiększa (ryc. 15A). Jeśli jednak następuje obfite zawiązywanie się kwiatów w pąkach, to w takim roku znaczna liczba pąków traci możliwość dalszego wzrostu na długość i tym samym w następnym roku potencjalna liczba pędów oraz pąków, w których mogłyby znowu zawiązać się kwiaty, jest ograniczona (ryc. 15B). Tworzące się szyszki i nasiona zużywają znaczne ilości wytwarzanych bieżąco asymilatów, dlatego też w roku obfitego kwitnienia na pędach z szyszkami nie tworzą się z reguły odgałęzienia boczne, co również zmniejsza liczbę pędów, a tym samym liczbę potencjalnych miejsc zawiązania się kwiatów w roku następnym [Chałupka 1998].



Ryc. 15. Rozwój pędu świerka pospolitego w roku bez zawiązywania (A) i z zawiązywaniem kwiatów (B); n – rok zawiązywania, $n + 1$ – rok następny

U sosny nie ma podobnej samoregulacji jak u świerka, bowiem z budowy jej pąków wynika, że zawiązanie kwiatów możliwe jest praktycznie corocznie, dlatego dobre urodzaje u tego gatunku zdarzają się niekiedy rok po roku [Kantorowicz 2000].

Wpływ czynników zewnętrznych

Obok omówionych wcześniej czynników związanych z wewnętrznymi procesami rozwojowymi istnieją także naturalne czynniki zewnętrzne wpływające na okresowość kwitnienia i obradanie nasion. Należą do nich przede wszystkim czynniki klimatyczne.

U wielu gatunków stwierdzono korelację między usłonecznieniem a liczbą zawiązywanych kwiatów. Dla przykładu, w przypadku świerka pospolitego współczynnik stwierdzonej korelacji osiąga największą wartość w czerwcu, w roku poprzedzającym kwitnienie [Chałupka 1975]. Wydaje się, że obfite zawiązywanie się kwiatów u świerka pospolitego jest wyraźnie związane z określoną ilością światła słonecznego, które jest przeciw energią. Próg dziewięciu godzin przeciętnego dziennego usłonecznienia w czerwcu wskazuje na konkretną ilość tej energii, konieczną do wzbudzenia procesów prowadzących do zawiązywania się kwiatów [Chałupka 1975]. Obfite kwitnienie świerka w 1993 r. było poprzedzone usłonecznieniem w czerwcu 1992 r., przekraczającym w Polsce jedenaście godzin dziennie (Chałupka – dane niepublikowane).

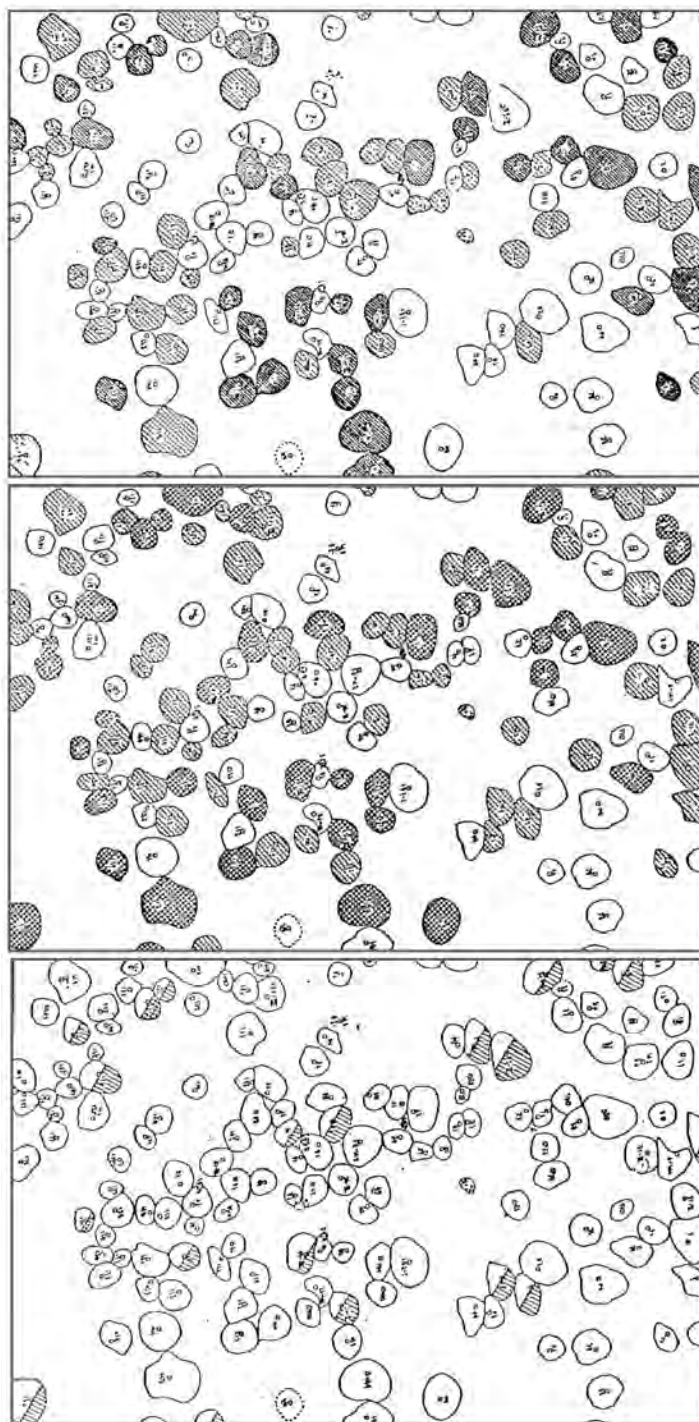
Podobnie silna jest u świerka korelacja kwitnienia z temperaturą określona na przełomie czerwca i lipca w roku zawiązywania kwiatów [Chałupka 1975]. Temperatura jest jednak czynnikiem wtórnym w stosunku do usłonecznienia i dlatego wydaje się, że rola światła w indukcji kwitnienia jest decydująca. Zostało to potwierdzone eksperymentalnie w warunkach kontrolowanych; wprowadzenie bezpośredniego światła słonecznego do wnętrza pąków sosny zwyczajnej i świerka pospolitego za pomocą światłowodów spowodowało istotny wzrost liczby kwiatów żeńskich w porównaniu z ich liczbą u drzew kontrolnych [Chałupka 1993, 1998].

Wymagania sosny pod względem usłonecznienia i temperatury są mniejsze i dlatego sosna dość często kwitnie obficie nawet przy północnym krańcu swego zasięgu. Kwitnienie na tych obszarach (68–70 stopni szerokości geograficznej północnej) rzadko jednak pociąga za sobą urodzaj nasion, bowiem warunki klimatyczne są zbyt surowe, by mogło dojść do rozwoju zarodków i dojrzewania nasion. Korzystny spłot warunków klimatycznych niezbędnych do odbycia 3-letniego cyklu generatywnego u sosny zwyczajnej zdarza się przy północnej granicy lasu mniej więcej raz na 60 do 100 lat [Hustich 1948].

Zmienność indywidualna

Znaczny wpływ na obfitość kwitnienia drzew w drzewostanie wywiera ich wysokość oraz wielkość koron. W przypadku drzewostanu świerkowego stwierdzono, że na drzewach I i II klasy Krafra (a stanowią one około 25% wszystkich drzew) zawiązuje się ponad 80% ogólnej liczby szyszek [Messer 1956]. W przypadku kwiatów męskich sosny zwyczajnej niektóre drzewa, mimo znacznych rozmiarów koron i dostępu światła, nie kwitną przez kilka lat, inne zaś kwitną obficie rok po roku (ryc. 16).

Podobnie rzecz się ma z okresowością kwitnienia pojedynczych drzew. Na przykład w przypadku buka zwyczajnego spora liczba drzew (na Krymie 21,9%, a na Zakarpaciu 14,3%) praktycznie nigdy nie kwitnie, a tym samym nie bierze udziału w wytwarzaniu nasion i nie ma wpływu na zróżnicowanie genetyczne potomstwa drzewostanu. Tylko nie-liczne osobniki w drzewostanie (1 drzewo spośród 247 na Krymie i 1 spośród 140 na Zakarpaciu) obradzały nasiona corocznie (tab. 6).



1957

1958

1959

Ryc. 16. Kwitnienie kwiatów męskich na pojedynczych drzewach sosny zwyczajnej w kolejnych latach [1957–1959]; pola białe – kwitnienie słabe lub brak kwitnienia, pola liniowane – kwitnienie średnie, pola kratkowane – kwitnienie obfite [Sarvas 1962]

Tabela 6. Częstotliwość obradzania nasion przez pojedyncze drzewa w drzewostanach buka zwyczajnego (według Kaplunowskiego [1972])

Krym													
Liczba lat obradzania podczas 12 lat obserwacji	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Liczba drzew obradzających nasiona	1	5	15	25	43	34	17	9	11	13	11	9	54
%	0,4	2,1	6,1	10,1	17,4	13,8	6,9	3,6	4,4	5,3	4,4	3,6	21,9
Zakarpacie													
Liczba lat obradzania podczas 8 lat obserwacji					8	7	6	5	4	3	2	1	0
Liczba drzew obradzających nasiona					1	6	23	39	34	7	2	8	20
%					0,7	4,3	16,4	27,6	24,3	5,0	1,4	5,7	14,3

Kwitnienie i obradzanie nasion a przyrost drzew

Negatywny wpływ procesów generatywnych na przyrost grubości drzew jest najbardziej widoczny u tych gatunków, u których okresowość kwitnienia jest bardzo wyraźna. Dobrym przykładem jest świerk pospolity, u którego szerokość słoja rocznego w roku obfitego obradzania jest mniejsza niż w innych latach przeciętnie o 18–40% w zależności od wieku i siedliska. Jeszcze bardziej widoczne jest to u buka zwyczajnego, u którego szerokość słoja jest mniejsza nawet o 50%, a redukujący wpływ procesów generatywnych na przyrost grubości jest obserwowany także w roku następującym po roku obfitego urodzaju [Holmsgaard 1955, Chałupka i in. 1975].

W przypadku świerka pospolitego stwierdzono ponadto, że obfitemu urodzajowi szyszek towarzyszy mniejszy niż w latach słabego urodzaju udział drewna późnego w słoju rocznym oraz mniejsza gęstość właściwa drewna. Obliczono również, że wytworzenie 1 kg suchej masy organów rozmnażania generatywnego (szyszki, nasiona i resztki kwiatów męskich) powoduje utratę mniej więcej 3 kg suchej masy drewna [Chałupka 1998].

U sosny zwyczajnej zależność między procesami generatywnymi a przyrostem grubości pnia jest znacznie słabsza, ponieważ kwitnienie oraz dojrzewanie szyszek i nasion mają miejsce w dwóch kolejnych latach, a różnice pod względem obfitości obradzania są w obu tych latach nie są tak drastyczne jak w przypadku świerka [Chałupka 1993].

Ochrona zasobów genowych

Ochrona bierna i czynna

Wybrane populacje drzew leśnych uważane za naturalne i typowe dla danego obszaru chronione są przez prawo. Populacje te podlegają ochronie zwykle ze względu na ich wartość fenotypową, wiek bądź wartość zbiorowisk, które tworzą z innymi gatunkami na danym terenie. Przyjmuje się przy tym założenie, że chronione populacje lub zbiorowiska trwają od dawna i nie podlegały większym zmianom w czasie.

Przy kwalifikowaniu populacji drzew do ochrony nie ocenia się wartości genetycznej potomstwa, zakładając, że będzie ono w przyszłości takie samo, tzn. będzie się składać z równie pięknych bądź oryginalnych fenotypów. Postępowanie takie zakłada stałość zestawu genotypów (tzw. puli genowej) w chronionej populacji oraz jego wysoką jakość i niezmiennosc w kolejnych pokoleniach. Tak pojmowana ochrona zasobów genowych w parkach narodowych czy rezerwach ma charakter wyraźnie bierny. Tymczasem dynamiczny (z punktu widzenia genetycznego) charakter populacji powoduje m.in. wytwarzanie genetycznie odmiennego potomstwa w każdym cyklu rozmnażania generatywnego. Za każdym bowiem razem inny jest skład „chmury pyłkowej”, czyli zestaw puli genów ojcowskich i inny zestaw drzew z kwiatami żeńskimi. W ciągu dziesiątek czy setek lat swego istnienia populacja jako całość wytwarza tysiące zróżnicowanych genetycznie osobników potomnych, jednak tylko ograniczona i niewielka liczba spośród tej plejady osobników zastąpi kiedyś populację rodzicielską.

Udział pewnej liczby osobników rodzicielskich w tworzeniu puli genowej potomstwa w ciągu życia populacji może sprawić, że jej potomstwo będzie składać się z osobników pochodzących z chowu wsobnego. Tym samym ochrona określonych fenotypów, np. starego pięknego drzewostanu, w którym poszczególne osobniki są do siebie podobne pod względem jakości pni czy przyrostów, może być ochroną populacji osobników blisko ze sobą spokrewnionych. Chroniąc taką populację i jej odnowienie naturalne w sposób bierny, powodujemy tym samym wzrost wsobności w kolejnych pokoleniach, czyli zawężenie zakresu zmienności genetycznej. W związku z powyższym rodzą się pytania: *czy trzeba i czy warto w parkach narodowych i rezerwach ścisłych chronić całą pulę genową?*

Jak powiedziano wyżej, z punktu widzenia genetycznego populacja jest tworem dynamicznym. Oznacza to także, że istnieje nieprzerwana wymiana genów między daną populacją chronioną a jej otoczeniem. Jeśli jakaś chroniona populacja charakteryzuje się niewielką wartością genetyczną, np. pod względem cech jakościowych, to należy mieć świadomość, że przy jej odnowieniu naturalnym uzyskamy potomstwo również o słabej jakości (może nawet gorszej od jakości populacji rodzicielskiej). Trzeba także pamiętać, szczególnie w przypadku gatunków drzew wiatropylnych, że populacja taka staje się również dla swego otoczenia źródłem genów niezadowolającej jakości, „eksportując” je na znaczne odległości.

Z drugiej strony zachodzi zjawisko odwrotne, kiedy to z zewnątrz do chronionej populacji dociera pyłek wzbogacający różnorodność genetyczną jej potomstwa i wpływający (negatywnie lub pozytywnie) na jego wartość genetyczną. Na ogół, poza nielicznymi, specyficznymi przypadkami, chronione populacje nie są dostatecznie izolowane i ich zróżnicowanie genetyczne jest także w jakiejś mierze skutkiem stałej wymiany genetycznej z otoczeniem.

Naturalna ingerencja z zewnątrz w procesy rozmnażania generatywnego chronionej populacji danego gatunku drzewa i w proces jej różnicowania genetycznego dokonuje się w sposób ciągły i nie jesteśmy w stanie temu zjawisku przeciwdziałać. Równocześnie wiadomo, że działalność człowieka w sposób niezamierzony wywołuje bardzo poważne skutki również na obszarach podlegających ścisłej ochronie. Dość wspomnieć katastrofę czarnobylską czy może jeszcze ważniejsze, bo o nierozpoznanych skutkach, wieloletnie próby atomowe w atmosferze prowadzone w latach sześćdziesiątych XX wieku. Może mniej drastycznie, ale w podobny sposób oddziałują zanieczyszczenia chemiczne. Wszystkie takie oddziaływania zwiększają prawdopodobieństwo powstania defektów genetycznych także w populacjach chronionych. W konsekwencji wzrasta tzw. obciążenie genetyczne i pogłębia się degeneracja genetyczna populacji. Zatem, wbrew intencjom, niekontrolowana

ingerencja człowieka w naturalne procesy genetyczne w chronionych populacjach drzew jest faktem, przy czym skutki tej ingerencji są praktycznie wyłącznie negatywne. Wobec takiej sytuacji zasadne stają się pytania o możliwość i zakres rozumnego oddziaływania na procesy genetyczne zachodzące w populacjach chronionych. Naczelną zasadą ochrony jest zachowanie lub wzbogacanie bioróżnorodności. W parkach narodowych obowiązuje przede wszystkim zasada zachowania tego co jest. Nie wolno na tych obszarach wzbogacać bioróżnorodności poprzez wprowadzanie obcych gatunków lub ras. *Dlaczego jednak nie moglibyśmy świadomie i ze skutkiem pozytywnym sterować procesami genetycznymi i wzbogacaniem puli genowej w naturalnych populacjach drzew, które podlegają ochronie?*

Struktura genetyczna populacji chronionych – przykłady

Populacja tzw. modrzewia polskiego (*Larix decidua* subsp. *polonica* (Racib.) Domin) w rezerwacie na Chełmowej Górze składa się z osobników o charakterystycznych krzywiżnach pni (tzw. szablatość). Prowadzone badania genetyczne wykazały, że populacja ta powstała z niewielkiej liczby osobników i charakteryzuje się najniższym poziomem zmienności genetycznej spośród zbadanych dotąd populacji modrzewia europejskiego [Lewandowski 1995]. Można więc z dużą dozą pewności przyjąć, że jej potomstwo (jeśli w ogóle dojdzie do odnowienia naturalnego na wystarczającą skalę) będzie miało w dużej mierze charakter wsobny i będzie charakteryzowało się dużym obciążeniem genetycznym. Potomstwo tej populacji w doświadczeniach proweniencyjnych niezmiennie jest krzywe. *Czy wobec tego należy w ogóle chronić taką populację tylko ze względu na oryginalne krzywiżny pni? Czy nie można by ingerować w los tej populacji poprzez wprowadzenie nowych genotypów modrzewia polskiego z zewnątrz, czy też należy pozostawić ją swojemu losowi?*

Kolejny przykład to rezerwat cisa (*Taxus baccata* L.) w Wierchlesie. Populacja ta charakteryzuje się wysokim poziomem wewnątrzpopulacyjnej zmienności genetycznej [Lewandowski i in. 1995]. Wiadomo jednak, że mimo tej zmienności liczebność cisa w Wierchlesie stale maleje z powodu starzenia się populacji rodzicielskiej i braku odnowienia naturalnego (pojawiające się siewki masowo giną). Dzieje się tak jednak nie z powodu degeneracji genetycznej, ile raczej z powodu niekorzystnych zmian w środowisku. Jeśli przyjmiemy za jedną z koncepcji, że powodem zamierania siewek są grzyby zgorzeliowe, to trzeba będzie postawić pytanie: *czy powinniśmy ingerować w tę naturalną i chronioną populację poprzez stosowanie np. fungicydów, czy też nie? Jeśli nie, to jak uratować tę niewątpliwie cenną pulę genową? Czy można zebrać nasiona, przysposobić je do kiełkowania w sztucznych warunkach, wyhodować siewki w szkółce i posadzić je w innym drzewostanie, gdzie za następne 100 czy 200 lat będzie można oglądać piękny drzewostan ciso- wy, o takim samym, wysokim poziomie zróżnicowania genetycznego?*

Interesujące są także wyniki badań genetycznych dotyczące niektórych populacji jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w Sudetach. Analizy za pomocą metod genetyki biochemicznej wykazały, w przeciwieństwie do cisa, bardzo niski poziom wewnątrzpopulacyjnego zróżnicowania genetycznego, co może być związane z ograniczoną pulą genową tych populacji [Lewandowski i in. 2001]. Z perspektywy istniejącego w Sudetach programu ochrony zasobów genowych jodły, nasuwa się zatem pytanie *czy jest sensowna bierna ochrona populacji o tak wysokim stopniu wsobności, czy też należy podjąć aktywne działania w celu wzbogacenia jej różnorodności genetycznej?* Realizowany obecnie program restytucji jodły pospolitej w Sudetach daje pozytywną odpowiedź na to ostatnie pytanie.

Konieczność ochrony cennych pul genowych gatunków drzew prawnie chronionych nie podlega dyskusji. Ustalenie celu i sposobu postępowania jest jednak niezbędnym i podstawowym warunkiem podejmowania jakichkolwiek działań ochronnych. W każdym konkretnym przypadku należy przede wszystkim sprecyzować zakres tego, co ma podlegać ochronie: czy będzie to jakiś gatunek w całej swej bioróżnorodności, czy tylko pewien fragment jego zmienności genetycznej (populacja) wyróżniający się np. oryginalnym fenotypem, czy wybrany ekosystem ze względu na swą bioróżnorodność lub proces naturalnej sukcesji na danym terenie, czy walory krajobrazowe i turystyczne itp. Dopiero w następnej kolejności następuje wybór metod i środków.

Zasadą nie budzącą obecnie większych wątpliwości jest forma ochrony *ex situ*, tzn. poza miejscem występowania. Może to być ochrona w formie doświadczeń proweniencyjnych, upraw pochodnych, archiwów klonów czy banków genów. Oczywiście są wysokie koszty takiej formy ochrony. Siłą rzeczy objęcie nią tego wszystkiego, co znajduje się pod ścisłą ochroną prawną jest więc praktycznie niemożliwe, a dokonanie wyboru staje się koniecznością.

Znacznie trudniejsza do przyjęcia wydaje się obecnie zasada ochrony *in situ*, czyli w miejscu występowania, oznaczająca świadomą ingerencję mającą na celu sterowanie procesami genetycznymi i wzbogacanie bioróżnorodności genetycznej również w prawnie chronionych naturalnych populacjach drzew leśnych.

Wydaje się jednak, że z merytorycznego punktu widzenia nie jesteśmy jeszcze w pełni przygotowani ani do pierwszej, ani tym bardziej do drugiej formy ochrony zasobów genowych. Praktycznie bowiem, z niewielkimi wyjątkami, nie znamy charakterystyki genetycznej populacji drzew chronionych w naszych parkach narodowych czy rezerwach ścisłych. Brakuje w tym względzie w Polsce podstawowych badań nad strukturą genetyczną, zakresem zmienności genetycznej, interakcją genotypu ze środowiskiem, odziedziczalnością itd. Nie mamy więc dostatecznych podstaw naukowych, by dokonać wyboru tego, co powinno podlegać ochronie w pierwszej kolejności. Z powodu braku testów potomstwa nie mamy też podstaw do stwierdzenia, które pule genowe są rzeczywiście cenne. Wyjście poza dotychczasowe ramy statycznej ochrony zasobów genowych wymaga więc najpierw uzupełnienia istniejących luk w naszej wiedzy genetycznej. Tylko na takiej podstawie możliwy będzie świadomy wybór i skuteczna ochrona zasobów genowych chronionych populacji drzew leśnych.

Literatura

- Boydak M.** 1977. Researches on the seed crop of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) Eskisehir-Catacik forest region. PhD thesis. Istanbul Universitesi, Orman Fakültesi Yayin, 230.
- Cecich R.A., Kang H., Chalupka W.** 1994. Regulation of early flowering in *Pinus banksiana*. *Tree Physiol.*, 14, 275–284.
- Chalupka (Chalupka) W., Cecich R.A.** 1997. Control of the first flowering in forest trees. *Scand. J. For. Res.*, 12, 102–111.
- Chalupka W.** 1975. Wpływ czynników klimatycznych na urodzaj szyszek u świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.) w Polsce. *Arboretum Kórnickie*, XX, 213–225.
- Chalupka W.** 1977. Zagadnienia fizjologii wzrostu i rozwoju. [W:] Świerk pospolity – *Picea abies* (L.) Karst. red. S. Białobok. *Nasze Drzewa Leśne*, 5, PWN, Warszawa–Poznań 153–198.

- Chalupka W.** 1993. Fizjologia kwitnienia i obradzania. [W:] *Biologia sosny zwyczajnej*, red. S. Białobok, A. Boratyński, W. Bugała. Wyd. Sorus, Poznań–Kórnik, 112–125.
- Chalupka W.** 1998. Kwitnienie i obradzanie. [W:] *Biologia świerka pospolitego*, red. A. Boratyński, W. Bugała. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 157–170.
- Chalupka W., Giertych M.** 1973. Seed years in *Picea abies* (L.) Karst. *Arboretum Kórnickie*, 18, 183–186.
- Chalupka W., Giertych M., Królikowski Z.** 1975. The effect of cone crops on growth in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Arboretum Kórnickie*, XX, 201–212.
- Chalupka W., Krawiarz K.** 1979. Fizjologia wzrostu i rozwoju. [W:] *Brzozy – Betula* sp. L., red. S. Białobok. *Nasze Drzewa Leśne*, 7, PWN, Poznań, 123–147.
- Drejmanis A.A.** 1975. Izmenčivost' opada ženskich strobilov sosny obyknovennoj. [W:] *Genetičeskie issledovanija drevesnych w Latvijskoj SSR*. Zinatne, Riga, 89–93.
- Hagner S.** 1965. Cone crop fluctuation in Scots pine and Norway spruce. *Stud. Forest. Suec.*, 33.
- Hejnowicz A.** 1982. Budowa i rozwój wegetatywnych pąków sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* L. Instytut Dendrologii PAN, Kórnik.
- Holmsgaard E.** 1955. Årringsanalyser af danske skovtræer. *Forstl. Forsøgsvæesen Danmark*, XXII(1).
- Hustich I.** 1948. The Scotch pine in northernmost Finland. *Acta Bot. Fenn.*, 48, 1–75.
- Hyde H.A.** 1963. Pollen-fall as a means of seed prediction in certain trees. *Grana Palynologica*. 4(2), 217–230.
- Kantorowicz W.** 2000. Half a century of seed years in major tree species in Poland. *Silvae Genetica*, 49(6), 245–249.
- Kaplunowskij P.S.** 1972. Osobennosti plodonoženija bukovych lesov. *Lesovedenie*, 1, 51–61.
- Kozioł C., Krupski P.** 1994. Niezwykła deformacja szyszki świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.). *Rocz. Dendrol.*, 42, 129–130.
- Lewandowski A.** 1995. Modrzew polski – *Larix decidua* subsp. *polonica* (Racib.) Domin – struktura populacji oraz jego pochodzenie w świetle badań izoenzymowych. Instytut Dendrologii PAN, Kórnik.
- Lewandowski A., Burczyk J., Mejnartowicz L.** 1995. Genetic structure of English yew (*Taxus baccata* L.) in the Wierzchlas Reserve: implication for genetic conservation. *Forest Ecol. Manag.*, 73, 221–227.
- Lewandowski A., Filipiak M., Burczyk J.** 2001. Genetic variation of *Abies alba* Mill. in Polish part of Sudety Mts. *Acta Soc. Bot. Polon.*, 20(3), 215–219.
- Mergen F., Cutting S.G.** 1957. Male flowers on one-year-old Mugo pine seedlings. *For. Sci.*, 3, 355–356.
- Messer H.** 1956. Untersuchungen über das Fruchten der Fichte (*Picea abies* Karst.). [W:] *Fortschritte des forstlichen Saatgutwesens*. J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a/M. *For. Abstr.*, 1959, 20, nr 1705.
- Nikkanen T.** 2001. Reproductive phenology in a Norway spruce seed orchard. *Silva Fennica*, 35(1), 39–53.
- Niklas K.L., Paw U.K.T.** 1982. Pollination and air flow patterns around conifer ovulate cones. *Science*, 217, 442–444.
- Oleksyn J., Chalupka W., Tjoelker M.G., Reich P.** 1992. Geographic origin of *Pinus sylvestris* populations influences flowering and growth response to air pollution. *Water, Air and Soil Pollution*, 62, 201–212.

- Sarvas R.** 1955. Investigations into the flowering and seed quality of forest trees. Commun. Inst. Forest Fenn., 45.7.
- Sarvas R.** 1962. Investigations on the flowering and seed crop in *Pinus sylvestris*. Commun. Inst. Forest Fenn., 53.4.
- Sarvas R.** 1968. Investigations on the flowering and seed crop of *Picea abies*. Commun. Inst. For. Fenn., 67.5.
- Sarvas R.** 1972. Investigations on the annual cycle of development of forest trees. Active period. Commun. Inst. For. Fenn., 76.3.
- Sarvas R.** 1974. Investigations on the annual cycle of development of forest trees. II. Autumn dormancy and winter dormancy. Commun. Inst. For. Fenn., 84.1.
- Santamour F.S.** 1959. Bisexual conelets in spruce. Morris Arb. Bull., 10(1), 10–11.
- Wareing P.F.** 1959. Problems of juvenility and flowering in trees. Journ. Linn. Soc. (Bot.), 56, 282–289.

Idea regionalnych banków genów

Janusz Sabor*

Zachowanie zasobów genowych to wszelkie działania mające na celu zachowanie wewnątrz- i między populacyjnego zróżnicowania genetycznego. Zróżnicowane zasoby genowe pozwalają na racjonalną i skuteczną hodowlę selekcyjną. Różnorodność genetyczna jest bazą dla procesów adaptacji i zwiększenia szans przeżycia. Czynniki biotyczne powodujące zagrożenie zróżnicowania genetycznego wywołują wypieranie rodzimych populacji przez populacje obce, zanieczyszczenie pyłkiem obcego pochodzenia, a także zablokowanie czynników genetycznych (*Program zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej w Polsce na lata 1991–2000*; Matras i in. [1993]).

Założenia programowe regionalnych banków genów

Program zachowania zasobów genowych w regionalnych bankach genów obejmuje działania polegające na ocenie struktury i wartości genetycznej drzewostanów oraz techniki zachowania najlepszych populacji w formie *in vivo*, tj. w postaci upraw zachowawczych ich generatywnego potomstwa wegetatywnego.

Ocena wartości genetycznej oparta jest na ocenie rodzimoci populacji, klas bonitacji biologicznie dojrzałych drzewostanów na jednolitym siedlisku (ten sam typ siedliskowy lasu), określeniu udziału zmienności genetycznej w zmienności fenotypowej (doświadczenia proveniencyjne), ocenie plastyczności (efekt interakcji „genotyp × lokalizacja”) oraz wartości ekonomiczno-hodowlanej i odpornościowej populacji cząstkowych na podstawie przyjętych indeksów selekcyjnych.

Określenie struktury genetycznej populacji za pomocą markerów genetycznych izoenzymowych i terpenowych pozwala na ustalenie zróżnicowania podstawowych jej charakterystyk: poziomu heterozygotyczności, poziomu samozapłodnienia, systemu kojarzenia, odrębności genetycznej (dystans genetyczny Nei’a), występowania tzw. alleli rzadkich, a na tej podstawie inwentaryzacji wartościowych populacji cząstkowych (test wykluczenia Backmanna).

Ocena stopnia zagrożenia środowiskowego oraz wybór kryteriów selekcji populacji chronionych powinny być prowadzone w aspekcie przyjętego programu selekcji, zagrożeń biotycznych, emisji SO₂, NO_x oraz wskaźnika defoliacji na obszarze określonym specyficznymi warunkami przyrodniczymi (strefy uprawowe, dzielnice i krainy przyrodniczo-leśne).

Założenia teoretyczne oceny wartości genetyczno-hodowlanej populacji cząstkowych omówiono szerzej w opracowaniu: *Rola doświadczeń proveniencyjnych w poznaniu zmienności wewnątrzgatunkowej drzew leśnych oraz w ocenie wartości genetyczno-hodowlanej poszczególnych populacji cząstkowych* (zob. w niniejszej monografii s. 99–113).

* Katedra Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych, Akademia Rolnicza im. H. Kollątaja w Krakowie

Wybór metody zachowania zasobów genowych w leśnych regionalnych bankach genów zależy od przyjętych programów hodowlano-selekcyjnych.

W zależności od stopnia zagrożenia populacji (zob. w niniejszej monografii, s. 553, rycinę 3 w opracowaniu W. Fondera: *Realizacja programu zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew leśnych w Polsce na lata 1991–2010*) przy zakładaniu archiwów klonowych, rodowych i pochodzeniowych oraz upraw zachowawczych i interakcyjnych tworzących „żywy bank genów” przyjmuje się metody postępowania *ex situ* i *in situ*. W przypadku słabego zagrożenia populacji objętej ochroną powierzchniowo potomne zakłada się w miejscu, w którym zlokalizowany jest zagrożony drzewostan (*in situ*), natomiast gdy stopień zagrożenia jest duży, uprawy zachowawcze wyprowadza się poza strefę wpływu czynników szkodliwych (*ex situ*). Programy te mają charakter krótko i długoterminowej ochrony zasobów genowych. Do realizacji programów zachowania zasobów genowych wykorzystywana jest istniejąca infrastruktura przechowalnicza i szkółkarska.

Zachowanie zasobów genowych w regionalnych bankach genów

Karpacki Bank Genów

Aktualny stan lasów karpackich, ich bogactwo gatunkowe, różnorodność siedliskowa, duża lesistość oraz wielofunkcyjny model zagospodarowania powodują konieczność zastosowania na terenach górskich odrębnych metod selekcji i zabezpieczania najwartościowszych genetycznie populacji drzew w programie regionalnego Karpackiego Banku Genów. Program selekcji opracowany głównie dla jodły, świerka, sosny i buka, a także dla gatunków domieszkowych [Sabor 2002], łączy permanentny wybór drzew i drzewostanów przy zachowaniu zmienności zapewniającej trwałość produkcji, weryfikację ich potomstwa w doświadczeniach proweniencyjnych i właściwą metodę rozmnażania. Ocena jakości genetycznej górskich populacji drzew leśnych w Karpatach wykazuje w przypadku drzewostanów biologicznie dojrzałych wszystkich gatunków dużą zmienność bonitacyjną, sięgającą w ramach określonego typu siedliskowego pięciu klas. Zmienność ta, stwierdzona fenotypowo w jednolitych warunkach siedliskowych przy założonym efekcie interakcyjnym obejmującym całą Krainę Karpacką, spowodowana jest efektem genotypowym. Analiza struktury dojrzałych biologicznie drzewostanów karpackich wykazuje znacznie lepszą jakość genetyczną gatunków iglastych takich, jak sosna, świerk i jodła w porównaniu z jakością buka. Buczyny karpackie, które w wyniku wielopokoleniowej, rabunkowej eksploatacji są pod względem genetycznym słabej jakości, nie powinny być odnawiane w sposób naturalny [Bałut i in. 1987, Sabor i Zuchowska 2002]. Ocena karpackich gatunków lasotwórczych, m.in. jodły w doświadczeniu proweniencyjnym Jd PL 1986/90, wykazuje dobrą jakość populacji tego gatunku z Roztocza, Beskidu Sądeckiego i Gorców. Do szczególnie cennych zaliczane są proweniencje z Powroźnika w Beskidzie Sądeckim, Berestu w Beskidzie Niskim i Jaworzyny w Gorcach [Skrzyszewska 1997]. W przypadku świerka wyniki doświadczenia IUFRO 1964/68 w Krynicy wskazują na bardzo dużą wartość genetyczną górskich świerczyn z Istebnej i Wisły w Beskidzie Śląskim, z Ujsoł, Rycerki i Węgierskiej Górki w Beskidzie Żywieckim oraz świerka orawskiego, a także niektórych proweniencji niżowych i pochodzeń z Karpat ukraińsko-rumuńskich [Sabor 1995, 1999a, 2003]. Badania nad sosną dokumentują dobrą jakość sośnin z Pogórza, tzw. sosny wdziałowej, a w doświadczeniu w Polanach koło Grybowa również niektórych populacji niżowych sosny mazurskiej [Sabor 1995].

Założenia programowe regionalnego Karpackiego Banku Genów zostały określone w opracowaniu *Selekcja i zachowanie najwartościowszych genotypów w programie Karpackiego regionalnego banku genów* [Sabor 1996], natomiast ideę i metodykę zakładania regionalnych banków genów przedstawiają prace zawarte w Zeszytach Leśnego Banku Genów Kostrzyca, obejmujące koreferaty Seminarium na temat „Testowanie potomstwa”, jakie odbyło się w Leśnym Banku Genów Kostrzyca 27 kwietnia 2000 r., na którym wygłoszono referaty programowe: *Metodyka sporządzania regionalnych programów zachowania leśnych zasobów genowych* [Korczyk 2000] i *Opracowanie programu i metodyki testowania potomstwa z wyłączonych drzewostanów nasiennych i plantacji poprzez zakładanie upraw porównawczych w nadleśnictwach* [Sabor i Skrzyszewska 2000].

Ochrona i ocena genetyczno-hodowlana w ramach Karpackiego Banku Genów obejmuje populacje cząstkowe (drzewostany) głównych i domieszkowych gatunków lasotwórczych, stanowiących potencjalną bazę nasienną w Krainie Karpackiej w górskich nadleśnictwach Regionalnych Dyrekcji Lasów Państwowych w Krośnie, Krakowie i Katowicach. Wykaz nadleśnictw objętych badaniami i ochroną leśnych zasobów genowych przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Nadleśnictwa i parki narodowe w Krainie Karpackiej objęte ochroną w Karpackim Banku Genów

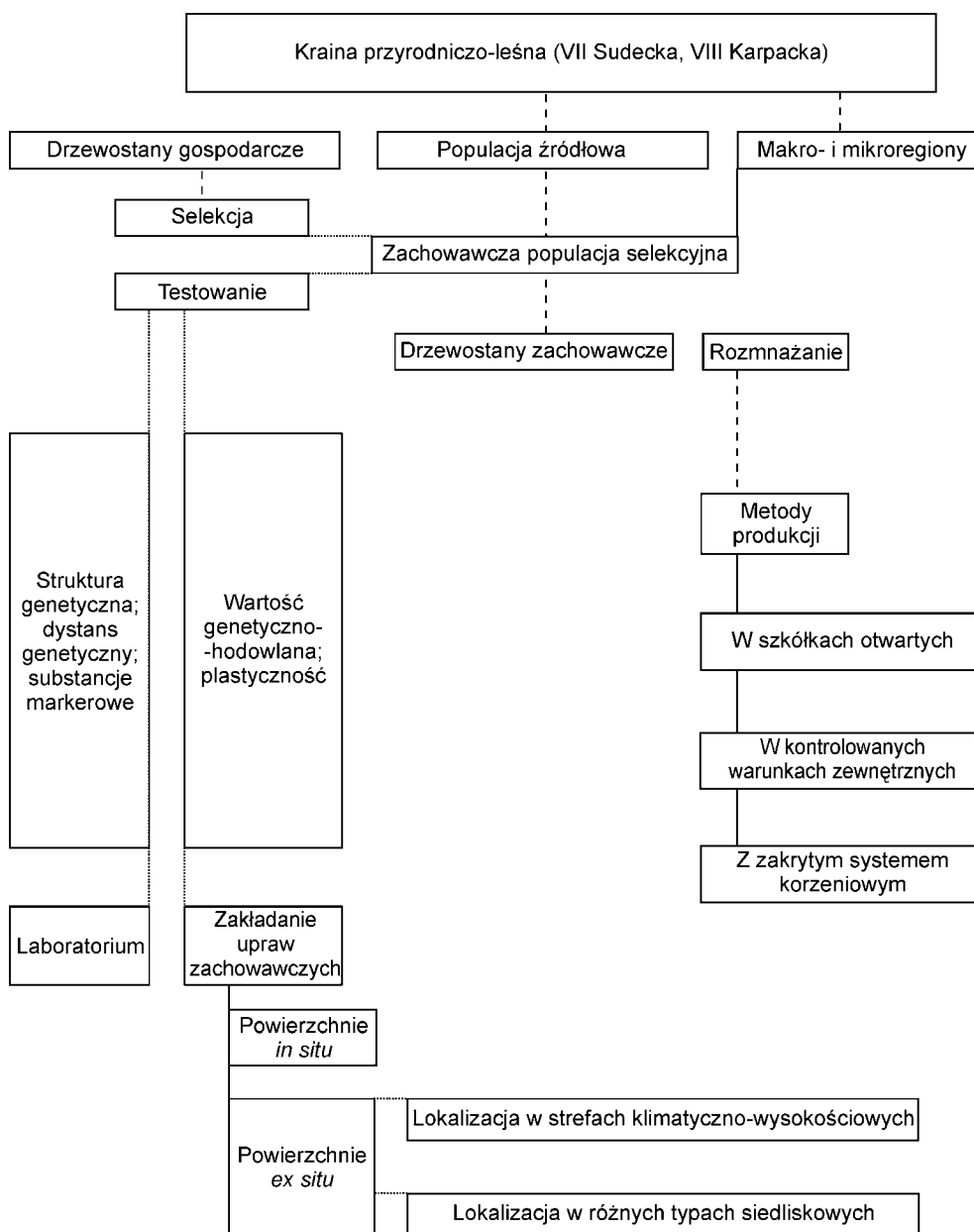
Lp.	RDLP	Nadleśnictwo	Makroregion nasienny	Mikroregion nasienny
1	Krosno	Baligród	522/8	806
2		Bircza	522/8	804
3		Brzegi Dolne	522/8	806
4		Brzozów	513/8	804
5		Cisna	522/8	806
6		Dukla	513/8	852 (obr. 62) 854 (obr. 61, 63)
7		Dynów	513/8	804
8		Kańczuga	513/8	852
9		Kołaczyce	513/8	852
10		Komańcza	522/8	806
11		Krasiczyn	513/8	804
12		Lesko	522/8	806
13		Lutowiska	522/8	806
14		Rymanów	513/8	809
15		Strzyżów	513/8	852
16		Stuposiany	522/8	807
17		Wetlina	522/8	806
18	Kraków	Brzesko	513/8	852
19		Dębica	513/8	852 (obr. 41)
20		Gorlice	513/8	854
21		Gromnik	513/8	852

Tabela 1. Cd.

Lp.	RDLP	Nadleśnictwo	Makroregion nasienny	Mikroregion nasienny
22	Kraków	Krościenko	513/8	803
23		Limanowa	513/8	803 (obr. 111) 851 (obr. 112)
24		Łosie	513/8	854
25		Myślenice	513/8	851 (obr. 152) 853 (obr. 151)
26		Nawojowa	513/8	803
27		Nowy Targ	514/8	803
28		Piwniczna	513/8	803
29		Stary Sącz	513/8	803 (obr. 242) 851 (obr. 241)
30		Katowice	Andrychów	513/8
31	Bielsko		513/8	801
32	Jeleśnia		513/8	853
33	Sucha		513/8	853
34	Ujsoły		513/8	808
35	Ustroń		513/8	801 (obr. 352, 353)
36	Węgierska Górka		513/8	801 (obr. 361) 808 (obr. 362)
37	Wisła		513/8	802
38	Parki Narodowe		Babiogórski PN	513/8
39		Gorczański PN	513/8	803
40		Pieniński PN	513/8	803
41		Tatrzański PN	514/8	810
42		Bieszczadzki PN	522/8	807
43		Magurski PN	513/8	854
44	Leśny Zakład Doświadczalny w Krynicy		513/8	803

W skład Karpackiego Banku Genów (KBG) w Krynicy wchodzi trzy Terenowe Stacje do przechowywania depozytów nasion i sadzonek oraz powierzchnie (archiwa) zachowawcze populacji selekcyjnych gatunków lasotwórczych i domieszkowych Karpat oceniające wartość genetyczną i gospodarczą wyłączonych drzewostanów nasiennych (po trzy w każdym RDLP) zakładane w zróżnicowanych warunkach siedliskowych poszczególnych Dzielnic Krainy Karpackiej. Schemat ideowy KBG przedstawia rycina 1.

Podstawowym zadaniem Stacji Terenowych KBG jest gromadzenie leśnego materiału rozmnożeniowego (nasiona, sadzonki), testowanie potomstwa lokalnych populacji selekcyjnych (drzewostany nasienne i drzewa doborowe) w archiwach i na powierzchniach zachowawczych, a także tworzenie banku informacji genetycznej o drzewostanach karpackich.



Ryc. 1. Schemat ideowy zakładania Karpackiego Banku Genów

Lokalizację stacji regionalnego Karpackiego Banku Genów oraz zakres ich działania przedstawiono na rycinie 2.



Ryc. 2. Lokalizacja oraz zakres działania stacji Karpackiego Banku Genów

I Stacja Terenowa Wyrchzadeczka Karpackiego Banku Genów w Nadleśnictwie Wisła utworzona dla zachodniej części Karpat obejmuje swym zasięgiem górskie nadleśnictwa RDLP w Katowicach w mikroregionach 801, 802 i 808, gdzie na szczególną rolę zasługuje populacja tzw. świerka istebniańskiego. Materiał reprodukcyjny z tego regionu zalecany jest do wykorzystania w 50 nadleśnictwach kraju, stanowi również ważny, potencjalny przedmiot eksportu. Obiekt ten już w chwili obecnej posiada znaczącą z punktu widzenia ochrony leśnych zasobów genowych infrastrukturę techniczną w postaci gospodarstwa szkółkarsko-selekcyjnego oraz zaplecza doświadczalno-badawczego, jakie tworzy archiwum potomstwa 45 drzewostanów nasiennych zlokalizowanych w Leśnictwach Dziechcianka, Czarne i Malinka obrębu Wisła oraz Gańczorka, Zapowiedź, Jaworzynka i Bukowiec obrębu Istebna Nadleśnictwa Wisła. Ważnym uzupełnieniem obiektu jest Muzeum Świerka Istebniańskiego oraz Ośrodek Edukacji Ekologicznej w Istebnej, gromadzące materiały dokumentacyjne oraz eksponaty związane z działalnością gospodarczą i badawczą prowadzoną w drzewostanach Beskidu Śląskiego.

Celem założenia I Stacji Terenowej jest objęcie ochroną drzewostanów świerkowych rasy istebniańskiej na poziomie ekotypowym i genetycznym oraz ocena wartości genetycznej i hodowlanej jej populacji cząstkowych mające na celu restytucję zagrożonych populacji selekcyjnych (drzewostany nasienne, drzewa doborowe), ich zagospodarowanie oraz prawidłową przebudowę umożliwiającą zachowanie najwartościowszych genotypów, a jednocześnie wzmocnienie odporności świerczyn Beskidu Śląskiego poprzez zwiększenie udziału w składzie gatunkowym innych gatunków iglastych, głównie jodły, oraz liściastych gatunków domieszkowych.

Szczegółowymi kierunkami działalności Stacji otwartej 29 czerwca 2001 r. są:

- typowanie najcenniejszych drzewostanów do wyłączenia z użytkowania rębego (WDN);
- ochrona najbardziej odpornych na szkodliwe czynniki środowiska zachowawczych drzewostanów liściastych (powyżej 200 lat życia) i iglastych (powyżej 150 lat);
- gromadzenie zapasów i depozytów nasion z drzewostanów zagrożonych o uznanej wartości genetycznej;
- zakładanie archiwów, plantacji i plantacyjnych upraw nasiennych;

- testowanie potomstwa drzewostanów i drzew doborowych;
- opracowanie zasad genetycznej przebudowy świerczyn beskidzkich;
- zabezpieczenie kwalifikowanego materiału odnowieniowego dla potrzeb przebudowy [Program Beskidy 2003].

W dalszej kolejności Stacja podejmie zadania związane z zachowaniem wartościowych populacji drzew w karpackich nadleśnictwach górskich w ramach *Programu Beskidy* [2003] w Dzielnicy Beskidu Śląskiego i Małego, Dzielnicy Beskidu Żywieckiego oraz Dzielnicy Beskidu Makowskiego i Wyspowego według zasad regionalizacji wysokościowej i powierzchniowej [Konferencja... 2001].

Dla środkowej części Karpat populacjami o udokumentowanej wartości genetyczno-hodowlanej są jodła sądecka oraz świerk orawski. W celu ochrony tego świerka, a także zachowania zasobów genowych licznych wartościowych z hodowlanego punktu widzenia populacji drzew innych gatunków tej krainy przyrodniczo-leśnej [Sabor i Różański 2002], m. in. tzw. sosny wdziarowej, wyspowych stanowisk reliktovej sosny górskiej, modrzewia oraz jodły karpackiej, utworzono II Stację regionalnego Karpackiego Banku Genów na bazie Gospodarstwa Szkółkarskiego w Jodłówce (Nadleśnictwo Brzesko). Jodłę karpacką, przede wszystkim pochodzenia z Beskidu Sądeckiego, Gorców i Beskidu Niskiego, w świetle wieloletnich badań oprócz pochodzeń roztoczańskich zalicza się do najlepszych w Polsce. Do elity należą pochodzenia z Powroźnika w Beskidzie Sądeckim, Berestu w Beskidzie Niskim oraz z Jaworzyny w Gorcach. W Gospodarstwie Jodłówka istnieje już bogate zaplecze techniczne w postaci magazynów szyszek i nasion, wyluszczeni selekcyjnej BCC, pomieszczeń socjalnych, chłodni. Część kwater produkcyjnych szkółki może być wykorzystana do zakładania archiwów pochodzeniowych potomstwa najcenniejszych populacji drzew tej części Karpat (Dzielnica Gorców i Beskidu Sądeckiego, Dzielnica Podhala, Dzielnica Tatr). W chwili obecnej w Jodłówce została założona plantacyjna uprawa nasienna sosny czarnej (RDLP Kraków, IBL), powierzchnia proveniencyjno-rodowa z dębem szypułkowym (RDLP Kraków, Katedra Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych AR w Krakowie, IBL), archiwum świerka pospolitego ze szczepów reprezentujących klony najlepiej przyrastających drzew selekcyjnych doświadczenia IPTNS-IUFRO 1964/68 w Krynicy (Katedra Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych AR w Krakowie) oraz plantacyjna uprawa nasienna modrzewia (RDLP Kraków, IBL).

Dla wschodniej części Karpat utworzono III Stację regionalnego Karpackiego Banku Genów w oparciu o istniejącą infrastrukturę przechowalni w Nadleśnictwie Dukla. Stacja ta obejmuje działaniem środkową i wschodnią część Karpat polskich, a głównym jej celem jest ochrona zasobów genetycznych drzewostanów buka karpackiego. Aktualnie prowadzone badania wykazują występowanie wartościowych populacji tego gatunku w Beskidzie Sądeckim i w Dzielnicy Pogórza Środkowobeskidzkiego. Zadaniem Stacji w Dukli będzie również zachowanie populacji tzw. świerka wschodniego (Tarnawa). W chwili obecnej przechowalnia jest dobrze wyposażona w sprzęt laboratoryjny, posiada chłodnię, a także powierzchnie szkółkarskie. Od lat przechowuje się w niej długoookresowo nasiona buka według metody prof. Bolesława Suszki.

Celem zakładanych powierzchni zachowawczych jest ochrona zasobów *in vivo* oraz testowanie potomstwa drzew i drzewostanów, następnie opracowanie zasad racjonalnego wykorzystania regionalnej bazy nasiennej wyznaczonej nasiennymi regionami matecznymi oraz określenie obszaru możliwego transferu wyznaczonego regionalizacją powierzchniową i wysokościową. Zasady te powinny być oparte na podstawach genetycznych. Zakładanie powierzchni zachowawczych i gospodarczych oraz testowanie i ochrona potomstwa odbywać się będzie według metodyki opracowywanej przez Zespół ds. Opracowania

Programu Testowania Potomstwa Drzew Leśnych, powołany zarządzeniem nr 44 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych uchwałą z dnia 18 kwietnia 2003 r.

Aktualnie założone jest dziewięć powierzchni zachowawczych jodły w większości dzielnic Krainy Karpackiej – po trzy w Regionalnych Dyrekcjach Lasów Państwowych w Katowicach (Nadleśnictwa Wisła, Andrychów, Sucha), w Krakowie (Nadleśnictwa Nowy Targ, Krościenko, Nawojowa) i Krośnie (Nadleśnictwa Rymanów, Baligród, Bircza). Planowane jest również założenie powierzchni w LZD Krynica. Charakterystykę tych powierzchni i ich lokalizację przedstawiono w tabeli 2 i na rycinie 3. Jodłę reprezentuje potomstwo 42 drzewostanów karpackich, w tym standard krajowy tego gatunku (pochodzenie Powroźnik), a także standard lokalny, wskazany przez lokalną administrację LP. Potomstwo to charakteryzuje 570 rodów oraz 4 zbiory gospodarcze, głównie karpackich wyłączonych drzewostanów nasiennych (tab. 3, ryc. 4). Wsadzony jesienią w październiku 2003 r. materiał badawczy to asortyment 2/2 wyhodowany na podłożu trocinowo-torfowym w inspektach Nadleśnictwa Nawojowa (Szkółka Feleczyń).

Tabela 2. Charakterystyka i lokalizacja powierzchni zachowawczych jodły pospolitej Karpackiego Banku Genów

Numer powierzchni	Nadleśnictwo	Obręb	Leśnictwo	Oddział	Współrzędne geograficzne		Wysokość n.p.m.	Region geograficzny	Makroregion nasienny	Mikroregion nasienny
					długość	szerokość				
1	Wisła	Wisła	Białe	132a	49°17'	18° 59'	830	Beskid Śląski	513/8	802
2	Andrychów	Porąbka	Międzybrodzie, „Uroczysko pod Wiażem”	148a	49°46'	19° 05'	825	Beskid Mały	513/8	851
3	Sucha	Zawoja	Policzne	102d	49°36'	19° 32'	750	Beskid Żywiecki	513/8	853
4	Nowy Targ	Rabka	Rabka „Uroczysko Krzywoń”	13h	49°35'	20° 05'	530-550	Gorce	514/8	805
5	Krościenko	Szczawnica	Jaworki	102	49°24'	20° 31'	820-870	Beskid Sądecki (Małe Pieniny)	513/8	803
6	Nawojowa	Grybów	Berest	136a, b, h	49°00'	20° 58'	600-650	Beskid Niski	513/8	803
7	Rymanów	Jaśliska	Lipowiec	145l	49°24'	21° 46'	620	Beskid Niski	-	-
8	Baligród	Baligród	Czarne	203Aa	49°19'	22° 14'	560	Bieszczady	522/8	806
9	Bircza	Wojtkowa	Arlamów	14k, m	49°35'	22° 38'	500	Pogórze Przemyskie	513/8	804



Ryc. 3. Lokalizacja powierzchni zachowawczych z jodłą pospolitą Karpackiego Banku Genów

Tabela 3. Lokalizacja i charakterystyka drzewostanów macierzystych jodły pospolitej. Karpacki Bank Genów

RDLP	Nadleśnictwo	Nr drzewostanu	Leśnictwo	Oddział	Pow. [ha]	Wiek w 1999 r.	Współrzędne geograficzne		
							długość	szerokość	wysokość
Katowice	Ustroń	1	Dobka	33d	7,24	141	18° 52'	49° 42'	505–645
		2	Bukowa 1	61m	1,93	156	18° 58'	49° 43'	550–750
		3	Bukowa 2	66h	2,92	156	18° 58'	49° 43'	525–575
	Węgierska Góra	4	Barania	248c	4,76	140	19° 02'	49° 35'	700
	Sucha	5	Tarnawa	93a	11	124	19° 34'	49° 47'	D75–650
		6	Jasień	130h	7,15	109	18° 51'	49° 43'	625–650
Kraków	Myślenice	7	Ukleina	138f	13	122	19° 58'	49° 49'	260–540
	Limanowa	8	Lubogoszcz	104gh	22,82	120	20° 06'	49° 42'	650
	Krościenko	9	Grywałd	184h 185a	10,94 18,72	117	20° 22'	49° 28'	725–910
		10	Szczawnica	93c 94a	11,17 10,06	112	20° 32'	49° 26'	600–800
	Stary Sącz	11	Jazowsko	44c	11	109	20° 29'	49° 34'	420–650
		12	Chelmiec	138d 139b	9,30 15,55	84 89	20° 34'	49° 39'	500–575
		13	Kamieniec	41b,c 42c 43a	27,74 22,87 29,57	79 79 84	20° 36'	49° 34'	400–440
		14	Przysietnica	142l	7,51	139	20° 60'	49° 50'	540–660
	Piwniczna	15	Łomnica	17j	8,46	140	20° 46'	49° 27'	500–730
		16	Runek	81c	24,01	115	20° 49'	49° 25'	625–825

Tabela 3. Cd.

RDLP	Nadleśnictwo	Nr drzewostanu	Leśnictwo	Oddział	Pow. [ha]	Wiek w 1999 r.	Współrzędne geograficzne		
							długość	szerokość	wysokość
Kraków	Gromnik	17	Bieśnik	59b	6,25	92	20° 38'	49° 45'	375–475
	Nawojowa	18	Feleczyn	348a	13,46	100	20° 50'	49° 28'	525–625
		19	Uhrvní	324h	5,66	120	20° 52'	49° 28'	750–850
		20	Florynka	76d, 77a, d	10,00 18,00	120-130	20° 54'	49° 40'	500–575
		21	Berest - 1	150h	8	105	20° 57'	49° 33'	625–760
		22, 23	Berest - 2	151b	3,51	110	20° 57'	49° 33'	575–675
		23	Polany	128j	7,3	100	21° 01'	49° 26'	520–620
	LZD Krynica	24	Powroźnik	115b	17,85	130	20° 59'	49° 22'	–
		25	Tylicz	114c	17,52	120	20° 60'	49° 22'	–
		Łosie	26	Kwiatów	209d, 210f, 213a	15,00 6,14 10,34	100	22° 00'	49° 30'
Krosno	Rymanów	27	Szachty	36a, 37a, 38a	23,05 12,73 24,22	120 125 125	21° 53'	49° 26'	500
	Brzozów	28	Nowiny	89b	–	112	22° 13'	49° 38'	–
	Lesko	29	Malinki	14a	44	111	22° 17'	49° 30'	320–340
		30	Czarny Dział	37f	23,59	100	22° 24'	49° 30'	500
		31	Gruszka - 1	110h	11,61	90	22° 17'	49° 27'	380–400
		32	Gruszka - 2	120b	10	107	22° 18'	49° 27'	400–450
		33	Gruszka - 3	126c	10	113	22° 17'	49° 27'	400–450
	Baligród	34, 35	Kolonice	149a	10,31	129	22° 17'	49° 17'	560–740
		35	Kalnica	206c	43,31	107	22° 11'	49° 19'	570–700
	Bircza	36	Wojtkówka	122a	–	108	22° 34'	49° 34'	425–500
	Krasieczyn	37	Olszany	154b	–	100	22° 39'	49° 44'	340–360
		38	Cisowa	172Ab	9,84	103	22° 36'	49° 42'	360
	Stuposiany	39	Czereszenka	19g, 19Aa	8,43 6,13	137 133	22° 41'	49° 09'	640–740
	Magurski PN	–	Kąty	84b	–	–	21° 32'	49° 33'	450
Narol	41	Kadłubiska	29a, 30a	12,48 10,40	133f	23° 10'	50° 18'	–	
Pochodzenie lokalne		42	Standard lokalny						

Populację potomstwa 19 drzewostanów i 50 rodów buka objętego ochroną w Karpackim Banku Genów scharakteryzowano w tabeli 4 i na rycinie 5. Jesienią 2003 r. wysadzono sadzonki 2/0 k na powierzchniach w Nadleśnictwach Rymanów i Sucha Beskidzka według schematu przedstawionego na rycinie 1.



Ryc. 4. Lokalizacja drzewostanów jodlowych objętych ochroną w karpackim Banku Genów

Tabela 4. Lokalizacja i charakterystyka drzewostanów macierzystych buka z RDLP objętych ochroną w Karpackim Banku Genów

RDLP	Nadleśnictwo	Nr poch. w KBG	Leśnictwo	Oddział	Pow. [ha]	Wiek w 2001 r.	Współrzędne geograficzne		Wysokość n.p.m.
							długość	szerokość	
Katowice	Ustróż	1	Czantoria	61a	6,72	120	18° 48'	49° 41'	500–675
		2	Bukowa	65b	4,87	130	18° 58'	49° 43'	550–625
	Wisła	3	Malinka	143b	–	–	18° 58'	49° 39'	–
	Bielsko	4	Jaworze	188a	12,13	–	18° 55'	49° 46'	–
	Andrychów	5	Inwałd	198a	–	–	19° 24'	49° 51'	–
	Sucha	6	Granica	234b	10,03	130	19° 27'	49° 41'	610–700
Kraków	Nawojowa	7	Feleczyn 1	340c	21,84	110	20° 50'	49° 28'	750–990
		8	Feleczyn 2	354n	4,91	150	20° 51'	49° 28'	770–860
		9	Nawojowa	–	–	–	–	–	–
	Gromnik	10	Kopanina	110c	15,06	115	21° 11'	49° 51'	350–430
	Łosie	11	Szymbark	14a	21,19	95	21° 05'	49° 35'	520–580
		12	Bielanka	25b	30,00	105	21° 08'	49° 36'	400–600
Krosno	Rymanów	13	Posada	15a	5,00	–	–	–	–
		14	Zarszyńska	15a	11,00	121	21° 57'	49° 34'	350–375
	Lesko	15	Średnie Wielkie	81c	16,00	98	22° 17'	49° 27'	500–550
	Kańczuga	16	Hadle	126a	10,98	143	22° 50'	49° 59'	320–350
	Bircza	17	Posada Rybotycka	62c	18,33	107	22° 34'	49° 42'	425–475
				63b, c	22,44	112			
				64b	41,49	107			
	Lutowiska	18	Jawornik	63a	20,14	107	22° 33'	49° 12'	620–680
Krasiczyn	19	Korytniki	131a	10,48	132	22° 38'	49° 47'	300	



Ryc. 5. Lokalizacja drzewostanów bukowych objętych ochroną w Karpackim Banku Genów

Przewidywane wyniki, to:

- zachowanie istniejącej bazy genetycznej drzew głównych gatunków lasotwórczych w górskich populacjach Karpat;
- aktualna ocena genetyczna i zachowanie najwartościowszych populacji jodły karpackiej, buka i innych gatunków lasotwórczych;
- opracowanie programów selekcyjnych i możliwość poprawy struktury genetycznej drzewostanów Karpat;
- ustalenie możliwości bezpiecznego transferu i eksportu najwartościowszego materiału reprodukcyjnego;
- opracowanie informacyjnego banku danych leśnej bazy genetycznej dla jodły, buka, świerka i sosny w Karpatach;
- przygotowanie kwalifikowanego materiału odnowieniowego dla programów przebudowy świerczyn oraz drzewostanów przedplonowych z sosną i olszą na podstawie doboru selekcyjnego;
- optymalizacja realizowanych aktualnie przez Lasy Państwowe programów w zakresie doskonalenia gospodarki leśnej na podstawach ekologicznych, działania Leśnego Banku Genów Kostrzyca, *Programu zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew leśnych w Polsce na lata 1991-2010*, regionalizacji nasiennej oraz dostosowania polityki leśnej do wymagań Unii Europejskiej.

Bank Genów Buka Zwyczajnego (w RDLP w Katowicach)

Studia nad wartością genetyczną bazy nasiennej buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) na terenach podległych administracyjnie RDLP w Katowicach oraz badania wartości hodowlanej populacji cząstkowych tego gatunku rozpoczęto w 1995 r. W wyniku przeprowadzonych badań i ekspertyz dyskutowanych podczas spotkań roboczych i sympozjalnych wytypowano i zlokalizowano najbardziej cenne pod względem wartości hodowlanej populacje buka w pięciu mikroregionach nasiennych (tab. 5) jako materiał do założenia

regionalnego banku genów tego gatunku. W konkluzji spotkań odbytych w 1996 r. przyjęto program praktycznej realizacji Banku Genów Buki Zwyczajnego (RDLP w Katowicach) w oparciu o rozbudowywaną infrastrukturę techniczną Nadleśnictwa Bielsko (przechowalnia nasion, aparatura laboratoryjna itp.), cenną bazę nasienną (górskie bukowe wyłączone drzewostany nasienne i drzewa doborowe) oraz wykwalifikowaną kadrę pracowniczą.

Przyjęty program uwzględnia następujące cele:

- założenie powierzchni archiwów regionalnego Banku Genów Buki Zwyczajnego (BGBZ) w zróżnicowanych strefach uprawowych na terenach RDLP w Katowicach;
- ocenę potomstwa reprezentującego wyłączone drzewostany nasienne i drzewa doborowe w różnych makroregionach stref uprawowych: w strefie I – w Nadleśnictwach Bielsko, Pszczyna, Rudziniec, Żłoty Potok i Kłobuck, w strefie II – w Nadleśnictwach Prudnik, Prószków, Opole, Olesno i Brzeg;
- opracowanie zasad zagospodarowania kwalifikowanej bazy nasiennej buki i jej ochrony na terenach podległych RDLP w Katowicach.

Tabela 5. Lokalizacja pochodzeń nasion buki z mikroregionów nasiennych 801, 555, 556, 557, 558. Materiał testowany w regionalnym Banku Genów Buki Zwyczajnego (RDLP w Katowicach)

Nadleśnictwo	Leśnictwo	Oddział	Mikroregion	Źródło nasion
Bielsko	Jaworze	178f	801	DNW
Bielsko	Jaworze	187a	801	DNW
Bielsko	Kamienica	89m	801	DNW
Bielsko	Straconka	32a	801	DNW
Bielsko	Biła	–	801	DG
Bielsko	Grodziec	–	801	DG
Bielsko	Jaworze	–	801	DG
Bielsko	Kamienica	–	801	DG
Bielsko	Salmopol	–	801	DG
Bielsko	Wielka Łąka	–	801	DG
Bielsko	Jaworze	178f	801	DD 5152
Bielsko	Jaworze	178f	801	DD 5153
Bielsko	Jaworze	187a	801	DD 5154
Bielsko	Jaworze	187a	801	DD 5145
Bielsko	Jaworze	187a	801	DD 5149
Bielsko	Jaworze	187a	801	DD 5150
Bielsko	Jaworze	187a	801	DD 5151
Bielsko	Jaworze	187a	801	DD 5154
Bielsko	Jaworze	187a	801	DD 5155
Bielsko	Kamienica	89m	801	DD 5156
Ustroń	Bukowa	65b	801	DNW
Ustroń	Czantoria	44a	801	DNW
Węgierska Górka	Cięcinki	–	801	DG
Pszczyna	Wyry	–	557	DG
Kobiór	Zgoń	108	557	DG

Tabela 5. Cd.

Nadleśnictwo	Leśnictwo	Oddział	Mikroregion	Źródło nasion
Kobiór	Baranowice	49	557	DG
Kobiór	Woszczyce	16	557	DG
Brynek	Górniki	las miejski	556	DG
Rybnik	Książenice	–	556	DG
Rudziniec	Proboszczowice	83d	556	DG
Rudziniec	Łaskarczówka	171a	556	DG
Rudziniec	Proboszczowice	77c	556	DG
Rudziniec	Utrata	–	556	DG
Rudziniec	Rachowice	–	556	DG
Rudziniec (Brynek)	Obręb Wieszowa	559g, 739g	556	DG
Prószków	Henryków	76b	555	DG
Rudy Raciborskie	Łęszczok	–	558	DG
Rudy Raciborskie	Paproć	–	558	DG

DNW – drzewostany nasienne wyłączone, DG – drzewostany gospodarcze, DD – drzewa doborowe

Pierwszy etap realizacji programu rozpoczęto w 1996 r. Podstawą opracowania założeń programowych tworzenia regionalnego Banku Genów Buki Zwyczajnej była ekspertyza, wykonana w 1995 r. przez pracowników Katedry Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych AR w Krakowie, pt.: „Analiza bazy nasiennej buki w RDLP Katowice ze wskazaniem populacji najwartościowszych pod względem wartości hodowlanej” [Sabor 2000–2001]. W okresie badawczym 1996–1998 na zlecenie Dyrekcji ekspertyzę tę uzupełniono.

Zakres tematyczny programu obejmuje następujące merytoryczne zadania badawcze:

- określenie zmienności wewnątrzpopulacyjnej cech adaptacyjnych buki z mikroregionu nasiennego 801 oraz pochodzeń autochtonicznych z mikroregionów 555, 556, 557 i 558;
- ustalenie możliwości uprawowych najlepszych pochodzeń w wyodrębnionych strefach uprawowych buki na terenach podległych RDLP w Katowicach (strefy I i II);
- opracowanie zasad zagospodarowania drzewostanów nasiennych buki (RDLP Katowice);
- określenie założeń ochrony genetycznej populacji buki w regionalnym Banku Genów Buki Zwyczajnej na terenach RDLP w Katowicach [Sabor 1999b].

W I strefie uprawowej wykorzystuje się górską bazę nasienną buki w Nadleśnictwach Bielsko i Ustroń, strefa II obejmuje lokalną bazę nasienną buki wyżynnych i niżowych.

Głównym założeniem badawczym w ramach BGBZ jest testowanie potomstwa tej bazy nasiennoselekcyjnej na powierzchniach zachowawczych (archiwach) pochodzeniowo-rodowych buki w RDLP Katowice. Aktualnie, we wstępnym etapie badań, najważniejsza jest analiza cech adaptacyjnych (przeżywalności i cech wzrostowych) oraz ocena efektu interakcji „genotyp \times środowisko” ($G \times E$) - dla zróżnicowanych warunków siedliskowych (typ siedliskowy lasu) i stref uprawowych. Realizowane w tym zakresie zadania obejmują dwie serie doświadczalne.

Pierwszą serię trzech upraw zachowawczych założono jesienią 1996 r. w Nadleśnictwach Bielsko (2 powierzchnie – pod okapem i na otwartej przestrzeni) i Wisła (na otwartej przestrzeni). Testowany materiał wyhodowany w szkółce inspektowej w Nadleśnictwie

Bielsko reprezentuje 9 pochodzeń lokalnych populacji buka z południowej części RDLP Katowice (Nadleśnictwa Rudziniec, Brynek, Pszczyna, Rudy Raciborskie) oraz pochodzeń z obszaru karpackiego i podkarpackiego (Nadleśnictwa Andrychów i Sucha).

W drugiej serii powierzchni badawczych testuje się głównie najwartościowsze populacje buczyn górskich na terenie Nadleśnictwa Bielsko. Są to drzewostany z Leśnictw Jaworze, Kamienica, Straconka i Czarna. W badanej kolekcji znajdują się również proveniencje z terenów Nadleśnictw Ustroń i Brenna, z Turawy, Pszczyny i Koszęcina oraz z południowo-wschodnich terenów RDLP w Katowicach: Nadleśnictw Konięcpol, Kłobuck, Turawa i Koszęcin (ryc. 5). Potomstwo tych drzewostanów zostało wysadzone jesienią 1997 r. (w jednym przypadku – Nadleśnictwa Złoty Potok – wiosną 1998 r.) na 10 powierzchniach doświadczalnych, stanowiących archiwa pochodzeniowe *in vivo* regionalnego BGBZ RDLP w Katowicach.

W I strefie uprawowej założono powierzchnie w Nadleśnictwach Bielsko, Pszczyna, Rudziniec, Złoty Potok i Kłobuck, natomiast w II strefie – w Nadleśnictwach Prudnik, Prószków, Opole, Olesno i Brzeg. Reprezentują one pełną gamę siedlisk: w strefie uprawowej I – od LMG w Bielsku, BMśw w Pszczynie, Rudzińcu i Kłobucku do Lwyż. w Złotym Potoku, a w strefie uprawowej II – od LMśw w Prudniku i Brzegu, LMśw/LMw w Opolu do siedlisk borowych (BMśw) w Prószkowie i Oleśnie.

Aktualnie prowadzone pomiary i obserwacje cech adaptacyjnych – głównie przeżywalności i wysokości potomstwa na wszystkich powierzchniach badawczych – mające ze względu na młody jeszcze wiek materiału badawczego charakter wstępny, wskazują na duże walory genetyczne buka pochodzeń (rodów) górskich z Nadleśnictwa Bielsko w różnych strefach uprawowych RDLP w Katowicach. Różnice pod względem przeżywalności na powierzchniach – archiwach są duże. Analiza dendrytowa potwierdza odrębność buczyn beskidzkich od pochodzeń niżowych. Zaznaczył się także istotny efekt interakcyjny „lata × lokalizacja upraw” i „lata × pochodzenia” dla przeżywalności i wysokości. Analiza wariancyjna potwierdza konieczność indywidualnego doboru materiału reprodukcyjnego dla poszczególnych stref uprawowych i lokalizacji upraw. Świadczą o tym statystycznie istotne efekty interakcyjne czynników: genetycznego, środowiskowego i lokalizacyjnego. Stwierdzono, że głównym czynnikiem określającym reaktywność genetyczną pochodzeń jest poziom zawartości w glebie wapnia.

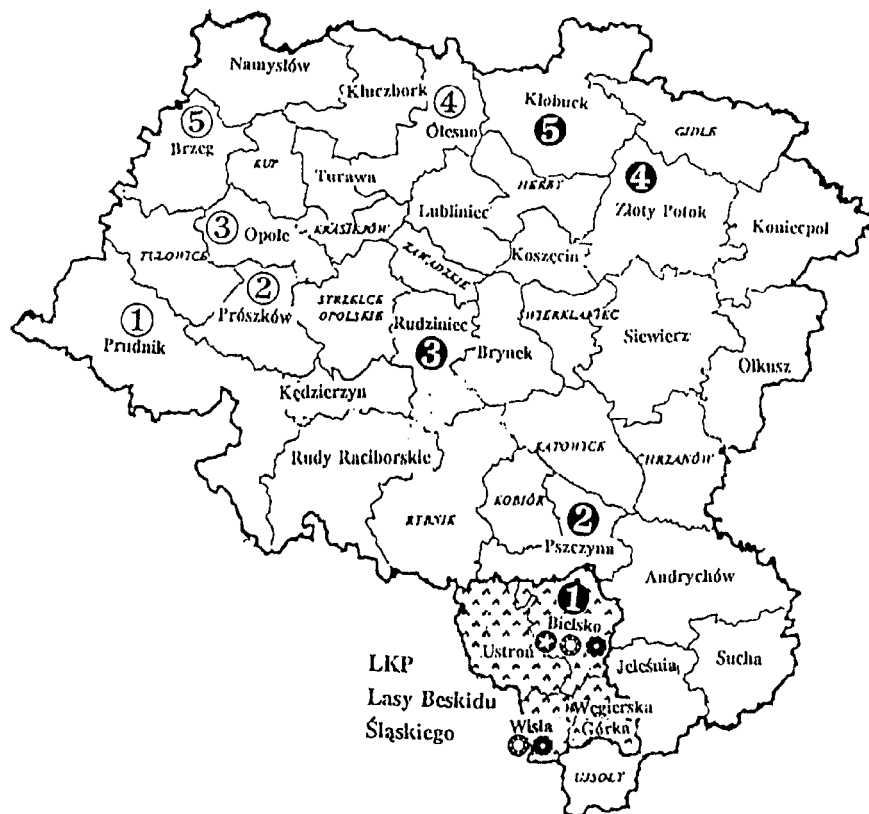
Badanie czynników wpływających na zmienność cech adaptacyjnych stanowi istotę formowania właściwych programów zagospodarowania hodowlano-sekcyjnego drzewostanów. Duże zróżnicowanie tych cech, głównie przeżywalności, u buka badanych pochodzeń, może być spowodowane warunkami glebowymi i klimatycznymi powierzchni uprawowych, a także doбором pochodzeniowym materiału sadzeniowego (efekt genetyczny). Ocenę wpływu tych czynników determinujących powodzenie hodowlane upraw zakładanych w zróżnicowanych warunkach siedliskowych terenów leśnych podległych RDLP w Katowicach przedstawiają wyniki prac prowadzonych w latach 1998-2001 na powierzchniach – archiwach regionalnego Banku Genów Buki Zwyczajnego w RDLP w Katowicach [Sabor 2001–2002].

Lokalizację drzewostanów objętych ochroną regionalnego Banku Genów Buki Zwyczajnego przedstawiono na rycinie 6, a lokalizację upraw zachowawczych – na rycinie 7.



Ryc. 6. Lokalizacja drzewostanów bukowych objętych ochroną regionalnego Banku Genów Buki Zwyczajnego RDLP w Katowicach (numeracja od 1–50 odpowiada numeracji inwentarzowej pochodzeń)

Regionalny bank genów w RDLP Katowice, obejmujący m.in. ochroną najwartościowsze drzewostany buka, ma również istotne znaczenie dla programów przebudowy świerczyny beskidzkiej. Wiemy bowiem, że karpacka populacja tego gatunku wykazuje ogólnie obniżenie jakości genetycznej w wyniku rabunkowej, wielopokoleniowej eksploatacji i niekontrolowanego pozyskiwania drewna bukowego. W świetle aktualnych ocen wydaje się, że główną bazą materiału odnowieniowego buka dla Karpat może stać się Podgórze i Beskid Niski, a w przypadku Beskidu Śląskiego – buczyny mikroregionu matecznego, obejmującego swoim zasięgiem m.in. drzewostany nasienne wyłączone Nadleśnictw Bielsko (Leśnictwa Straconka, Kamienica, Jaworze) i Ustroń (Leśnictwa Czantoria i Bukowa). Dla gospodarki nasiennej RDLP Katowice istotne są również inne zasoby pozyskiwania materiału odnowieniowego, m.in. z mikroregionów nasiennych zwykłych Krainy Śląskiej.



- ①-⑤ powierzchnie założone w I strefie uprawowej (II seria doświadczenia)
- ①-⑤ powierzchnie założone w II strefie uprawowej (II seria doświadczenia)
- ★ powierzchnia pod okapem drzewostanu (I seria doświadczenia)
- ⊙ powierzchnie na otwartej przestrzeni (I seria doświadczenia)
- ⊛ archiwum rodowe drzew doborowych

Ryc. 7. Lokalizacja upraw zachowawczych regionalnego Banku Genów Buka Zwyczajnego w RDLP w Katowicach

Literatura

- Bałut S., Kulej M., Sabor J., Sobolewska K.** 1987. Obecny stan bazy nasiennej buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) w górskich terenach Polski. Sylwan 7, 37–47.
- Konferencja Naukowa „Ochrona genetyczna populacji cząstkowych drzew leśnych w Karpackim Banku Genów”. Otwarcie I Stacji Terenowej Karpackiego Banku Genów „Wyrchczadeczka” w Nadleśnictwie Wisła. 2001. Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych w Katowicach, Ustroń–Jaszowiec–Wisła–Istebna–Wyrchczadeczka, 29 czerwca 2001. Wyd. Drukrol, Kraków.
- Korczyk A.** 2000. Metodyka sporządzania regionalnych programów zachowania leśnych zasobów genowych. Leśny Bank Genów, z. 17, Miłków.
- Matras J. (kier. zesp.), Burzyński G., Czart J., Fonder W., Korczyk A., Puchniarski T., Tomczyk A., Załęski A.** 1993. Program zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew leśnych w Polsce na lata 1991–2010. DGLP, IBL, Warszawa.
- Program Beskidy 2003. RDLP Katowice (maszynopis).
- Różański W.** 2002. Gatunki lasotwórcze i domieszkowe w zbiorowiskach leśnych Karpackiej Krainy przyrodniczo-leśnej. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 394, ser. Sesja Naukowa, 86, 199–230.
- Sabor J.** 1995. Zasady selekcji drzew i drzewostanów w terenach górskich. Prace IBL, ser. A, 783, 5–28.
- Sabor J.** 1996. Selekcja i zachowanie najwartościowszych genotypów w programie „Karpackiego regionalnego banku genów”. Sylwan, 11, 45–60.
- Sabor J.** 1999a. Aktualny stan badań nad zmiennością genetyczną polskich ras świerka pospolitego. [W:] Materiały z konferencji „Genetyczna i hodowlana wartość polskich populacji świerka z zasięgu północno-wschodniego. Augustów, Knyszyn, Czarna Białostocka, 21–23 czerwca 1999.
- Sabor J.** 1999b. „Bank genów buka zwyczajnego”. Trybuna Leśnika, 3, 11–12.
- Sabor J.** 2000–2001. Analiza bazy nasiennej buka w RDLP Katowice ze wskazaniem populacji najwartościowszych pod względem wartości hodowlanej. Opracowanie na zlecenie RDLP w Katowicach. Katedra Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych AR w Krakowie (maszynopis).
- Sabor J.** 2002. Rola gatunków domieszkowych w programach selekcyjnych i zagospodarowaniu drzewostanów Karpat. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 394, ser. Sesja Naukowa, 86, 51–64.
- Sabor J.** 2003. Aktualny stan badań nad zmiennością genetyczną świerka beskidzkiego w aspekcie zagospodarowania selekcyjnego i przebudowy drzewostanów karpackich. [W:] Drzewostany świerkowe. stan, problemy, perspektywy rozwojowe. Sesja Naukowa. Ustroń–Jaszowiec, 2003.
- Sabor J., Skrzyszewska K.** 2000. Opracowanie programu i metodyki testowania potomstwa z wyłączonych drzewostanów nasiennych i plantacji poprzez zakładanie upraw porównawczych w nadleśnictwach. Leśny Bank Genów, z. 20, Cz. II, Miłków.
- Sabor J., Żuchowska J.** 2002. Wstępne wyniki badań nad proveniencyjną zmiennością buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) na powierzchni porównawczej doświadczenia serii GC 2234 1992–1995 w Krynicy. Sylwan, 2, 43–72.
- Skrzyszewska K.** 1997. Analiza zmienności wewnątrzgatunkowej i wartości genetyczno-hodowlanej jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) pochodzeń Ogólnopolskiego Doświadczenia Proveniencyjnego Jd PL 86/90. Rozprawa doktorska. Zakład Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych AR w Krakowie (maszynopis).

Dodatek A

Powierzchnie doświadczalne

Tablica I

Powierzchnie doświadczalne Instytutu Badawczego Leśnictwa w Warszawie

I. Doświadczenia proweniencyjne o zasięgu międzynarodowym

Położenie powierzchni		Powierzchnia ogólna [ha]	Rodzaj doświadczenia	Założył	Prowadzi
Nadleśnictwo	Leśnictwo, oddział				
Oleszyce	Stare Siolo 190b	3,50	proweniencyjne buk zwyczajny	M. Sułkowska	P. Markiewicz
Wyszków	Porządzie 30b	3,15	proweniencyjne sosna zwyczajna	J. Matras	J. Kowalczyk
Wyszków	Porządzie 30g	3,28	proweniencyjne sosna zwyczajna	J. Matras	J. Kowalczyk
Nowe Ramuki	Zielonowo 870c	4,19	rodowe sosna zwyczajna	J. Kowalczyk	J. Kowalczyk
Kutno	Strzelce	3,20	rodowe sosna zwyczajna	J. Kowalczyk	J. Kowalczyk
Wyszków	Porządzie 30b	3,15	proweniencyjne sosna zwyczajna	J. Matras	J. Kowalczyk
Knyszyn	Nowiny 30a	3,45	proweniencyjne świerk pospolity	S. Kocięcki	J. Matras
Zwierzyniec	Nowiny	2,43	rodowe modrzew europejski	J. Kowalczyk	J. Kowalczyk

II. Doświadczenia proweniencyjne o zasięgu krajowym

Położenie powierzchni		Powierzchnia ogólna [ha]	Rodzaj doświadczenia	Założył	Prowadzi
Nadleśnictwo	Leśnictwo, oddział				
Bystrzyca Kłodzka	Stary Waliszów 329cdf	3,96	proweniencyjne buk zwyczajny	M. Sułkowska	P. Markiewicz
Jabłonna	Szczypiorno 180a	1,98	proweniencyjno-rodowe buk zwyczajny	M. Sułkowska	P. Markiewicz
Smolarz	Sarbinowo 203b	0,60	rodowe dąb szypułkowy	G. Burzyński	P. Markiewicz
Smolarz	Dębogóra 232d	0,60	rodowe dąb szypułkowy	G. Burzyński	P. Markiewicz

Tablica I cd.

Położenie powierzchni		Powierzchnia ogólna [ha]	Rodzaj doświadczenia	Założył	Prowadzi
Nadleśnictwo	Leśnictwo, oddział				
Oleszyce	Stare Sioło 191I	0,80	rodowe dąb szypułkowy	I. Głaz	P. Markiewicz
Bielsk Podlaski	Orla 232c	1,95	rodowe dąb szypułkowy	I. Głaz	P. Markiewicz
Tuszyna	Przeclaw 101c	1,95	rodowe dąb szypułkowy	I. Głaz	P. Markiewicz
Kwidzyn	Ośno 175i	0,88	Rodowe brzoza brodawkowata	K. Lipiński	K. Zajączkowski
Kutno	Julinki 123m-01	0,94	Rodowe brzoza brodawkowata	K. Zajączkowski	K. Zajączkowski
Kutno	Strzelce 57Ac	2,19	proweniencyjne brzoza brodawkowata	K. Zajączkowski A. Latos	K. Zajączkowski
Kutno	Strzelce 57Ac	1,50	Rodowe brzoza brodawkowata	K. Zajączkowski A. Latos	K. Zajączkowski
Nidzica	Muszaki 202Ag, 214Ac	7,00	proweniencyjno-rodowe brzoza brodawkowata	A. Załęski	A. Załęski
Wichrowo	Barcikowo 472a	1,80	proweniencyjne brzoza brodawkowata	A. Załęski W. Kantorowicz B. Zajączkowska	K. Zajączkowski
Wichrowo	Barcikowo 471Ab	0,74	Rodowe brzoza brodawkowata	A. Załęski B. Zajączkowska W. Kantorowicz	K. Zajączkowski
Jabłonna	Białobrzegi 51d	3,80	proweniencyjne sosna zwyczajna	S. Kocięcki	J. Kowalczyk
Jabłonna	Białobrzegi 51d	1,65	proweniencyjne sosna zwyczajna	S. Kocięcki	J. Kowalczyk
Choinów	Sękocin 21,b	4,29	proweniencyjne sosna zwyczajna	S. Kocięcki	J. Kowalczyk
Suchedniów	Odrowąże 72	1,92	proweniencyjne sosna zwyczajna	S. Kocięcki	J. Kowalczyk
Brzeziny	Gałków 259a	3,00	rodowe sosna zwyczajna	J. Kowalczyk	J. Kowalczyk

Tablica I cd.

Położenie powierzchni		Powierzchnia ogólna [ha]	Rodzaj doświadczenia	Założył	Prowadzi
Nadleśnictwo	Leśnictwo, oddział				
Rytel	Młynki 121ad	2,90	rodowe sosna zwyczajna	J. Kowalczyk	J. Kowalczyk
Syców	Stradomia 107b	3,20	rodowe sosna zwyczajna	J. Kowalczyk	J. Kowalczyk
Gubin	Dębowiec 187d	3,30	rodowe sosna zwyczajna	J. Kowalczyk	J. Kowalczyk
Żednia	Kokotowo 30f	1,40	rodowe sosna zwyczajna	J. Kowalczyk	J. Kowalczyk
Zwierzyniec	Zwierzyniec 129a	0,50	rodowe sosna zwyczajna	J. Kowalczyk	J. Kowalczyk
Wyszków	Dalekie 99i	3,40	proweniencyjne świerk pospolity	S. Kocięcki	J. Matras
Wyszków	Dalekie 125c	1,80	proweniencyjne świerk pospolity	S. Kocięcki	J. Matras
Kutno	Strzelce 59Dd	1,90	rodowe świerk pospolity	J. Kowalczyk	J. Matras
Jabłonna	Kolonia 174	0,42	proweniencyjno-rodowe, świerk pospolity	S. Rybacki	J. Matras
Kamienna Góra	Lubawka 57f	1,70	proweniencyjne modrzew europejski	leśnicy niemieccy	J. Matras
Rogów	Rogów 70a	2,75	proweniencyjne modrzew europejski	S. Kocięcki	J. Matras
Wyszków	Nowiny 113c	7,20	rodowe modrzew europejski	S. Kocięcki	J. Matras
Suchedniów	Świnia Góra 173	2,80	proweniencyjne modrzew europejski	S. Kocięcki	J. Matras
Chojnów	Sękocin 36d	0,46	proweniencyjne modrzew europejski	S. Kocięcki	J. Matras
Kutno	Strzelce 57Aa	1,90	rodowe modrzew europejski	J. Kowalczyk	J. Matras
Zwierzyniec	Nowiny	2,22	rodowe modrzew europejski	J. Kowalczyk	J. Matras

Tablica II

Powierzchnie doświadczalne Instytutu Dendrologii (ID) PAN w Kórniku

Położenie powierzchni		Powierzchnia ogólna [ha]	Rodzaj doświadczenia	Założyli i prowadzą
Nadleśnictwo, Instytut	Leśnictwo, oddział			
ID, Kórnik	Zwierzyniec 6f	1,08	proveniencyjne dąb szypułkowy dąb bezszypułkowy	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
ID, Kórnik	Zwierzyniec 8c	1,37	proveniencyjne dąb szypułkowy	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
Choczewo	Dąbrówka 128f	0,20	proveniencyjno-rodowe dąb szypułkowy	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
Choszczno	Bralecin 818f	0,88	proveniencyjno-rodowe dąb szypułkowy	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
Choszczno	Mogilica 831a	2,00	proveniencyjno-rodowe dąb szypułkowy	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
ID, Kórnik	Zwierzyniec 4o	0,43	kolekcja klonów drzew doborowych jesionu wyniosłego	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
Choczewo	Dąbrówka 128f	2,70	proveniencyjne buka zwyczajnego	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
ID, Kórnik	Zwierzyniec 12c	0,49	proveniencyjne jodły pospolitej	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
ID, Kórnik	Zwierzyniec 4r	0,82	modelowa plantacja nasiennej modrzewia europejskiego	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
ID, Kórnik	Zwierzyniec 91, 9m, 12g, 12h	0,70	kolekcja potomstw F1 z krzyżówek kontrolowanych (modrzew + sosna + świerk)	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
ID, Kórnik	Zwierzyniec 9Ac	0,48	proveniencyjno-rodowe modrzew europejski	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
ID, Kórnik	Zwierzyniec 10o	0,61	plantacja nasienna Świerk pospolity	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
ID, Kórnik	Zwierzyniec 4p	0,89	modelowa plantacja nasienna świerka	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
ID, Kórnik	Zwierzyniec 10r	0,71	plantacja nasienna II generacji świerka pospolitego	M. Giertych W. Chałupka H. Fober

Tablica II cd.

Położenie powierzchni		Powierzchnia ogólna [ha]	Rodzaj doświadczenia	Założyli i prowadzą
Nadleśnictwo, Instytut	Leśnictwo, oddział			
ID, Kórnik	Zwierzyniec 9h	1,08	proweniencyjne świerka pospolitego	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
ID, Kórnik	Zwierzyniec 1Aj	0,19	modelowa plantacja świerka pospolitego z ukorzeniania	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
ID, Kórnik	Zwierzyniec 4g	0,12	rodowe świerka pospolitego z Kotliny Kłodzkiej	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
ID, Kórnik	Zwierzyniec 6f	1,42	proweniencyjne świerka pospolitego z Polski	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
Babiogórski Park Narodowy	Smietanowa 90g	0,42	proweniencyjne świerka pospolitego z Polski	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
Gołdap	Ostrówek 291f	0,93	proweniencyjne świerka pospolitego z Polski	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
Międzylesie	Goworów 100f, 101f	1,23	proweniencyjne świerka pospolitego z Polski	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
ID, Kórnik	Zwierzyniec 12j	1,13	proweniencyjno-rodowe świerka pospolitego z Polski	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
Ostrowiec Świętokrzyski	Godów 266f	1,38	proweniencyjno-rodowe świerka pospolitego z Polski	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
ID, Kórnik	Zwierzyniec 12n	1,53	proweniencyjno-rodowe świerka pospolitego z Beskidów, Finlandii i Belgii	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
Nowy Targ	Raba Wyżna	1,86	proweniencyjno-rodowe świerka pospolitego z Beskidów, Finlandii i Belgii	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
ID, Kórnik	Zwierzyniec 12r	1,98	proweniencyjno-rodowe świerka pospolitego z Polski	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
Gołdap	Żyliny	2,18	proweniencyjno-rodowe świerka pospolitego z Polski	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
ID, Kórnik	Zwierzyniec 12f	2,20	proweniencyjno-rodowe świerka pospolitego z Beskidu Śląskiego	M. Giertych W. Chałupka H. Fober

Tablica II cd.

Położenie powierzchni		Powierzchnia ogólna [ha]	Rodzaj doświadczenia	Założyli i prowadzą
Nadleśnictwo, Instytut	Leśnictwo, oddział			
ID, Kórnik	Zwierzyniec 1Ac	1,55	proveniencyjno-rodowe świerka pospolitego z Beskidu Śląskiego	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
ID, Kórnik	Zwierzyniec 12m	0,05	rodowe świerka pospolitego z Polski	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
ID, Kórnik	Zwierzyniec 11r	0,56	rodowe świerka pospolitego plantacji nasiennej II generacji	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
ID, Kórnik	Zwierzyniec 1d	0,35	rodowe świerka pospolitego plantacji nasiennej II generacji	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
ID, Kórnik	Zwierzyniec 5m	0,26	proveniencyjne sosny zwyczajnej z Polski	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
ID, Kórnik	Zwierzyniec 4s	0,85	modelowa plantacja nasienna sosny zwyczajnej z Polski	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
ID, Kórnik	Zwierzyniec 51	0,08	rodowe sosny zwyczajnej z Nadleśnictwa Dłużek	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
ID, Kórnik	Zwierzyniec 10gx	0,30	proveniencyjno-rodowe sosny zwyczajnej z wolnego zapylenia, z Polski	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
ID, Kórnik	Zwierzyniec 1AI	2,55	kolekcja klonów drzew elitarnych z Polski, Rosji, Szwecji i Niemiec	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
ID, Kórnik	Zwierzyniec 5g	0,94	proveniencyjne sosny zwyczajnej z Polski i Szwecji	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
Goleniów	Krokorzyce 86g	0,95	proveniencyjne sosny zwyczajnej z Polski i Szwecji	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
Supraśl	Klin 76g	0,92	proveniencyjne sosny zwyczajnej z Polski i Szwecji	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
Janów Lubelski	Łomoty 269c	0,89	proveniencyjne sosny zwyczajnej z Polski i Szwecji	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
Łęczno	Lubień 37c	1,07	proveniencyjne sosny zwyczajnej z obszaru Europy	M. Giertych W. Chałupka H. Fober

Tablica II cd.

Położenie powierzchni		Powierzchnia ogólna [ha]	Rodzaj doświadczenia	Założyli i prowadzą
Nadleśnictwo, Instytut	Leśnictwo, oddział			
Instytut Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach	Ruda 25t	2,82	proveniencyjne sosny zwyczajnej z Europy Wschodniej i Azji	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
ID, Kórnik	Zwierzyniec 1a	1,95	proveniencyjno-rodowe sosny zwyczajnej z wolnego zapylenia, z Polski	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
Wymiarki	Zabłocie 243c	1,68	proveniencyjno-rodowe sosny zwyczajnej z wolnego zapylenia, z Polski	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
Janów Lubelski	Zdzisławce 54c	1,68	proveniencyjno-rodowe sosny zwyczajnej z wolnego zapylenia, z Polski	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
Choczewo	Dąbrówka 154j	1,68	proveniencyjno-rodowe sosny zwyczajnej z wolnego zapylenia, z Polski	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
Gołdap	Błąkały 345f	1,76	proveniencyjno-rodowe sosny zwyczajnej z wolnego zapylenia, z Polski	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
Babki	Łekno 59w	1,70	testowanie potomstwa z 22 plantacyjnych upraw nasiennych	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
Szczebra	Przewież 117c	1,70	testowanie potomstwa z 22 plantacyjnych upraw nasiennych	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
Wymiarki	Zabłocie 230c	1,70	testowanie potomstwa z 22 plantacyjnych upraw nasiennych	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
Janów Lubelski	Pikule 171g	1,70	testowanie potomstwa z 22 plantacyjnych upraw nasiennych	M. Giertych W. Chałupka H. Fober
Bytów	Borzytuchom 257k	1,70	testowanie potomstwa z 22 plantacyjnych upraw nasiennych	M. Giertych W. Chałupka H. Fober

Tablica III

Powierzchnie doświadczalne z sosną zwyczajną Zakładu Selekcji, Nasiennictwa i Szkółkarstwa Leśnego Katedry Hodowli Lasu AR w Poznaniu

Położenie powierzchni		Powierzchnia ogólna [ha]	Rodzaj doświadczenia	Założył	Prowadzi
Nadleśnictwo	Leśnictwo i oddział				
LZD Siemianice	Dobrygość	1,91	generatywne potomstwo drzew różnej jakości	K. Urbański	K. Urbański
LZD Siemianice	Dobrygość	0,05	wegetatywne potomstwo drzew różnej jakości	K. Urbański	K. Urbański
LZD Siemianice	Dobrygość	1,05	proweniencyjne	Z. Rzeźnik	W. Barzdajn
LZD Siemianice	Dobrygość	1,30	odnowienie szczepami	K. Urbański	K. Urbański
LZD Siemianice	Marianka	0,60	plantacja nasienna	K. Urbański	W. Wesoly
LZD Murowana Goślina	Potasze	0,20	proweniencyjne pochodzenia norweskie	K. Urbański	W. Wesoly
LZD Murowana Goślina	Potasze	4,33	proweniencyjne	Z. Rzeźnik	W. Barzdajn
LZD Murowana Goślina	Potasze	2,45	proweniencyjne	Z. Rzeźnik	W. Barzdajn
LZD Murowana Goślina	Huta Pusta	0,70	proweniencyjne	Z. Rzeźnik	W. Wesoly
Arboretum Leśne Zielonka	27a	3,89	proweniencyjne	Z. Rzeźnik	W. Barzdajn
Łopuchówko	Boduszewo 114g	4,87	archiwum klonów sosny populacji Zielonka	Z. Szeląg W. Wesoly	W. Wesoly
Pniewy	Dąbrowa	0,93	archiwum klonów	W. Wesoly	W. Wesoly
Sieraków	1) Lichwin 282c	4,5	uprawy rodowe (2)	W. Wesoly	W. Wesoly
	2) Lichwin 273c, f	4,17			
Oborniki	Marylówka 590f	2,53	uprawa rodowa	W. Wesoly	W. Wesoly

Tablica III cd.

Położenie powierzchni		Powierzchnia ogólna [ha]	Rodzaj doświadczenia	Założył	Prowadzi
Nadleśnictwo	Leśnictwo i oddział				
Supraśl	Sokołda 20d	3,73	proweniencyjne, IUFRO 1982	Z. Rzeźnik	W. Barzdajn
Oborniki Śląskie	Zwierzyniec 81Aa	1,20	testowanie potomstwa klonowej i rodowej plantacji nasiennej	J. Dzięcielski	J. Dzięcielski
Łądek Zdrój	62j	1,02	kolekcja klonów sosny limby	M. Wilczkiewicz	W. Barzdajn
Łądek Zdrój	71i	2,73	kolekcja klonów sosny limby	M. Wilczkiewicz	W. Barzdajn

Tablica IV

Powierzchnie doświadczalne ze świerkiem pospolitym Zakładu Selekcji, Nasiennictwa i Szkółkarstwa Leśnego Katedry Hodowli Lasu AR w Poznaniu

Położenie powierzchni		Powierzchnia ogólna [ha]	Rodzaj doświadczenia	Założył	Prowadzi
Nadleśnictwo	Leśnictwo, oddział				
LZD Siemianice	Marianka 89m	3,24	proweniencyjne IUFRO 1972	W.Barzdajn, K.Urbański, W. Wesoły	W. Barzdajn
LZD Siemianice	Laski 73d	1,05	proweniencyjne pochodzenia norweskie	K. Urbański	W. Barzdajn
LZD Siemianice	Laski 63f	1,24	proweniencyjno-nawożeniowe	Z. Rzeźnik	W. Barzdajn
Jeleśnia	Ślemień 207c	0,62	proweniencyjno-nawożeniowe	Z. Rzeźnik	W. Barzdajn
Bystrzyca Kłodzka	Szklarka 10j	0,64	kolekcja klonów	M. Wilczkiewicz	W. Barzdajn

Tablica V

Powierzchnie doświadczalne z modrzewiem Zakładu Selekcji, Nasiennictwa i Szkółkarstwa Leśnego Katedry Hodowli Lasu AR w Poznaniu

Położenie powierzchni		Powierzchnia ogólna [ha]	Rodzaj doświadczenia	Założył	Prowadzi
Nadleśnictwo	Leśnictwo, oddział				
LZD Siemianice	Laski 73d	4,84	20 proweniencji z IBL	Z. Rzeźnik	W. Barzdajn
LZD Siemianice	Skałagi	4,50	plantacja nasienna Prószków-Prudnik	W. Barzdajn	W. Barzdajn
LZD Siemianice	Unieszów 258d	4,64	archiwum klonów	W. Wesoły	W. Wesoły
LZD Siemianice	Dobrygość 13r	0,56	plantacja nasienna	K. Urbański	K. Urbański
LZD Murowana Goślina	Arboretum Leśne w Zielonce 26A	0,57	uprawa rodowa	W. Wesoły	W. Wesoły
Łopuchówko	Dąbrówka Kościelna 199 g, j, c	1,83	uprawa rodowa	Z. Szelaż W. Wesoły	W. Wesoły

Tablica VI

Powierzchnie doświadczalne z jodłą Zakładu Selekcji, Nasiennictwa i Szkółkarstwa Leśnego Katedry Hodowli Lasu AR w Poznaniu

Położenie powierzchni		Powierzchnia ogólna [ha]	Rodzaj doświadczenia	Założył	Prowadzi
Nadleśnictwo	Leśnictwo, oddział				
LZD Siemianice	Skałagi 218j, k	2,20	rodowa zmienność jodły, (materiał od dr. A. Korczyka)	W. Barzdajn	W. Barzdajn
LZD Siemianice	Skałagi 225	1,51	proweniencyjno-rodowe z jodłą z Karpat (od prof. J. Sabora)	W. Barzdajn	W. Barzdajn
Łądek Zdrój	Skrzynka 13a	0,48	proweniencyjne	W. Barzdajn	W. Barzdajn
Zdroje	Lewin 96	0,92	proweniencyjne	W. Barzdajn	W. Barzdajn
Świeradów	Przecznica 66b, c	1,47	proweniencyjne	W. Barzdajn	W. Barzdajn
Wałbrzych	Witków 138i	1,51	proweniencyjne z jodłą z Karpat, (od prof. J. Sabora)	W. Barzdajn	W. Barzdajn
Międzylesie	Idzików 32g	2,01	kolekcja klonów	M. Wilczkiewicz	W. Barzdajn

Tablica VII

Powierzchnie doświadczalne z bukiem zwyczajnym Zakładu Selekcji, Nasiennictwa i Szkółkarstwa Leśnego Katedry Hodowli Lasu AR w Poznaniu

Położenie powierzchni		Powierzchnia ogólna [ha]	Rodzaj doświadczenia	Założył	Prowadzi
Nadleśnictwo	Leśnictwo, oddział				
Łagów (ob. Torzym)	Korytno 103m	0,60	proweniencyjne	Z. Rzeźnik	W. Kowalkowski
Śnieżka	Staniszów 8a	0,60	proweniencyjne	Z. Rzeźnik	W. Kowalkowski
Zielonka	Huta Pusta 27d	0,60	proweniencyjne	Z. Rzeźnik	W. Kowalkowski
Pelplin (ob. Starogard Gd.)	Opalenie 268c	0,60	proweniencyjne	Z. Rzeźnik	W. Kowalkowski
Rozdoły (ob. Gryfino)	Glinna 67a	0,60	proweniencyjne	Z. Rzeźnik	W. Kowalkowski
Strzyżów	Czudec 111d, f, h	1,94	proweniencyjne	Z. Rzeźnik	W. Barzdajn
Baligród	202Ab	1,07	proweniencyjne	Z. Rzeźnik	W. Barzdajn
Oleszyce	191	0,89	proweniencyjne	Z. Rzeźnik	W. Barzdajn
Milicz	Lasowice 131o	0,50	7 proweniencji górskich	W. Barzdajn	W. Barzdajn
Łopuchówko	Długa Goślina 101j	5,00	42 proweniencje krajowe	Z. Rzeźnik	W. Barzdajn
Łobez	Węgorzyno 329i, h	3,50	29 proweniencji krajowych	Z. Rzeźnik	W. Kowalkowski
LZD Siemianice	Laski 54c	3,00	71 proweniencji krajowych i europejskich	Z. Rzeźnik	W. Barzdajn
LZD Siemianice	Unieszów 242c	1,04	51 proweniencji krajowych i europejskich	W. Barzdajn W. Wesoły	W. Barzdajn W. Wesoły
Międzylesie	Idzików 29h	1,22	kolekcja klonów	M. Wilczkiewicz	W. Barzdajn

Tablica VIII

Powierzchnie doświadczalne z dębami (*Quercus robur* i *Q. petraea*) i innymi gatunkami Zakładu Selekcji, Nasiennictwa i Szkółkarstwa Leśnego Katedry Hodowli Lasu AR w Poznaniu

Położenie powierzchni		Powierzchnia ogólna [ha]	Rodzaj doświadczenia	Założył	Prowadzi
Nadleśnictwo	Leśnictwo, oddział				
Smolarz	Czarny Las	2,50	proweniencyjne	W. Barzdajn	W. Barzdajn
Taczanów	Kotlin 146h	2,65	proweniencyjne	W. Barzdajn	W. Barzdajn
Oborniki Śląskie	Cieplice 90j	1,50	proweniencyjne	W. Barzdajn	W. Barzdajn
Milicz	Lasowice 131o	2,50	proweniencyjne	W. Barzdajn	W. Barzdajn
Milicz	Brzezie 311y	0,77	proweniencyjno-rodowe	W. Barzdajn	W. Barzdajn
Bolesławiec	Tomaszów Bolesławiecki 492m	1,00	proweniencyjno-rodowe	W. Barzdajn	W. Barzdajn
Namysłów	Ziemielowice 143h	2,03	proweniencyjno-rodowe	W. Barzdajn	W. Barzdajn
Krotoszyn	Stary Las 16i	2,12	rodowe	W. Barzdajn	W. Barzdajn
Międzylesie	Idzików	0,98	kolekcja klonów jaworu	M. Wilczkiewicz	W. Barzdajn

Tablica IX

Powierzchnie doświadczalne Katedry Hodowli Lasu SGGW w Warszawie

nr	Powierzchnia		Przedmiot badań proveniencyjnych	Założyli i prowadzą
	położenie	Powierzchnia ogólna [ha]		
1	Strzelna 141c	0,45	potomstwo 3 form pokrojowych sosny	S. Gunia
2	Strzelna 124g	0,45	jw.	S. Gunia
3	Głuchów 228c	2,20	jw.	S. Gunia
4	Lipce 232c	2,45	polskie pochodzenia sosny	S. Gunia
5	Jasień 167a	1,20	europejskie pochodzenia, sosny, doświadczenie IUFRO	S. Gunia i H. Żybura
6	Jasień 167a	1,50	polskie pochodzenia sosny	S. Gunia i H. Żybura
7	Głuchów 236b	1,30	polskie pochodzenia i rody świerka	T. Włoczewski
8	Głuchów 231c	3,00	polskie pochodzenia świerka, doświadczenie IUFRO	S. Gunia
9	Strzelna 140b	1,00	rody z polskich pochodzeń świerka	S. Gunia i H. Żybura
10	Strzelna 128d	0,50	polskie pochodzenia jodły na gniazdach w drzewostanie sosny	S. Gunia
11	Strzelna 141c	0,40	polskie i czeskie pochodzenia jodły pod boczną osłoną modrzewia	S. Gunia
12	Strzelna 141c	0,40	polskie i czeskie pochodzenia jodły pod boczną osłoną brzozy	S. Gunia
13	Strzelna 126d	0,15	polskie pochodzenia jodły pod okapem drzewostanu modrzewia	S. Gunia
14	Strzelna 154h	0,10	polskie pochodzenia jodły pod okapem drzewostanu sosny	S. Gunia
15	Strzelna 155c	0,10	polskie pochodzenia jodły na odkrytej powierzchni zrębowej	S. Gunia
16	Strzelna 154h	0,05	polskie pochodzenia jodły pod okapem drzewostanu sosny	S. Gunia

Tablica IX cd.

Powierzchnia		Powierzchnia ogólna [ha]	Przedmiot badań proweniencyjnych	Założyli i prowadzą
nr	położenie			
17	Strzelna 155c	0,05	polskie pochodzenia jodły na powierzchni odkrytej	S. Gunia
18	Jasień 87	0,60	europejskie pochodzenia jodły	S. Gunia
19	Strzelna 163a	1,50	polskie pochodzenia modrzewia	S. Bellon
20	Strzelna 156d	0,50	polskie pochodzenia modrzewia	S. Bellon
21	Strzelna 36b	0,10	polskie pochodzenia buka	S. Bellon
22	Strzelna 144d	0,60	proweniencje jodły olbrzymiej doświadczenie IUFRO	S. Bellon
23	Strzelna 153gh	2,75	proweniencje jodły olbrzymiej, doświadczenie IUFRO	S. Bellon
24	Arboretum 132	3,36	proweniencje jodły olbrzymiej, doświadczenie IUFRO	S. Bellon
25a	Nadleśnictwo Brzeziny, Leśnictwo Tadzín 228	1,14	polskie pochodzenia buka	S. Bellon
25b	Nadleśnictwo Brzeziny, Leśnictwo Wykno 137	2,54	polskie pochodzenia buka	S. Bellon

Tablica X

Powierzchnie doświadczalne Katedry Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych AR w Krakowie

I. Doświadczenia proweniencyjne o zasięgu międzynarodowym

Położenie powierzchni		Powierzchnia ogólna [ha]	Rodzaj doświadczenia	Założył	Prowadzi
Nadleśnictwo	Leśnictwo, oddział				
LZD Krynica	Kopciowa 14h,j,k,l	8,00	proweniencyjne świerk pospolity IUFRO 1964/68	S. Bałut	J. Sabor
LZD Krynica	Wojkowa 165b	3,00	proweniencyjne świerk pospolity IUFRO 1964/68	S. Bałut	J. Sabor
Bochnia	Kolanów	4,86	pochodzeniowe modrzew IUFRO 1948–1949	E. Chodzicki	J. Sabor

II. Doświadczenia proweniencyjne o zasięgu krajowym

a) z międzynarodowym materiałem doświadczalnym (koordynowane przez IBL)

Położenie powierzchni		Powierzchnia ogólna [ha]	Rodzaj doświadczenia	Założył	Prowadzi
Nadleśnictwo	Leśnictwo, oddział				
LZD Krynica	Kopciowa 1d, 8c	1,30	proweniencyjne jodła olbrzymia	S. Bałut	M. Kulej
Brzesko	Chrostowa 83g	0,30	proweniencyjno-rodowe dąb szypułkowy	J. Sabor	J. Banach
Brzesko	Chrostowa 81d, g, h, i	1,00	proweniencyjno-rodowe dąb szypułkowy	J. Sabor	J. Banach
Brzesko	Jodłowka 21k	2,20	proweniencyjno-rodowe dąb szypułkowy	J. Sabor	J. Banach

Tablica X cd.

b) z krajowym materiałem doświadczalnym (koordynowane przez polskie ośrodki naukowe)

Położenie powierzchni		Powierzchnia ogólna [ha]	Rodzaj doświadczenia	Założył	Prowadzi
Nadleśnictwo	Leśnictwo, oddział				
LZD Krynica	Wojkowa 165c	4,00	porównawcze modrzew europejski	S. Bałut	M. Kulej
Nawojowa	Grybów	4,40	proveniencyjne, IBL 1966 sosna zwyczajna	E. Chodzicki	J. Sabor
LZD Krynica	Jaworzyna 186l	4,50	pochodzeniowe buk zwyczajny seria GG 2234 1992–1995	J. Sabor	J. Sabor
LZD Krynica	Kopciowa 16j	1,00	proveniencyjne buk zwyczajny	J. Sabor	J. Sabor

c) z krajowym materiałem doświadczalnym (prowadzone przez Katedrę Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych AR w Krakowie)

Położenie powierzchni		Powierzchnia ogólna [ha]	Rodzaj doświadczenia	Założył	Prowadzi
Nadleśnictwo	Leśnictwo, oddział				
Baligród	Sernica 13A	3,00	proveniencyjne jodła pospolita Jd PL 86/90	S. Bałut	K. Skrzyszewska
Bielsk Podlaski	Orla 107/2	3,00	proveniencyjne jodła pospolita Jd PL 86/90	S. Bałut	K. Skrzyszewska
Łagów	Jeleniów 58a	3,00	proveniencyjne jodła pospolita Jd PL 86/90	S. Bałut	K. Skrzyszewska
Nowe Ramuki	Przykop 355b	3,00	proveniencyjne jodła pospolita Jd PL 86/90	S. Bałut	K. Skrzyszewska
Stary Sącz	Przyszowa 6a	3,00	proveniencyjne jodła pospolita Jd PL 86/90	S. Bałut	K. Skrzyszewska
Zwierzyniec	Adamów 10b, g	3,00	proveniencyjne jodła pospolita Jd PL 86/90	S. Bałut	K. Skrzyszewska
LZD Rogów	Strzelna 154g, h	3,00	proveniencyjne jodła pospolita Jd PL 86/90	S. Bałut	K. Skrzyszewska

Tablica X cd.

d) Ogólnopolskie doświadczenie pochodzeniowe świerka pospolitego (*Picea abies* Karst.) rasy „Istebniańskiej”

Położenie powierzchni		Powierzchnia ogólna [ha]	Rodzaj doświadczenia	Założył	Prowadzi
Nadleśnictwo	Leśnictwo, oddział				
LZD Krynica	Kopciowa 16d Stacja Dydaktyczno-Badawcza KNSiSDL	2,70	pochodzeniowe	J. Sabor	J. Sabor
Wisła	Zapowiedź 108 Szkółka Wyrchczadeczka	2,70	pochodzeniowe	J. Sabor	J. Sabor
Zwierzyniec	Zwierzyniec 1a, c, 12f	3,46	pochodzeniowe	J. Sabor	J. Sabor

Tablica X cd.

III. Archiwa pochodzeniowe, rodowe i klonowe:

a) Archiwum regionalnego Karpackiego Banku Genów

Położenie powierzchni		Powierzchnia ogólna [ha]	Rodzaj doświadczenia	Założył	Prowadzi
Nadleśnictwo	Leśnictwo, oddział				
LZD Krynica	Kopciowa 9b	1,00	kolekcja klonów świerka pospolitego IPTNS IUFRO 64/68	J. Sabor	J. Sabor
LZD Krynica	Kopciowa 3d	0,40	kolekcja klonów świerka pospolitego IPTNS IUFRO 64/68	J. Sabor	J. Sabor
LZD Krynica	Mochnaczką 97d	1,50	archiwum pochodzeniowe jodła pospolita	J. Sabor	J. Sabor
LZD Krynica	Kopciowa 2a	0,60	archiwum pochodzeniowe jodła pospolita	J. Sabor	J. Sabor
LZD Krynica	Kopciowa 10c	1,00	archiwum klonów sosny zwyczajnej i modrzewia europejskiego	J. Sabor	J. Sabor
LZD Krynica	Kopciowa 13j	1,10	archiwum pochodzeniowe buka zwyczajnego i modrzewia europejskiego	J. Sabor	J. Sabor
Brzesko	Jodłówka, Szkołka	0,50	plantacja nasienna świerka pospolitego IPTNS-IUFRO 64/68	J. Sabor	J. Sabor

Tablica X cd.

b) Archiwa regionalnego Banku Genów Buki Zwyczajnego w RDLP Katowice

Położenie powierzchni		Powierzchnia ogólna [ha]	Rodzaj doświadczenia	Założył	Prowadzi
Nadleśnictwo	Leśnictwo, oddział				
Bielsko	Bystra 67d	1,20	archiwum pochodzeniowe	J. Sabor	J. Sabor
Bielsko	Jaworze 186a	1,20		J. Sabor	J. Sabor
Wisła	Wyrhcza-deczka Szkółka	1,20		J. Sabor	J. Sabor
Bielsko	Jaworze 186a	0,58		J. Sabor	J. Sabor
Pszczyna	Jajosty 174 g	0,58		J. Sabor	J. Sabor
Rudziniec	Centowa 45d	0,58		J. Sabor	J. Sabor
Złoty Potok	Dąbrowa 252	0,58		J. Sabor	J. Sabor
Kłobuck	Wapiennik 98b	0,58		J. Sabor	J. Sabor
Prudnik	Kłodobok 105n	0,34		J. Sabor	J. Sabor
Prószków	Chrzelice 141c	0,34		J. Sabor	J. Sabor
Opole	Grudzie 58d	0,34		J. Sabor	J. Sabor
Olesno	Siedem Źródeł 295d	0,34		J. Sabor	J. Sabor
Brzeg	Barucice 182c	0,34		J. Sabor	J. Sabor

Dodatek B

**Wykaz wybranych prac opublikowanych
przez pracowników Zakładu Biologii Nasion
Instytutu Dendrologii PAN w Kórniku**

**Wykaz owadów szkodników wtórnych
swierka, jodły i buka i ich parazytoidów**

Prace zawierające wyniki badań prowadzonych w latach 1962–2003 przez pracowników Zakładu Biologii Nasion Instytutu Dendrologii PAN w Kórniku, dotyczących przewycięzania spoczynku przez stratyfikację w kontrolowanych warunkach ciepłych i kiełkowania nasion roślin drzewiastych (prace w kolejności według rodzajów drzew i krzewów) oraz prace monograficzne i podręczniki z tego zakresu.

Bez – *Sambucus*

Tylkowski T. 1982. Thermal conditions for the presowing treatment of European elder (*Sambucus nigra* L.) and red elder (*S. racemosa* L.). *Arboretum Kórnickie*, 27, 347–355.

Brzoskwinia, czereśnia, migdał, morela, śliwa, wiśnia – *Prunus* (*sensu lato*)

Suszką B. 1962. Wpływ czynnika termicznego na ustępowanie spoczynku nasion dzikiej czereśni. *Arboretum Kórnickie*, 7, 189–275.

Suszką B. 1964. Ciepło-chłodna stratyfikacja nasion uprawnych odmian śliw, wiśni i czereśni. *Arboretum Kórnickie*, 9, 237–261.

Suszką B. 1966. Warunki termiczne ciepło-chłodnej stratyfikacji nasion uprawnych odmian śliw. *Arboretum Kórnickie*, 11, 241–258.

Suszką B. 1967. Die Warm-Kalt Stratifikation der Prunoideensamen. [W:] Proceedings of the International Symposium „Physiology, Ecology and Biochemistry of Germination”. Ernst-Moritz-Arndt-University of Greifswald, D10, 999–1012.

Suszką B. 1967. Studia nad spoczynkiem i kiełkowaniem nasion różnych gatunków z rodzaju *Prunus* L. *Arboretum Kórnickie*, 12, 221–282.

Suszką B. 1973. Die Keimung und die sekundäre Keimruhe von *Prunus*-Samen. [W:] International Symposium on Biology of Woody Plants. Nitra, May 10–17, 1967, Vydavateľstvo Slovenskej Akadémie Ved, Bratislava, 251–259.

Suszką B. 1973. The after-ripening and germination of seeds of *Armeniaca sibirica* Lam. and *Amygdalus pedunculata* Pall. seeds. *Arboretum Kórnickie*, 18, 161–170.

Suszką B. 1976. Increase of germinative capacity of mazzard cherry (*Prunus avium* L.) seed through the induction of secondary dormancy. *Arboretum Kórnickie*, 21, 257–270.

Suszką B. 1976. Variability of the germinative capacity of mazzard cherry (*Prunus avium* L.) seeds collected from 10 trees in 5 different seasons. *Arboretum Kórnickie*, 21, 271–278.

Tylkowski T. 1986. Overcoming of seed dormancy in cherry-plum (*Prunus cerasifera* var. *divaricata* Bailey). *Arboretum Kórnickie*, 30, 339–350.

Tylkowski T. 1987. Conditions for the after-ripening of cherry-plum (*Prunus cerasifera* var. *divaricata* Bailey) seeds. II. The withholding of seed germination. *Arboretum Kórnickie*, 32, 307–325.

Tylkowski T. 1998. Stratyfikacja nasion czereśni ptasiej. *Szkółkarstwo*, 4, 18–19.

Brzoza – *Betula*

Suszką B. 1979. Rozmnażanie generatywne. [W:] *Brzozy – Betula* L., red. S. Białobok. *Nasze Drzewa Leśne*, t. 7, PWN, Warszawa–Poznań, 149–198.

Buk – *Fagus*

- Suszka B.** 1966. Dormancy, storage and germination of *Fagus sylvatica* L. seeds. Arboretum Kórnickie, 11, 221–240.
- Suszka B.** 1973. Wieloletnie przechowywanie nasion buka. Las Polski, 47(21), 8–10.
- Suszka B.** 1974. Storage of beech (*Fagus sylvatica* L.) seed for up to 5 winters. Arboretum Kórnickie, 19, 105–128.
- Suszka B.** 1975. Cold storage of already after-ripened beech (*Fagus sylvatica* L.) seeds. Arboretum Kórnickie, 20, 299–315.
- Suszka B.** 1979. Seedling emergence of beech (*Fagus sylvatica* L.) seed pretreated by chilling without any medium at controlled hydration levels. Arboretum Kórnickie, 24, 111–135.
- Suszka B.** 1990. Rozmnażanie generatywne. [W:] Buk – *Fagus sylvatica* L., red. S. Białobok. Nasze Drzewa Leśne, 10, PWN, Warszawa–Poznań, 375–498.
- Suszka B.** 1997. Zasady postępowania z orzeszkami buka. Komunikaty Leśnego Banku Genów Kostrzyca 3/97, 1–14 (ograniczone rozpowszechnianie).
- Suszka B.** 2000. Aktualne sposoby przechowywania nasion buka. [W:] Ocena wartości genetycznej oraz problemy zagospodarowania selekcyjnego buczyn karpackich, red. J. Sabor. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 358, ser. Sesja Naukowa, 69, 177–183.
- Suszka B., Kluczyńska A.** 1980. Seedling emergence of stored beech (*Fagus sylvatica* L.) seed chilled without medium at a controlled hydration level and pregerminated in cold-moist conditions. Arboretum Kórnickie, 25, 231–255.
- Suszka B., Zięta L.** 1976. Further studies on the germination of beech (*Fagus sylvatica* L.) seed stored in an already after-ripened condition. Arboretum Kórnickie, 21, 279–296.
- Suszka B., Zięta L.** 1977. A new presowing treatment for cold-stored beech (*Fagus sylvatica* L.) seed. Arboretum Kórnickie, 21, 237–255.
- Suszka J.** 2000. Postępowanie z nasionami buka wysiewanymi na pierwszą wiosnę po zbiorze. [W:] Ocena wartości genetycznej oraz problemy zagospodarowania selekcyjnego buczyn karpackich, red. S. Sabor. Zesz. Nauk. AR w Krakowie 358, ser. Sesja Naukowa, 69, 185–188.

Cis – *Taxus*

- Suszka B.** 1985. Conditions for after-ripening and germination of seeds and for seedling emergence of English yew (*Taxus baccata* L.). Arboretum Kórnickie, 30, 285–338.

Chmielgrab – *Ostrya*

- Chmielarz P.** 1992. Conditions for dormancy breaking and germination of European hophornbeam (*Ostrya carpinifolia* Scop.). Part II. Seeds stored for 12 months. Arboretum Kórnickie, 37, 113–124.

Dąb – *Quercus*

- Suszka B., Krawiarz K.** 1971. Preparation of non-stored red oak seed (*Quercus borealis* Michx.) for germination. Arboretum Kórnickie, 16, 131–155.

Dereń – *Cornus*

- Tylkowski T.** 1990. Generatywne rozmnażanie derenia jadalnego. *Hasło Ogrodnicze*, 10, 12–13.
- Tylkowski T.** 1991. Thermal conditions for the after-ripening and germination of Cornelian Cherry (*Cornus mas.* L.) seeds. *Arboretum Kórnickie*, 36, 165–172.

Grab – *Carpinus*

- Suszka B.** 1968. Conditions for the breaking of dormancy and germination of hornbeam (*Carpinus betulus* L.) seeds. *Arboretum Kórnickie*, 13, 147–172.

Jarząb – *Sorbus*

- Suszka B., Bujarska-Borkowska B.** 2002. Likwidacja spoczynku nasion rodzimych jarzębów (*Sorbus aucuparia* L., *S. intermedia* Pers., *S. torminalis* Crantz.). [W:] Konferencja Naukowa „Zagospodarowanie oraz wartość genetyczna populacji drzew gatunków domieszkowych i introdukowanych w aspekcie stabilizacji ekosystemów leśnych Karpat”, Kraków–Brzesko–Ustroń–Jaszowiec–Bielsko, 10–20 października 2000 r. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, 394, ser. Sesja Naukowa, 86, 231–258.
- Tylkowski T.** 1996. Kielkowanie i wschody jarzębu mącznego (*Sorbus aria* L.) po likwidacji spoczynku i przechowaniu przez 1 rok w -3°C i -196°C. [W:] Międzynarodowe Sympozjum „Poprawa jakości nasion”. Instytut Sadownictwa i Kwiaciarnictwa, Skierniewice, 15–19 lipca 1996, 80.

Jesion – *Fraxinus*

- Suszka B.** 1987. Storage of after-ripened seeds of European ash (*Fraxinus excelsior* L.) in the frozen stratification medium. *Sempra-Praha. VSUZ – Olomouc. Symposium “60 years of horticultural research in Czechoslovakia”*, Papers – Ornamental Horticulture, Praha 18–21.8.1987, 120–126.
- Tylkowski T.** 1990. Mediumless stratification and dry storage of *Fraxinus excelsior* L. *Arboretum Kórnickie*, 35, 143–152.
- Tylkowski T.** 1993. After-ripening of European ash (*Fraxinus excelsior* L.) seeds matured in dry weather conditions. *Arboretum Kórnickie*, 38, 131–139.
- Tylkowski T.** 1994. Przystosowanie spoczynkowych nasion do siewu przez cyklicznie powtarzane moczenie w wodzie. I. Jesion wyniosły – *Fraxinus excelsior*. *Sylvan*, 138 (11), 53–59.
- Tylkowski T.** 1995. Fizjologiczne aspekty ustępowania spoczynku nasion jesionu wyniosłego *Fraxinus excelsior* L. *Sylvan*, 139(9), 53–59.
- Tylkowski T.** 1995. Rozmnażanie generatywne. [W:] Jesion wyniosły (*Fraxinus excelsior* L.), red. W. Bugała. *Nasze Drzewa Leśne*, 17. Poznań–Kórnik, 157–200.

Jodła – *Abies*

- Suszka B.** 1982. Rozmnażanie generatywne. [W:] Jodła pospolita – *Abies alba* Mill., red. S. Białobok. *Nasze Drzewa Leśne*, 4, PWN, Warszawa–Poznań, 175–265.
- Suszka B.** 1999. Problemy przechowalności nasion jodły pospolitej. [W:] Ocena zmienności genetycznej oraz program zagospodarowanie selekcyjnego drzewostanów jodłowych w RDLP Krosno, red. J. Sabor. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, 339, ser. Sesja Naukowa, 61, 171–179.

Kasztan – *Castanea*

Tylkowski T., Grupa R. 1994. Generatywne rozmnażanie kasztana jadalnego. *Las Polski*, 20, 11.

Kasztanowiec – *Aesculus*

Suszka B. 1966. Conditions for the breaking of dormancy and germination of the seeds of *Aesculus hippocastanum* L. *Arboretum Kórnickie*, 11, 203–220.

Klon – *Acer*

Tylkowski T. 1984. The effect of storing silver maple (*Acer saccharinum* L.) samaras on the germinative capacity of seeds and seedling growth. *Arboretum Kórnickie*, 29, 131–141.

Tylkowski T. 1989. Short-term storage of after-ripened seeds of *Acer platanoides* L. and *A. pseudoplatanus* L. *Arboretum Kórnickie*, 34, 135–141.

Tylkowski T. 1995. Przystosowanie spoczynkowych nasion do siewu przez cyklicznie powtarzane moczenie w wodzie. III. Klon jawor – *Acer pseudoplatanus* L. *Sylvan* 139(7), 15–21.

Tylkowski T. 1995. Naked stratification and storage of after-ripened Norway maple seeds. [W:] Proceedings of the Forest Seed Collection, Treatment and Storage Workshop. Opočno, Czech Republic, May 4–8 1995, 25–30.

Tylkowski T. 2000. Propagation of Japanese maple (*Acer palmatum* Thunb.) from seeds. *Rocz. AR Poznań, CCCXXIII, ser. Ogrodnictwo*, 31, Cz. 1, 183–187.

Leszczyna – *Corylus*

Tylkowski T. 1999. Generatywne rozmnażanie leszczyny pospolitej (*Corylus avellana* L.). *Arboretum Kórnickie*, 44, 87–96.

Lipa – *Tilia*

Tylkowski T. 1994. Przystosowanie spoczynkowych nasion do siewu przez cyklicznie powtarzane moczenie w wodzie. II. Lipa drobnolistna – *Tilia cordata* Mill. *Sylvan*, 138(12), 67–72.

Tylkowski T. 1998. Przewyciężanie spoczynku nasion lipy drobnolistnej przez hydrokondycjonowanie. [W:] Materiały z Konferencji „Nasiennictwo roślin ogrodniczych w Polsce – perspektywy integracji nauki z praktyką”. Instytut Sadownictwa i Kwiaciarnictwa, Skierniewice, 22 kwietnia 1998, 91–96.

Modrzew – *Larix*

Suszka B. 1986. Rozmnażanie generatywne. [W:] Modrzewie – *Larix decidua* Miller i *L. decidua* subs. *polonica* (Racib.) Domin., red. S. Białobok. *Nasze Drzewa Leśne*, 6, PWN, Warszawa–Poznań, 269–379.

Oczar – *Hamamelis*

Tylkowski T. 2000. Rozmnażanie generatywne oczaru wirginijskiego. [W:] Konferencja „Nowe technologie w szkółkarstwie ozdobnym”, Poznań–Kórnik, 8–9 września 2000, 24–27.

Olsza – *Alnus*

Suszka B. 1981. Rozmnażanie generatywne. [W:] Olsze – *Alnus* L. Mill., red. S. Białobok. *Nasze Drzewa Leśne*, 4, PWN, Warszawa–Poznań, 99–144.

Pigwa – *Cydonia*

Wrześniewski W. 1987. The effect of thermal conditions on the after-ripening of quince (*Cydonia oblonga* Mill.) seeds. *Arboretum Kórnickie*, 32, 327–335.

Róża (w tym podkładki generatywne) – *Rosa*

Suszka B., Bujarska-Borkowska B. 1987. Seed after-ripening and seedling emergence of *Rosa canina* L. and of some of its rootstock selections. *Arboretum Kórnickie*, 32, 231–296.

Suszka B., Bujarska-Borkowska B. 1989. After-ripening, germination of seeds and seedling emergence of *Rosa canina* ‘Schmids Ideal’ in relation to other rootstock selections of this species. *Arboretum Kórnickie*, 34, 113–134.

Sosna – *Pinus*

Lang H.-P., Suszka B., Bujarska-Borkowska B. 1994. Vorbehandlung und Lagerung des Saatgutes von Zirbe (*Pinus cembra* L.). *Centralblatt für das Gesamte Forstwesen* (Vienna), 111 (4), 219–227.

Suszka B. 1967. Fizjologia nasion. [W:] *Zarys fizjologii sosny zwyczajnej*, red. S. Białobok, W. Żelawski. PWN, Warszawa–Poznań, 145–176.

Suszka B. 1976. Seed physiology. [W:] *Outline of Physiology of Scots pine*, red. S. Białobok, W. Żelawski. *Nat. Center Sci., Techn. and Econ. Inform.*, Warsaw, Poland, 153–187.

Tylkowski T. 1993. Rozmnażanie generatywne. [W:] *Biologia sosny zwyczajnej*, red. S. Białobok, A. Boratyński, W. Bugała. Wyd. SORUS, Poznań–Kórnik, 209–239.

Wiąz – *Ulmus*

Tylkowski T. 1999. Warunki przechowywania, kielkowania i wschodzenia nasion wiąz górskiego (*Ulmus glabra* Huds.) i wiąz polnego (*U. minor* Mill.). *Sylvan*, 143(2), 39–46.

Wierzba – *Salix*

Suszka B. 1990. Rozmnażanie generatywne i wegetatywne. [W:] *Wierzby: *Salix alba* L., *Salix fragilis* L.*, red. S. Białobok. *Nasze Drzewa Leśne*. 13. PWN, Poznań, 161–210.

Gatunki dzikich drzew owocowych (*Pomoideae*, *Prunoideae*)

Suszka B. 1990. Rozmnażanie generatywne. [W:] *Dzikie drzewa owocowe*, red. S. Białobok. *Nasze Drzewa Leśne*, 18, PWN, Poznań, 321–340.

Suszka B. 1992. Generatywne rozmnażanie dzikich drzew owocowych. [W:] *Postępy Techniki w Leśnictwie*, 51. Problematyka genetyki i selekcji drzew leśnych. SITLiD. Wydawnictwo Świat, Warszawa, 68–73.

Różne gatunki drzew iglastych

Suszka B. 2001. Rozmnażanie generatywne drzew i krzewów iglastych. [W:] *Rozmnażanie, zastosowanie i ochrona roślin zimozielonych na terenach zieleni*, red. F. Gospodarczyk. AR we Wrocławiu, Druk. K. Kończyk, Wrocław, 21–28.

Różne gatunki leśnych drzew i krzewów liściastych

- Suszką B.** 1978. How to achieve simultaneous germination of after-ripened hardwood seed. Symposium sur la génération et le traitement des forêts feuillues de qualité en zone tempérée. IUFRO S1.05-00. INRA-CNFR Nancy-Champenoux, France, 11–15 Septembre 1978, 58–59.
- Suszką B.** 1993. Kontrollierte Stratifikation von Laubholzs Saatgut. [W:] International Symposium on forest tree seeds. Uelzen, Germany, June 8–12, 1993, 1–19 (ograniczone rozpowszechnianie).
- Suszką B.** 2000. Przystosowanie do siewu spoczynkowych nasion drzew i krzewów. [W:] Konferencja „Nowe technologie w szkółkarstwie ozdobnym”, red. W. Bojarczuk. Instytut Dendrologii PAN Kórnik – Wydział Ogrodniczy AR Poznań. Wyd. Grafika, Poznań, 15–23.
- Suszką B.** 2002. Przewidywane przystosowanie nasion drzew i krzewów do kiełkowania. Część I. Spoczynek nasion. *Szkółkarstwo*, 2, 18–19.
- Suszką B.** 2002. Przewidywane przystosowanie nasion drzew i krzewów do kiełkowania. Część II. Modele stratyfikacji. *Szkółkarstwo*, 3, 18–19.
- Suszką B.** 2002. Przewidywane przystosowanie nasion drzew i krzewów do kiełkowania. Część III. Postępowanie z nasionami stratyfikowanymi. *Szkółkarstwo*, 4, 16–18.
- Tylkowski T.** 1998. Przewidywanie spoczynku nasion jesionu wyniosłego (*Fraxinus excelsior* L. i lipy drobnolistnej (*Tilia cordata* Mill.). Wydawnictwo Z. Bartkowiak, Poznań, 1–64.
- Tylkowski T.** 1999. Wpływ mrożenia nasion wybranych gatunków drzew podczas stratyfikacji na ich kiełkowanie. Referaty i doniesienia wygłoszone na XI Ogólnokrajowym Seminarium Grupy Roboczej „Mrozoodporność”. Poznań, 76–85.
- Tylkowski T.** 2000. Stratyfikacja bez podłoża z cyklicznie powtarzanym moczeniem nasion w wodzie. Rozdz. 16.7 [W:] B. Suszka, Nowe technologie i techniki w nasiennictwie leśnym. Bogucki Wydawnictwo Naukowe s.c, Poznań, s. 200–202.
- Tylkowski T.** 2000. Stratyfikacja nasion lipy stężonym kwasem siarkowym. Rozdz. 16.9.4 [W:] B. Suszka, Nowe technologie i techniki w nasiennictwie leśnym. Bogucki Wydawnictwo Naukowe s.c, Poznań, s. 209–212.
- Tylkowski T.** 2000. Środki ostrożności obowiązujące podczas skaryfikacji chemicznej. Rozdz. 16.9.5 [W:] B. Suszka, Nowe technologie i techniki w nasiennictwie leśnym. Bogucki Wydawnictwo Naukowe s.c, Poznań, s. 213.

Podręczniki

- Suszką B.** 1979. Spoczynek i kiełkowanie nasion. [W:] Fizjologia roślin sadowniczych, red. L.S. Jankiewicz. PWN, Warszawa, 691–725.
- Suszką B.** 2000. Nowe technologie i techniki w nasiennictwie leśnym. Bogucki Wydawnictwo Naukowe s.c., Warszawa.
- Suszką B.** 2000. Podkładki generatywne dla drzew owocowych. [W:] Nasiennictwo, t. 2, Rozmnażanie materiału siewnego, red. K.W. Duczmał, H. Tucholska. PWRiL, Poznań, 346–369.
- Suszką B., Muller C., M. Bonnet-Masimbert.** 1994. Nasiona leśnych drzew liściastych – od zbioru do siewu. PWN, Warszawa–Poznań, wyd. 1, 1–299.
- Suszką B., Muller C., M. Bonnet-Masimbert.** 1994. Graines des feuillus forestiers – de la recolte au semis. INRA, Paris, PWN, Warszawa, 1–292.

- Suska B., Muller C., M. Bonnet-Masimbert.** 1996. Seeds of forest broadleaves – from harvest to sowing. INRA, Paris, 1–294.
- Suska B., Muller C., M. Bonnet-Masimbert.** 2000. Semi di latifoglie forestali – dalla raccolta alla semina. Calderini, Edagricole, Bologna, 1–319.
- Suska B., C. Muller, M. Bonnet-Masimbert.** 2000. Nasiona leśnych drzew liściastych – od zbioru do siewu. PWN, Warszawa Poznań, poprawione i uzupełnione wyd. 2, 1–307.
- Tylkowski T.** 1993. Rozmnażanie generatywne. [W:] *Biologia sosny zwyczajnej*, red. S. Białobok, A. Boratyński, W. Bugała. Wyd. SORUS, Poznań–Kórnik, 209–239.

Wykaz gatunków owadów szkodników wtórnych i ich parazytoidów występujących na świerku

Na świerku występowało 60 gatunków szkodników wtórnych. Ich liczebność była ograniczana przez 93 gatunki parazytoidów z 6 rodzin, głównie z rodziny *Braconidae*.

Owady uszkadzające łyko i drewno

- Polesiak górski – *Hylurgops glabratus* (Zett.) k, z
 Polesiak obramowany – *Hylurgops palliatus* (Gyll.) d, n, z
 parazytoidy polesiaków: *Eurytoma arctica* (Thoms.)
 Entedon ergias Walter (*Eulophidae*)
- Bielojad olbrzymi – *Dendroctonus micans* (Kugel.) d
 parazytoid: *Coeloides bostrichorum* (Gir.) (*Braconidae*)
- Drzewisz owłosiony – *Hylurgus ligniperda* (F.) d, n
 parazytoid: *Coeloides foersteri* (Haes.) (*Braconidae*)
- Bruzdkowiec zachodni – *Pityophthorus pityographus* (Ratz.) d, n, z
 parazytoidy: *Karpinskiella pityophthori* Boucek
 Macromesus amphiretus (Walk.) (*Pteromalidae*)
- Czteroooczek świerkowiec – *Polygraphus poligraphus* (L.) d, z
 parazytoid: *Dendrosoter protuberans* (Nees.) (*Braconidae*)
- Czteroooczek leżaninowiec – *Polygraphus punctifrons* (Thoms.) d, z
 parazytoid: *Bracon hylobii* (Ratz.) (*Braconidae*)
- Czteroooczek mniejszy – *Polygraphus subopacus* (Thoms.) d
 parazytoid: *Dendrosoter protuberans* (Nees.) (*Braconidae*)
- Wgryzoń świerkowiec – *Cryphalus abietis* (Ratz.) d, n, z
 parazytoid: *Cosmophorus cembrae* Ruschka (*Braconidae*)
- Kornik zrosłozębny – *Ips duplicatus* (Sahlb.) d, n
 parazytoidy: *Coeloides bostrichorum* (Gir.)
 Cosmophorus klugii (Ratz.) (*Braconidae*)
 Metacolus unifasciatus (Foerst.) (*Pteromalidae*)
- Kornik drukarczyk – *Ips amitinus* (Eichh.) d, n, z
 parazytoid: *Metacolus unifasciatus* (Foerst.) (*Pteromalidae*)
- Kornik drukarz – *Ips typographus* (L.) d, n, z
 parazytoidy: *Spathius exarator* (L.)
 S. rubidus (Ros.)
 Dendrosoter protuberans (Nees.)
 D. middendorffi (Ratz.)
 Coeloides bostrichorum (Gir.)
 C. abdominalis (Zett.)
 C. foersteri (Haes.)
 Cosmophorus regius (Niez.)
 Ropalophorus clavicornis (Wesm.) (*Braconidae*)

* W zestawieniach II, III, IV zastosowano następujące oznaczenia: k – owady żyjące pod korą umiarkowanie szkodliwe; n – niszczące drewno; d – dobijające drzewa; z – szczególnie niebezpieczne, mogące zaatakować zdrowe drzewa.

- Metacolus unifasciatus* (Foerst.)
Tomicobia acuminati (Hedq.)
Tomicobia seitneri (Rusch.)
Mesopolobus typographi (R.)
Roptrocercus xylophagorum R.
R. brevicornis (Thoms.)
Rhopalicus tutela (Walk.)
Rh. brevicornis (Thoms.) (*Pteromalidae*)
Calosota vernalis Curt.
Eupelmus urozonus Dalm. (*Eupelmidae*)
Eurytoma morio (Boh.)
Eurytoma blastophagi (Hedq.) (*Eurytomidae*)
- Smolik harcyński – *Pissodes harcyniae* (Herbst) d
 parazytoid: *Calosota aestivalis* Curt. (*Eupelmidae*)
- Oszczecik jasny – *Xylechinus pilosus* (Knoch.) d
 parazytoidy: *Dendrosoter middendorffii* (Ratz.)
Cosmophorus regius (Niez.) (*Braconidae*)
- Drzewożerek jednożenny – *Dryocoetes autographus* (Ratz.) d, z
 parazytoidy: *Spathius brevicaudis* (Ratz.)
Cosmophorus klugii (Ratz.)
Cosmophorus regius (Niez.) (*Braconidae*)
- Drzewożerek wielożenny – *Dryocoetes hectographus* Reitt. d
 parazytoid: *Cosmophorus regius* (Niez.) (*Braconidae*)
- Rytownik czterożebny – *Pityogenes quadridens* (Hart.) d
 parazytoid: *Eurytoma morio* (Boh.) (*Eurytomidae*)
- Rytownik pospolity – *Pityogenes chalcographus* (L.) d, z
 parazytoid: *Eurytoma spessivtsevi* Boucek (*Eurytomidae*)
- Korniczek wielożebny – *Orthotomicus laricis* (F.) k
 Korniczek ostrożebny – *Orthotomicus suturalis* (Gyll.) k
 Korniczek płaskożebny – *Orthotomicus proximus* (Eichh.) k
 parazytoidy korniczeków: *Dendrosoter middendorffii* (Ratz.)
Doryctes pomarius (Reinh.)
Bracon praetermissus (Marsh.) (*Braconidae*)
- Rytel pospolity – *Elateroides dermestoides* (L.) n, z
 Parazytoid: *Aspigonus diversicornis* (Wesm.) (*Braconidae*)
- Kwietniczek czterokropkowy – *Anthaxia quadripunctata* (L.) n
 parazytoid: *Spathius brevicaudis* (Ratz.) (*Braconidae*)
- Kurtek mniejszy – *Molorchus minor* (L.) d, n, z
 parazytoid: *Xorides niger* Pfeffer
- Walczyk świerkowiec – *Magdalis memnonia* (Gyll.) d, n
 parazytoid: *Doryctes mutillator* (Thunb.)
- Kozulka sosnowka – *Pogonocherus fasciculatus* (Deg.) d, n
 parazytoidy: *Dendrosoter middendorffii* (Ratz.) (*Braconidae*)
Ephialtes manifestator (L.) (*Ichneumonidae*)
- Tycz cieśla – *Acanthocinus aedilis* (L.) d, n
 Tycz mniejszy – *Acanthocinus griseus* Fabr. d, n
 Tycz jodłowiec – *Acanthocinus reticulatus* Razum. d, n
 parazytoidy tyczy: *Atractogaster semisculptus* Kriechb.

- Xorides filiformis* (Grav.)
Xorides irrigator (F.) (*Ichneumonidae*)
Ontsira imperator (Haliday)
Zavipio nominator (F.) (*Braconidae*)
- Trykoń świerkowiec – *Obrium brunneum* (F.) d, n
 parazytoid: *Xorides irrigator* (F.) (*Ichneumonidae*)
- Łuczniczka świerkowiec – *Clytus lama* Muls. d, n
 parazytoid: *Doryctes leucogaster* (Nees.) (*Braconidae*)
- Zmorsznik czerwony – *Corymbia rubra* (L.) k, z
 parazytoid: *Xorides filiformis* (Grav.) (*Ichneumonidae*)
- Rębacz pstry – *Rhagium inquisitor* (L.) k, z
 parazytoidy: *Neoxorides collaris* (Grav.)
Ischnoceros caligatus (Grav.)
Xorides irrigator (F.)
Xorides rufipes (Grav.)
Xorides filiformis (Grav.) (*Ichneumonidae*)
- Wykarczszak sosnowiec – *Arhopalus rusticus* (L.) n
 parazytoidy: *Atanycolus genalis* (Thoms.) (*Braconidae*)
Ischnoceros caligatus (Grav.) (*Ichneumonidae*)
- Zagwoździak brunatny – *Callidium coriaceum* Payk. d, n
 Zagwoździak fiołkowy – *Callidium violaceum* (L.) d, n, z
 Zagwoździak zlocistozielony – *Callidium aeneum* (Deg.) d, n
 parazytoidy zagwoździaków: *Coleocentrus caligatus* (Grav.) (*Ichneumonidae*)
Doryctes mutillator (Thunb.)
Wroughtonia dentator (L.) (*Braconidae*)
- Kołatek korowiec – *Anobium punctatum* (Deg.) d, n
 parazytoidy: *Platygyrrhus affinis* (Walk.)
Plutothrix coelis (Walk.) (*Pteromalidae*)
- Stukacz podkorowiec – *Ernobius mollis* (L.) d, n
 parazytoid: *Entedon methion* (Walk.) (*Eulophidae*)
- Drwalnik paskowany – *Trypodendron lineatum* (Ol.) n, z
 parazytoid: *Eurytoma spessivtsevi* Boucek (*Eurytomidae*)
- Ściga lśniąca – *Tetropium castaneum* (L.) d, n, z
 Ściga matowa – *Tetropium fuscum* (F.) d, n, z
 parazytoidy ścig: *Neoxorides collaris* (Grav.)
Xorides praecatorius (F.)
Xorides brachylabis (Kriechb.)
Coleocentrus caligatus (Grav.) (*Ichneumonidae*)
- Żerdzianka krawiec – *Monochamus sartor* (F.) d, n, z
 Żerdzianka szewc – *Monochamus sutor* (L.) d, n, z
 parazytoidy żerdzianek: *Coleocentrus excitator* (Poda)
Odontocolon quercinum (Thoms.) (*Ichneumonidae*)
Wroughtonia ruspator (L.) (*Braconidae*)
- Szczapówka bruzdkowana – *Aseum striatum* (L.) d, n
 parazytoid: *Atanycolus genalis* (Thoms.) (*Braconidae*)
- Rozwiertek Saksesena – *Xyleborus saxeseni* (Ratz.)
 parazytoidy: *Eurytoma spessivtsevi* Boucek et Nov. (*Eurytomidae*)
Perniphora robusta Ruschka (*Pteromalidae*)

Spuszczał pospolity – *Hylotrupes bajulus* (L.) n
 parazytoidy: *Sclerodermus domesticus* (Klug.) (*Bethylidae*)
Rhoprocentrus piceus (Marsch.) (*Braconidae*)
 Gmachówka pniowa – *Camponotus herculeanus* (L.) d, n
 parazytoid: *Stilbula cynipiformis* Rossi (*Pteromalidae*)
 Głaszczyn brodaty – *Serropalpus barbatus* (Schal.) d, n
 Trzpiennik świerkowiec – *Sirex juvencus* (L.) n, z
 Kruszel pospolity – *Xeris spectrum* (L.) n, z
 parazytoidy głaszczyzna, kruszela i trzpiennika:
Rhyssa persuasoria (L.)
Rhyssa amoena (Grav.)
Rhyssella approximator (F.)
Rhyssella obliterated (Grav.)
Pseudorhyssa maculicoxix (Kriechb.)
Pseudorhyssa alpestris (Holmgr.)
Megarhyssa emarginatoria (Thunb.)
Megarhyssa histrio (Christ.) (*Ichneumonidae*)

Zestawienie III

Wykaz gatunków owadów szkodników wtórnych i ich parazytoidów występujących na jodle

Na jodle stwierdzono 12 gatunków szkodników wtórnych, których liczebność była ograniczana przez 16 gatunków parazytoidów należących do 2 rodzin.

Fizjologiczne szkodniki wtórne:

Smolik jodłowiec – *Pissodes piceae* (Ill.) d
 parazytoid: *Coeloides foersteri* Haes. (*Braconidae*)
 Jodłowiec krzywozębny – *Pityokteines curvidens* (Germ.) d
 parazytoid: *Coeloides foersteri* (Haes.) (*Braconidae*)
 Jodłowiec kolcozębny – *Pityokteines spinidens* (Reitt.) d
 Jodłowiec Worontzowa – *Pityokteines vorontzovi* (Jacobs.) d
 parazytoid jodłowców: *Dendrosoter middendorffii* (Ratz.) (*Braconidae*)
 Wgryzoń jodłowiec – *Cryphalus piceae* (Ratz.) d
 parazytoid: *Coeloides bostrichorum* (Giraud) (*Braconidae*)
 Bruzdkowiec zachodni – *Pityophthorus pityographus* (Ratz.) d, n, z
 parazytoid: *Dendrosoter middendorffii* (Ratz.) (*Braconidae*)
Owady uszkadzające tyto i drewno:
 Rytel pospolity – *Elateroides dermestoides* (L.) d, n
 parazytoid: *Aspigonus diversicornis* (Wesm.) (*Braconidae*)
 Drwalnik paskowany – *Xyloterus lineatus* (Ol.) d, n
 parazytoidy: *Cosmophorus regius* (Niez.) (*Braconidae*)
Dendrosoter middendorffii (Ratz.) (*Braconidae*)
 Trzpiennik olbrzym – *Urocerus gigas* (L.) d, n
 Trzpiennik sosnowiec – *Sirex noctilio* (F.) d, n
 Głaszczyn brodaty – *Serropalpus barbatus* (Schall.) d, n
 Kruszel czarny – *Xeris spectrum* (L.) d, n
 parazytoidy trzpienników, głaszczyzna i kruszela – jak w wykazie szkodników świerka

Zestawienie IV

Wykaz gatunków owadów szkodników wtórnych i ich parazytoidów występujących na buku

Na buku stwierdzono 12 gatunków szkodników wtórnych, których liczebność była ograniczana przez 13 gatunków parazytoidów należących do 3 rodzin.

Fizjologiczne szkodniki wtórne

- Opiętek zielony – *Agrilus viridis* (L.) d, n
Opiętek dwukropkowy – *Agrilus biguttatus* (F.) d, n
parazytoid opiętków: *Atanycolus neesii* (Marsh.) (*Braconidae*)
Zrąbień dębowiec – *Chrysobothris affinis* (F.) d, n
parazytoid: *Pseudovipio castrator* (F.) (*Braconidae*)
Ogłodek dębowiec – *Scolytus intricatus* (Ratz.) d, n
parazytoid: *Cosmophorus regius* (Niez.) (*Braconidae*)
Capoń mglisty – *Leiopus nebulosus* (L.) d, n
parazytoid: *Iphiaulax impostor* (Scopoli) (*Braconidae*)
Rębacz szary – *Rhagium mordax* (Deg.) k
parazytoidy: *Atanycolus denigrator* (L.) (*Braconidae*)
Ischnoceros caligatus (Grav.) (*Ichneumonidae*)

Owady uszkadzające tyko i drewno

- Paśnik pałaczasty – *Plagionotus arquatus* (L.) dn
parazytoidy: *Iphiaulax impostor* (Scopoli)
Pseudovipio castrator (F.) (*Braconidae*)
Drwalnik bukowiec – *Xyloterus domesticus* (L.) n
parazytoid: *Dendrosoter middendorffii* (Ratz.) (*Braconidae*)
Rozwiertek nieparek – *Xyleborus dispar* (F.) n
Rozwiertek mniejszy – *Xyleborus dryographus* (Ratz.) n
parazytoidy rozwiertków: *Eurytoma spessivtsevi* Boucek et Nov. (*Eurytomidae*)
Perniphora robusta Ruschka (*Pteromalidae*)
Płaskowiak zmiennik – *Phymatodes testaceus* (L.) dn
parazytoid: *Dendrosoter middendorffii* (Ratz.) (*Braconidae*)
Rytel pospolity – *Elateroides dermestoides* (L.) n
parazytoid: *Aspigonus diversicornis* (Wesm.) (*Braconidae*)