

Polskie szkółkarstwo osiągnęło w ostatnich 20 latach wysoki poziom i stało się jedną z najnowocześniejszych gałęzi gospodarstwa leśnego.

Wobec zmieniających się warunków środowiskowych pojawiają się nowe zagadnienia związane z ulepszaniem lub weryfikacją stosowanych metod bądź z koniecznością stosowania nowych rozwiązań.

Władysław Chatupka

Książka „Szkółkarstwo od A do Z” jest pozycją od lat oczekiwaną przez leśników szkółkarzy, wypełniającą dotychczasową lukę w tym obszarze tematycznym. Zawiera bogaty zasób wiedzy teoretycznej i praktycznej, uporządkowanej alfabetyczną kolejnością tytułów rozdziałów. Omawia wszystkie najważniejsze strony produkcji szkółkarskiej, od przechowywania i przysposabiania nasion do wysiewu, przygotowania kwater i pól siewnych, poprzez sam siew, zabiegi pielęgnacyjne i ochronne, płodozmian, nawożenie organiczne i mineralne, organizację pracy i schematy zabiegów wraz z przeglądem wszystkich operacji, wreszcie po ocenę wydajności.

Niektóre z podrozdziałów mają charakter doniesienia lub sprawozdania naukowego, inne zawierają więcej wiadomości, porad i zaleceń praktycznych, co pozwala nazwać książkę poradnikiem.

Jej autorzy, wybitni eksperci i naukowcy, gwarantujący najwyższy poziom publikacji, mają nadzieję, że znajdzie ona uznanie wśród leśników i będzie bardzo przydatna w szkółkarstwie leśnym.

Wojciech Fonder, fragment recenzji książki

Szkółkarstwo leśne od A do Z

Szkółkarstwo leśne od A do Z



ISBN 978-83-89744-81-4



CENTRUM INFORMACYJNE
LASÓW PAŃSTWOWYCH

Szkółkarstwo leśne od A do Z

Praca zbiorowa pod redakcją
Wojciecha Wesolego
i Marii Hauke



CENTRUM INFORMACYJNE
LASÓW PAŃSTWOWYCH

Wydano na zlecenie Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych
Warszawa 2009

© Centrum Informacyjne Lasów Państwowych

ul. Bitwy Warszawskiej 1920 r. nr 3

02-362 Warszawa

tel. 022 822 49 31, fax 022 823 96 79

e-mail: cilp@cilp.lasy.gov.pl

www.lasy.gov.pl

Recenzja

mgr inż. Wojciech Fonder

Fotografie

Robert Furdyna, Maria Hauke, Wioletta Hoffman, Kazimierz Jagielski,
Leon Jagoda, Sergiusz Kaczmarzyk, Mieczysław Kolasiński,
Stefan Kowalski, Piotr Leciejewski, Halina Narożna, Mieczysław
Piórkowski, Janusz Sabor, Teresa Stocka, Jacek Stocki, Bolesław Suszka,
Stefan Tarasiuk, Józef Walczyk, Wojciech Wesoły, Marek Wilczyński.

Fotografie na okładce

Wojciech Wesoły

Redakcja merytoryczna

mgr Barbara Świącicka

Opracowanie graficzne i redakcja techniczna

Bożena Widłaszewska

Korekta:

Elżbieta Kijewska

ISBN 978-83-89744-81-4

Skład i łamanie:

Agencja Poligraficzno-Wydawnicza ANTER s.c.

ul. Tamka 4, lok. 12, 00-349 Warszawa

Druk i oprawa:

DRUK-INTRO S.A.

www.druk-intro.home.pl

Podziękowania

Pragnę wyrazić słowa wdzięczności i serdecznie podziękować wszystkim, którzy przyczynili się do powstania tego podręcznika. Osoby, którym zaproponowałem udział w realizacji tej nowej książki, swoją gruntowną wiedzą teoretyczną, popartą dużym doświadczeniem, przyczyniły się do powstania pozycji będącej kompendium wiedzy z zakresu szkółkarstwa leśnego. Wyrażam również ogromną wdzięczność Pani dr inż. Marii Hauke, której konsekwentne działania bardzo dyscyplinowały, tak licznych, autorów tego podręcznika i przyczyniły się do złożenia manuskryptu.

Szczególnie serdecznie dziękuję mgr. inż. Wojciechowi Fonderowi, naczelnikowi Wydziału Hodowli Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych, za recenzję oraz wieloletnią współpracę. Zaangażowanie Pana i całego zespołu Wydziału Hodowli umożliwiło zrealizowanie szerokiego zakresu badań, wykonywanych przez kilka ośrodków naukowych. Badania te, dotyczące teoretycznych i przede wszystkim praktycznych zagadnień związanych ze szkółkarstwem leśnym, jednoznacznie przyczyniły się do przybliżenia czytelnikowi najnowszej wiedzy z zakresu szeroko pojętego szkółkarstwa leśnego.

Dziękuję również Pani mgr Renacie Dobrzyńskiej z Centrum Informacyjnego Lasów Państwowych za opiekę nad organizacyjną stroną tego przedsięwzięcia.

Wojciech Wesoty

Poznań, 30 września 2008 roku

Spis treści

| | |
|--|-----|
| Wstęp (<i>Wojciech Fonder</i>) | 9 |
| A. Admitancja elektryczna; praktyczne aspekty pomiaru admitancji elektrycznej pędu jako miary stanu fizjologicznego sadzonek (<i>Wojciech Wesoły, Paweł M. Pukacki</i>) | 11 |
| B. Baza nasienna w Polsce – zasady tworzenia i wykorzystanie (<i>Jan Matras</i>) | 17 |
| Leśny materiał podstawowy i leśny materiał rozmnożeniowy | 19 |
| C. Choroby grzybowe i abiotyczne (<i>Teresa Stocka</i>) | 34 |
| Choroby grzybowe na nasionach gatunków ciężkonasiennych | 34 |
| Choroby grzybowe nasion gatunków lekkonasiennych | 42 |
| Choroby sadzonek | 48 |
| D. Deszczowanie – aspekty biologiczne i techniczne | 57 |
| Woda jako niezbędny czynnik warunkujący możliwość produkcji materiału sadzeniowego (<i>Piotr Leciejewski, Piotr Zajączkowski</i>) | 57 |
| Jakość wody do deszczowania (<i>Maria Hauke</i>) | 74 |
| Doświadczenia w szkółkach (<i>Władysław Barzdajn</i>) | 78 |
| Podstawowe pojęcia | 78 |
| Zasady doświadczeń szkółkarskich | 81 |
| Układy eksperymentalne | 82 |
| G. Gleby w szkółce | 88 |
| Próchnica (<i>Władysław Barzdajn</i>) | 88 |
| Alkaliczacja środowiska glebowego w szkółkach leśnych (<i>Kazimierz Biały, Andrzej Biały</i>) | 91 |
| Zakwaszanie gleb leśnych w szkółkach (<i>Antoni Sienkiewicz</i>) | 94 |
| Wapnowanie gleb w szkółkach leśnych (<i>Antoni Sienkiewicz</i>) | 96 |
| Zasolenie gleb w szkółkach leśnych (<i>Antoni Sienkiewicz</i>) | 100 |

| | |
|---|-----|
| H. Hydrożele (<i>Piotr Leciejewski</i>) | 103 |
| Wykorzystanie hydrożeli w produkcji sadzonek na powierzchni szkółki i w tunelach foliowych | 106 |
| Hydrożele w przechowalnictwie i transporcie materiału sadzeniowego .. | 108 |
| Inne możliwości zastosowania hydrożeli | 111 |
| Zmniejszanie stresu roślin wywołanego nadmiernym zasoleniem gleby .. | 112 |
| Hydrożele i ich wpływ na środowisko | 112 |
| K. Kompostowanie (<i>Maria Hauke</i>) | 114 |
| Proces kompostowania | 115 |
| Przygotowanie przyzmy kompostowej | 118 |
| Zestawienie substratów wyjściowych w przyzmy kompostowej | 120 |
| Inokulacja | 122 |
| Proces rozkładu materii organicznej | 123 |
| Podsumowanie | 124 |
| Koszty produkcji szkółkarskiej (<i>Wiktor Ilwiczki, Stefan Tarasiuk</i>) | 124 |
| Rodzaje kosztów | 124 |
| Ewidencja zdarzeń gospodarczych | 126 |
| Koszt jednostkowy | 128 |
| Nowelizacja zasad analizowania procesu produkcji szkółkarskiej | 132 |
| Zakładanie pól siewnych | 133 |
| Obliczanie kosztu jednostkowego | 134 |
| Podsumowanie | 134 |
| L. Leśny materiał rozmnożeniowy (LMR) (<i>Tomasz Dziemidek</i>) | 135 |
| Ustawa o LMR a szkółkarstwo leśne | 135 |
| Informacje ogólne, definicje | 135 |
| Leśny materiał podstawowy | 138 |
| Obrót leśnym materiałem rozmnożeniowym | 140 |
| Regionalizacja nasienna | 143 |
| Rynek szkółkarstwa leśnego w Polsce – producenci LMR | 147 |
| M. Maszyny w polowych szkółkach leśnych (<i>Kazimierz Jagielski, Marek Wilczyński</i>) | 151 |
| Ciągnik dla szkółek | 151 |
| Przygotowanie gleby w szkółce | 152 |
| Formowanie grzędy siewnej | 154 |
| Uprawa gleby na grzędzie siewnej | 155 |
| Siew nasion | 155 |
| Maszyny do okrywania grzędy po siewie | 157 |
| Szkółkowanie sadzonek | 158 |
| Maszyny do pielęgnacji szkółki | 159 |
| Podcinanie korzeni | 163 |
| Wyorywanie i wyjmowanie sadzonek | 165 |
| Transport sadzonek w szkółce | 168 |
| Wiązanie sadzonek | 169 |
| Mechanizacja siewu w szkółkach leśnych (<i>Józef Walczyk</i>) | 170 |
| Siew punktowy | 170 |
| Siew punktowy w szkółce otwartej | 175 |
| Siew punktowy w korytach | 177 |
| Siew punktowy pod osłonami | 178 |

| | |
|---|-----|
| Mikoryza (<i>Maria Rudawska, Tomasz Leski</i>) | 181 |
| Mikoryza w szkółkach leśnych | 181 |
| Typy mikoryz | 182 |
| Korzyści wynikające z obecności mikoryz | 186 |
| Grzyby ektomikoryzowe, które tworzą owocniki w szkółkach leśnych | 187 |
| Zbiorowiska grzybów ektomikoryzowych występujących w szkółkach leśnych | 188 |
| Czynniki wpływające na rozwój mikoryz | 190 |
| Jak rozpoznawać ektomikoryzę na sadzonkach w szkółkach leśnych? | 192 |
| Konkluzje | 193 |
| Mikoryzacja (<i>Stefan Kowalski</i>) | 195 |
| Sterowana mikoryzacja sadzonek w szkółkach leśnych | 195 |
| Mikoryzacja sadzonek drzew leśnych pożądanym zabiegiem hodowlanym | 195 |
| Korzyści ze stosowania w praktyce szkółkarskiej biopreparatu z grzybem <i>H. crustuliniforme</i> | 199 |
| Mikroklimat - kształtowanie mikroklimatu gruntowych szkółek leśnych (<i>Stefan Tarasiuk, Wojciech Oźga</i>) | 200 |
| N. Nasiona (<i>Bolesław Suszka</i>) | 212 |
| Przechowywanie nasion | 212 |
| Spoczynek nasion i jego przewyciężanie | 221 |
| Nawozy organiczne (<i>Władysław Barzdajn, Maria Hauke</i>) | 229 |
| Nawozy zielone | 229 |
| Obornik | 230 |
| Gnojówka i gnojowica | 230 |
| Torf niski | 231 |
| Torf wysoki | 231 |
| Ściółka leśna | 231 |
| Węgiel brunatny | 232 |
| Kompost | 232 |
| Nawożenie | 233 |
| Nawożenie dogłębowe (<i>Grażyna Szoltyk, Piotr Zajączkowski</i>) | 233 |
| Tradycyjne nawożenie mineralne | 236 |
| Nawożenie nawozami długo działającymi o kontrolowanym uwalnianiu składników | 238 |
| Nawożenie dolistne oraz stosowanie nawozów wieloskładnikowych o długim okresie działania, w szkółkach kontenerowych i otwartych (<i>Wojciech Wesoty, Maria Hauke, Antoni Sienkiewicz</i>) | 241 |
| Nawożenie nawozami wieloskładnikowymi poprzez opryskiwacz | 249 |
| Norma siewu (<i>Szymon Jastrzębowski, Wojciech Wesoty, Robert Furdyna</i>) ... | 254 |
| Siewy na zielono (<i>Marek Berft</i>) | 259 |
| O. Organizacja prac szkółkarskich i warunki trwałego zapewnienia sprawności stałych szkółek gruntowych (<i>Stefan Tarasiuk, Wiktor Ilwicki</i>) | 263 |
| Owady szkodliwe w szkółkach (<i>Jacek Stocki</i>) | 270 |
| Owady żerujące na korzeniach oraz szyjkach korzeniowych siewek i sadzonek | 271 |
| Kontrola szkółek i upraw w celu określenia zagrożenia od owadzych szkodników korzeni | 279 |
| Biologiczne metody ochrony szkółek przed szkodnikami korzeni | 280 |

| | |
|---|------------|
| Szkodniki owadzie przewodników i pędów | 282 |
| Szkodniki owadzie aparatu asymilacyjnego i pączków | 284 |
| Zasady zmniejszania szkód od owadów w szkółkach | 295 |
| P. Płodozmiany (Władysław Barzdajn) | 298 |
| Uzasadnienie stosowania płodozmianów w szkółkach leśnych | 299 |
| Płodozmiany stosowane w szkółkach Lasów Państwowych | 301 |
| Przechowywanie sadzonek od ich wyjęcia w szkółce do wysadzenia na uprawie (Wojciech Wesoly) | 304 |
| Przechowywanie sadzonek przez zimę (Wojciech Wesoly, Maria Hauke, Stefan Tarasiuk, Wioletta Hoffman) | 307 |
| Przechowywanie materiału sadzeniowego w chłodniach | 309 |
| Przechowywanie sadzonek gatunków liściastych produkowanych w szkółkach kontenerowych | 309 |
| Przechowywanie w chłodniach sadzonek z odkrytym systemem korzeniowym | 313 |
| Przechowywanie sadzonek przez zimę w zamkniętej wiacie | 316 |
| R. Rozmnażanie wegetatywne (Maria Hauke) | 317 |
| S. Sadzonki do zalesień (Władysław Barzdajn) | 321 |
| Schematy blokowe produkcji sadzonek w szkółce leśnej (Wojciech Wesoly) | 324 |
| Szkółkarstwo leśne w warunkach górskich (Janusz Sabor) | 331 |
| Założenia programowe | 331 |
| Warunki produkcji | 332 |
| Możliwość poprawy warunków produkcji | 337 |
| Zasady wykorzystania bazy nasiennej | 346 |
| Szkółkarstwo leśne w programach selekcji i zachowania zasobów genowych | 351 |
| Szkółki | 353 |
| Szkółki podokapowe (Leon Jagoda, Edward Gurgul) | 353 |
| Szkółki kontenerowe (Wojciech Wesoly) | 357 |
| Warunki mikroklimatyczne w namiotach foliowych (Piotr Zajaczkowski) .. | 362 |
| T. Testy i metody oceny uszkodzeń mrozowych sadzonek drzew leśnych (Wojciech Wesoly, Paweł M. Pukacki) | 369 |
| Wstępna ocena sadzonek podstawowych gatunków drzewiastych bezpośrednio w szkółce | 370 |
| Metody oceny stopnia uszkodzeń mrozowych w warunkach laboratoryjnych | 370 |
| Pobranie w szkółce prób do analiz | 372 |
| Wykonanie testów | 372 |
| W. Wielolatki – formowanie systemów korzeniowych | 376 |
| Szkółkowanie (Wojciech Wesoly, Wojciech Kowalkowski, Mieczysław Piórkowski) | 376 |
| Podcinanie korzeni (Maria Hauke) | 381 |
| Wydajność a efektywność produkcji w szkółkarstwie leśnym (Stefan Tarasiuk) | 382 |
| Literatura | 389 |

Wstęp

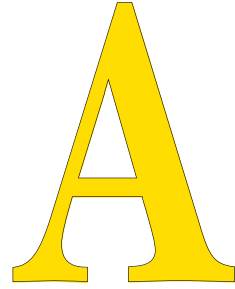
Książka jest oczekiwaną od lat pozycją, wypełniającą lukę w tym obszarze tematycznym, gdyż poza „Szkółkarstwem leśnym” (praca zbiorowa pod redakcją Ryszarda Sobczaka, Wydawnictwo Świat, Warszawa, 1992 r.) oraz „Szkółkarstwem kontenerowym”, (autorstwa Kazimierza Szabli i Roberta Pabiana, Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, 2009 r.), od dawna nie ukazała się żadna praca poświęcona tym zagadnieniom. W niniejszej publikacji umieszczone w układzie alfabetycznym rozdziały przedstawiają rzetelnie, w przeglądowy sposób, podstawowy zasób wiedzy teoretycznej i spostrzeżenia oraz zalecenia praktyczne, opracowane przez różnych autorów. Niektóre z podrozdziałów mają bardziej charakter doniesienia lub sprawozdania naukowego, inne natomiast porad praktycznych.

Publikacja wywołuje pozytywne wrażenie, zawiera bogaty zasób wiedzy, uporządkowanej alfabetyczną kolejnością rozdziałów. Przedstawiono w nich pewien przegląd wiedzy, omówione zostały również najważniejsze aspekty produkcji szkółkarskiej: od przechowywania i przygotowania nasion, przez przygotowanie kwater i pól siewnych, siew, zabiegi pielęgnacyjne i ochronne, płodozmian, nawożenie organiczne i mineralne, organizacja pracy i schematy zabiegów, zawierające przegląd wszystkich operacji, aż po ocenę wydajności. Kilka działów charakteryzuje się absolutną nowością, podano w nich informacje nieznanе dotychczas, czego przykładem jest rozdział poświęcony testom i metodom oceny uszkodzeń mrozowych sadzonek drzew leśnych, czy siewie punktowym. Opisane zostały również stosunkowo nowe rozwiązania technologiczne w hodowli lasu, m.in. hydrozele i możliwości ich zasto-

sowania w szkółkarstwie leśnym, transporcie i przechowywaniu materiału sadzeniowego.

Książka zawiera także spostrzeżenia autorów, porady i zalecenia praktyczne, co umożliwi nazwanie publikacji poradnikiem, który – mam nadzieję – znajdzie uznanie i będzie bardzo przydatny w szkółkarstwie leśnym. Reprezentowany skład autorów, zaliczanych do wybitnych ekspertów i autorytetów naukowych, gwarantuje najwyższy poziom i jakość tej pozycji wydawniczej. Publikację można ocenić na piątkę.

Wojciech Fonder



Admitancja elektryczna; praktyczne aspekty pomiaru admitancji elektrycznej pędu jako miary stanu fizjologicznego sadzonek

WOJCIECH WESOŁY, PAWEŁ M. PUKACKI

W Polsce obecnie jakość sadzonek w leśnictwie, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 18 lutego 2004 r., określa się na podstawie cech wzrostowych, tzn. wysokości części nadziemnej, średnicy w szyi korzeniowej i długości korzeni szkieletowych (najgrubszych korzeni tworzących podstawę systemu korzeniowego). Jednak ocena przydatności sadzonek do odnowień i zalesień oparta tylko na cechach wzrostowych, bez uwzględnienia np. stanu systemu korzeniowego, może być błędna [Ritchie, Dunlap, 1980]. O dużej przydatności sadzonek, wpływającej zdecydowanie na ich zdolność do dobrego przyjmowania się i intensywny wzrost, decydują cechy fizjologiczne, określające kondycję sadzonek, często formułowaną jako ich żywotność [Langerud, 1991]. Zewnętrzny wygląd sadzonek nie zawsze koreluje z ich rzeczywistą żywotnością, co może decydująco wpływać na przeżywalność w trudnych warunkach uprawy [Wesoły, 1997].

W praktyce leśnej materiał sadzeniowy już w czasie wyjmowania z gruntu w szkółce oraz dołowania, powszechnie stosowanego w leśnictwie sposobu przechowywania sadzonek, narażany jest m.in. na ubytek części systemu korzeniowego, przesuszenia czy działanie, wywołujące stres, zbyt niskiej lub wysokiej temperatury. Z oddziaływaniem zróżnicowanej temperatury mamy do czynienia również w czasie przechowywania sadzonek, ich transportu oraz bezpośrednio przed sadzeniem na powierzchniach odnowieniowo-zalesieniowych. Te niekorzystne czynniki mogą być przyczyną obniżenia jakości fizjologicznej i zdolności do ukorzenia się sadzonek. Prawidłowy pod względem jakościowym materiał sadzeniowy gwarantuje nam lepszą jakość

nasadzeń, tzn. bujniejszy wzrost sadzonek oraz lepszą udatność upraw, której efektem jest mniejsza liczba poprawek.

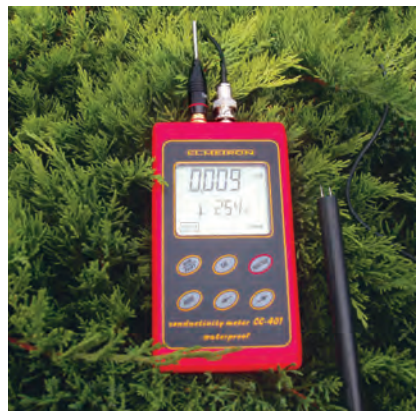
Panuje również opinia, że sadzonki duże, wyrosnięte, które w szkółce rosły w dobrych warunkach, gorzej przyjmują się na uprawach leśnych. Niewielka zasobność gleby leśnej i przede wszystkim jej mała wilgotność może powodować szok u sadzonek, które dotąd rosły w środowisku optymalnym. Przesuszenie należy do najbardziej stresogennych czynników, które działają na młode sadzonki [Steudle, 2000]. Krótki okres suszy, który redukuje potencjał wodny w pędach poniżej $-2,5$ Mpa, może silnie zakłócić rozwój sadzonek gatunków iglastych, ale nie spowoduje bezpośrednio ich zamierania [Blake i Li, 2003, Guarnaschelli i in., 2003]. Stres ten obniża jednak przydatność sadzonek do odnowień i zalesień, dlatego potrzebna jest wcześniejsza informacja, charakteryzująca jakość materiału sadzeniowego.

Fizjologiczny stan sadzonek, określane często jako ich żywotność, może być dobrą miarą oceny materiału sadzeniowego oraz określenia jego przydatności do uprawy [Wielgosz i Wesoły, 2000]. Najbardziej przydatne są metody oceny sadzonek bezpośrednio w terenie, które nie powodują ich dużych uszkodzeń [Wesoły i in., 1998; Pukacki, 2000]. Bardzo przydatną, szybką i prostą w zastosowaniu jest metoda oceny żywotności poprzez pomiar przewodnictwa elektrycznego [Białobok i Pukacki, 1974; Pukacki, 1982; Blanchard i Carter, 1980; Lindberg i Johansson, 1989; Pukacki i Rożek, 2005]. W metodzie tej wykorzystano zdolność tkanek roślinnych do przewodzenia prądu elektrycznego. Podstawowe składniki komórek, jakimi są błony cytoplazmatyczne, stawiają przechodzącemu prądowi największy opór. Naruszenie struktury błon cytoplazmatycznych na skutek działania stresowych czynników środowiska powoduje zakłócenie w stosunkach jonowych i wzrost przewodnictwa elektrycznego [Pukacki, 1982]. Ze względu na występowanie w komórkach roślinnych elementu pojemnościowego, jakimi są głównie błony, wartość mierzonego przewodnictwa elektrycznego jest sumą konduktywności (G) i susceptancji (B) tkanek i określana jest admitancją elektryczną (Y), a jednostką jest 1 Simens:

$$Y = G + B$$

Admitancję elektryczną mierzy się za pomocą dwóch elektrod, wprowadzając je bezpośrednio do badanych pędów i w ten sposób włącza się tkanki roślinne do obwodu elektrycznego. Pod wpływem napięcia przyłożonego na wycinek tkanki roślinnej, znajdującej się pomiędzy elektrodami, następuje ruch jonów. Należy podkreślić, że parametry elektryczne tkanek roślinnych ulegają zmianom na skutek zmian w stosunkach wodnych. Wzrost zawartości wody oraz jonów K^+ i Na^+ w tkankach zwiększa admitancję elektryczną. Tkanki roślinne w okresie wegetacji, gdy ruchliwość jonów jest większa, wy-

Ryc. 1. Konduktometr CC-401 do pomiaru admitancji elektrycznej sadzonek



kazują wzrost wartości przewodnictwa elektrycznego, jesienią natomiast – w wyniku przemian fizjologicznych związanych z przystosowaniem się roślin do przezimowania – zauważany jest spadek wartości admitancji. Niskie wartości admitancji w okresie późnoletnim, a bardzo wysokie od początku zimy do wczesnej wiosny wskazują na zakłócenia w stosunkach jonowych badanych roślin, dając powód do przypuszczeń, że roślina uległa uszkodzeniu wskutek oddziaływania czynnika stresowego, np. zbyt niskiej temperatury w okresie zimowym. Tak więc wielkości pomiaru przewodnictwa elektrycznego tkanek mogą być wyznacznikiem stanu fizjologicznego badanych roślin. Zaletami pomiaru admitancji jest możliwość pomiarów w warunkach terenowych, duża szybkość pomiarów (do 80 pomiarów/h) oraz minimalna destrukcja sadzonek. Przyrządem umożliwiającym pomiary admitancji jest konduktometr, generujący prąd zmienny o napięciu 0,2 V i częstotliwości prądu 80 Hz (ryc. 1). Warunki takie spełnia konduktometr polskiej produkcji, oznaczony symbolem CC-401. Do konduktometru dołączona jest elektroda zakończona stalowymi, poniklowanymi igłami, służącymi do wkłuwania w tkanki pędów. Pomiar admitancji elektrycznej pędów wykazuje wysoce istotną zgodność z vitalnością siewek świerka, określaną przez pomiar aktywności fotosyntetycznej [Pukacki i Kamińska-Rożek, 2005]. Obecnie w praktyce leśnej pomiar admitancji zalecany jest do oceny jakości fizjologicznej sadzonek znajdujących się na terenie szkółki oraz rosnących na uprawach.

Admitancję mierzymy na 30 sadzonkach losowo wybranych w szkółce i 50 na uprawie. Pomiar wykonujemy na ostatnim przyroście, na wszystkich sadzonkach – w proporcjonalnej do przyrostu odległości od pączka szczytowego – wkłuwając elektrody w pędy żywych sadzonek (rosnących w gruncie lub wyjętych) i po 2–4 sekundach odczytujemy zmierzoną wartość w Simensach. Dokładność pomiaru jest uzależniona od głębokości wkłucia elektrod, dlatego staramy się wkłuć je na podobną głębokość u wszystkich sadzonek. Dla

sadzonek charakteryzujących się cienkimi pędami lepiej jest założyć na elektrody gumowy pierścień, ograniczający przed zbyt głębokim wkluwaniem.

Jednoroczne sadzonki w szkółce możemy mierzyć począwszy od połowy lipca do początku września. Zalecany jest pomiar na początku sierpnia. Stwierdzona niska żywotność sadzonek w tym terminie pozwala jeszcze do końca sezonu polepszyć im warunki wzrostu (przerzedzenie, uzupełnienie dolistne nawozów itp.). Sadzonki w drugim sezonie wegetacyjnym i starsze można mierzyć od połowy maja do połowy września. W przypadku sadzonek, u których na wiosnę redukuje się system korzeniowy, pomiar przeprowadza się dopiero w sierpniu.

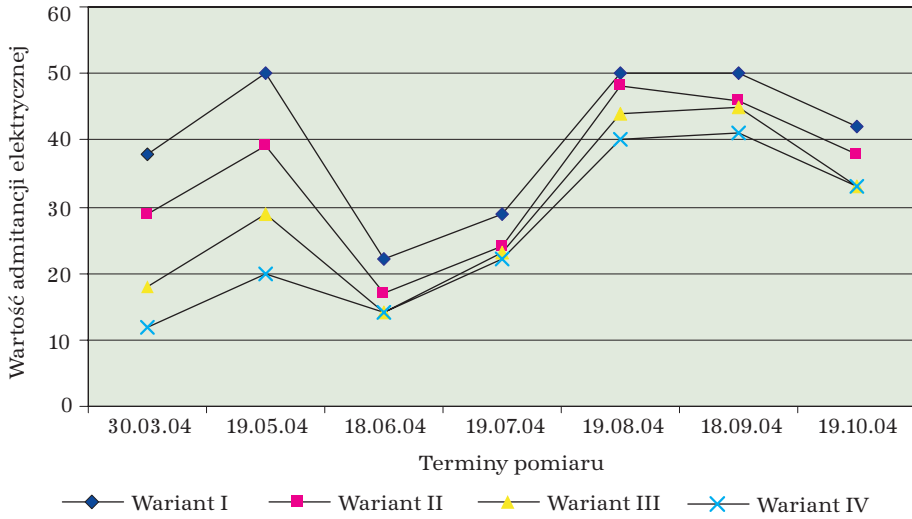
Sadzonki wysadzone na uprawę lub inne powierzchnie należy pomierzyć w trzeciej dekadzie maja. Pozwala to jednoznacznie ocenić, czy na uprawę trafiły sadzonki przesuszone lub o zmniejszonej żywotności z innych przyczyn, a także stopień przyjęcia się sadzonek w warunkach uprawy. Mała żywotność sadzonek w trakcie ich wysadzania jest potwierdzana poprzez pomiar admitancji w maju. Wyniki tego pomiaru będą przydatne przy ocenie upraw. Wysadzone na uprawę sadzonki o dużej żywotności, potwierdzonej poprzez pomiar w maju, dają gwarancję dobrej udatności upraw (przy wyeliminowaniu innych czynników w trakcie wzrostu uprawy). Dla sadzonek jednorocznych i starszych uzyskany średni wynik pomiaru w granicach poniżej 16 μS wskazuje na ich wyraźnie małą żywotność. Uzyskany wynik pomiaru w granicach 30–40 μS potwierdza dużą fizjologiczną jakość sadzonek.

Wyniki pomiarów admitancji wykazują zróżnicowanie w zależności od gatunku (tabela 1), wieku oraz terminu pomiaru w trakcie sezonu wegetacyjnego (ryc. 2). Pomiar admitancji pozwalają na obserwację sezonowych zmian aktywności procesów życiowych i określenie ewentualnego uszkodzenia tkanek, spowodowanego czynnikami stresowymi natury abiotycznej. Jeżeli jakiś czynnik w czasie sezonu wegetacyjnego (np. temperatura, dostępność wody) spowodował trwałe uszkodzenie sadzonek, to poziom admitancji będzie niski w ciągu prawie całego następnego sezonu wegetacyjnego. Znając te zależności można określić, czy sadzonka jest w dobrej kondycji fizjologicznej na podstawie pomiaru jesienią, przed wiosennym wydatkiem sadzonek ze szkółki, pod warunkiem, że nie uległy przemrożeniu korzenie sadzonek.

Tabela 1.
Wartości progowe admitancji sadzonek o zadowalającej „żywotności”, mierzonych w maju i w końcu sierpnia oraz na początku września (wartości w μS)

| So | Św | Db | Ol cz | Md |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 25-30 | 40-46 | 24-30 | 70-80 | 30-35 |

Prawidłowe wskazania admitancji tkanek pędu w fazie intensywnego wzrostu roślin powinny być zdecydowanie większe w porównaniu z okresem spoczynku, w którym ruchliwość jonów zmniejsza się na skutek kilkietapowych przemian na poziomie komórkowym,



Ryc. 2. Dynamika admitancji w sezonie wegetacyjnym na przykładzie sadzonek sosny zwyczajnej

zachodzących w roślinach w związku z ich aklimatyzacją do niskiej temperatury. Brak tendencji spadkowych w wartościach admitancji pędu w okresie jesiennym wskazuje na brak gotowości sadzonek do przezimowania. Wyniki pomiarów odbiegające od wskazywanych zależności są sygnałem, że nastąpiły zakłócenia w funkcjonowaniu mechanizmów wewnętrznych roślin (patrz rozdział test zmrózenia).

Występujący w okresie wczesnowiosennym wzrost poziomu admitancji pędu w stosunku do poziomu z okresu zimowego nie jest dobrą miarą oceny „żywności”. Daje jednak informację o postępującym procesie rozhartowania w okresie, kiedy nie są jeszcze widoczne zewnętrzne objawy „budzenia się drzew”. Zaobserwowanie tego zjawiska pozwalałoby na wyeliminowanie form wczesnych danego gatunku, bardziej narażonych na spóźnione przymrozki wiosenne, na korzyść form rozpoczynających wegetację w okresie późniejszym. Mogłoby to mieć zastosowanie w przypadku np. sadzonek dębu czy buka. Należy zaznaczyć, że początek procesu hartowania jesienią i rozhartowania wiosną jest cechą gatunkową.

Pomiar admitancji pędu może być więc narzędziem oceny stanu fizjologicznego sadzonek, pozwalającym na określenie nie tylko jakości materiału sadzeniowego, ale także zdolności sadzonek do reagowania na stropy abiotyczne i biotyczne. Zaletą tej metody jest możliwość pomiarów w każdych warunkach terenowych czy laboratoryjnych przez jedną osobę. Na każdym etapie rozwoju sadzonek należy jednak pamiętać o sezonowych zmianach aktywności wzrostu korzenia i pędu, a tym samym sezonowych zmian wartości mierzonej admitancji.

Dobre rady:

W warunkach bardzo dużej insolacji lub przedłużających się okresów suszy zamierają merystemy wierzchołkowe sadzonek. Zjawisko obserwowane jest najczęściej u siewek sosny zwyczajnej. W wyniku zamierania pędu wierzchołkowego uaktywniają się pędy boczne, powodując wielopędowość siewek. Pomiar we wrześnie admitancji wielowierzchołkowych siewek nie wskazuje na wyraźne obniżenie ich żywotności. W wypadku masowego występowania tego zjawiska w szkółce i braku innych sadzonek do odnowień, możliwe jest ich wykorzystanie. Z doświadczeń w Katedrze Hodowli Lasu UP w Poznaniu wiadomo, że po 3-5 latach wzrostu sadzonek na uprawie wykształcają one w 100% pęd główny.

B

Baza nasienna w Polsce - zasady tworzenia i wykorzystanie



JAN MATRAS

Racjonalna gospodarka leśna, mająca na celu stworzenie warunków do trwałego i zrównoważonego rozwoju oraz umiarkowanego użytkowania ekosystemów leśnych, wymaga ingerencji człowieka poprzez odnawianie powierzchni, na których pozyskuje się surowiec drzewny. Przy stosowaniu odnowienia naturalnego ingerencja ta jest niewielka i polega jedynie na stworzeniu warunków do jego powstania, a następnie na działaniach zapewniających jego ochronę i prawidłowy rozwój. Jednak bardzo często człowiek świadomie uczestniczy w tworzeniu pokolenia potomnego, wprowadzając w miejsce wyciętych drzewostanów inne populacje, o większej wartości hodowlanej i plastyczności. Znaczna liczba drzewostanów, które wchodzą obecnie w wiek fizjologicznej dojrzałości, szczególnie w zachodniej, środkowej i północnej Polsce, powstało z odnowienia sztucznego materiałem nieznanego pochodzenia, w większości sprowadzonego z zachodniej Europy. Populacje te nie są w pełni dostosowane do naszych warunków ekologicznych (stąd m.in. szkody spowodowane przymrozkami, wiatrami, śniegiem itp.), a ponadto są zdecydowanie gorsze pod względem hodowlanym od populacji lokalnych. Dlatego w większości wypadków głównym sposobem odnawiania lasu w Polsce pozostaje odnowienie sztuczne. Jak wykazują statystyki, obecnie w Polsce około 95% powierzchni leśnej odnawiane jest w sposób sztuczny i według prognoz w najbliższym okresie sytuacja nie ulegnie radykalnym zmianom. Wymusza to działania mające na celu utworzenie dla celów gospodarki leśnej trwałej bazy nasiennej, służącej do pozyskania leśnego materiału rozmnożeniowego, która będzie zaspokajać potrzeby na odpowiednim po-

Tabela 2.
Zapotrzebowanie na nasiona głównych gatunków drzew leśnych
według wniosków cięć (kg)

| Rok | Sosna zwyczajna | Świerk pospolity | Modrzew europejski | Jodła pospolita | Dąb | Buk pospolity |
|--------------------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| 1991 | 13 080 | 2 750 | 2 990 | 17 760 | 871 200 | 66 210 |
| 1992 | 13 510 | 2 990 | 2 663 | 19 190 | 1 153 700 | 105 220 |
| 1993 | 14 230 | 2 620 | 3 480 | 15 190 | 1 242 300 | 78 480 |
| 1994 | 11 570 | 2 330 | 2 450 | 13 220 | 1 107 100 | 71 780 |
| 1995 | 10 680 | 2 050 | 2 400 | 12 500 | 1 307 900 | 123 370 |
| 1996 | 11 460 | 1 720 | 2 500 | 10 500 | 1 245 400 | 72 040 |
| 1997 | 8 090 | 1 370 | 1 450 | 16 120 | 1 281 100 | 75 170 |
| 1998 | 7 560 | 1 250 | 1 310 | 9 040 | 1 244 400 | 108 480 |
| 1999 | 7 470 | 1 140 | 1 680 | 16 790 | 1 255 500 | 82 460 |
| 2000 | 8 090 | 1 045 | 1 301 | 9 269 | 1 291 368 | 116 842 |
| Średnio (1991-2000) | 10 574 | 1 926 | 2 222 | 13 958 | 1 199 997 | 90 005 |
| 2001 | 7 348 | 1 249 | 1 427 | 9 776 | 1 150 311 | 79 373 |
| 2002 | 7 593 | 830 | 996 | 6 537 | 869 490 | 83 963 |
| 2003 | 6 944 | 840 | 1 102 | 5 974 | 909 805 | 77 861 |
| 2004 | 5 996 | 795 | 908 | 6 427 | 890 081 | 87 003 |
| 2005 | 6 479 | 788 | 800 | 8 785 | 1 125 543 | 74 857 |
| 2006 | 6 907 | 756 | 697 | 6 987 | 1 068 532 | 105 700 |
| 2007 | 6 047 | 720 | 614 | 6 730 | 1 065 626 | 79 403 |
| Średnio (2001-2007) | 6 759,1 | 854,0 | 934,9 | 7 316,6 | 1 011 341,1 | 84 022,9 |

ziomie ilościowym i jakościowym. Aby uzmysłowić sobie, jak duże są potrzeby racjonalnego nasiennictwa i szkółkarstwa leśnego, wystarczy zapoznać się z tabelą 2, w której podano roczne zapotrzebowanie na nasiona głównych gatunków drzew leśnych w skali kraju, w ostatnim 17-leciu. Roczna produkcja sadzonek (dane z 2007 r.) wynosiła 1077 mln szt., a powierzchnia przeznaczona do odnowienia i zalesienia w tym samym roku - 54 660 ha.

Do 2001 r. istniejąca w Lasach Państwowych baza nasienna była tworzona na podstawie wewnętrznych uregulowań LP. Zasady jej tworzenia i wykorzystywania omówiono przede wszystkim w załączniku nr 1, pt.: „Wytyczne w sprawie selekcji drzew leśnych na potrzeby nasiennictwa leśnego”, do zarządzenia nr 7 naczelnego dyrektora Lasów Państwowych z 7 kwietnia

1988 r. w sprawie selekcji drzew leśnych dla potrzeb nasiennictwa leśnego (znak: P-1-713-4-/88) [Kocięcki, 1988].

W związku z przystąpieniem Polski do Unii Europejskiej konieczne stało się dostosowanie zasad funkcjonowania leśnej bazy nasiennej w Polsce do przepisów i wymagań obowiązujących w UE (Council Directive 1999, OECD 2001) i ustawy o obrocie LMR (ustawa 2001). Szczegółowe zasady tworzenia i prowadzenia leśnej bazy nasiennej, zgodne z wyżej wymienionymi dokumentami, znajdują się w załączniku nr 1 do zarządzenia nr 7A dyrektora generalnego LP (zn. sp. ZG/7130/7/2006) z 7 kwietnia 2006 r. w sprawie ochrony leśnych zasobów genowych na potrzeby nasiennictwa i hodowli drzew leśnych [Matras, Fonder, 2006a].

Leśny materiał podstawowy i leśny materiał rozmnożeniowy

Leśny materiał podstawowy jest bazą pozyskania leśnego materiału rozmnożeniowego. Mogą to być: źródła nasion, drzewostany, plantacje nasienne, drzewa mateczne, klony lub mieszanki klonów, określane jako rodzaje leśnego materiału podstawowego. Kategoria LMP i LMR mówi o jego wartości hodowlanej. Istniejącą w Polsce bazę nasienną zakwalifikowano do następujących kategorii:

1. Kategoria I – „ze zidentyfikowanego źródła”

- a) źródło nasion,
- b) drzewostan.

2. Kategoria II – „wyselekcjonowana”

- a) drzewostan.

3. Kategoria III – „kwalifikowany” LMP

- a) drzewa mateczne,
- b) plantacje nasienne,
- c) plantacyjne uprawy nasienne,
- d) klony,
- e) mieszanki klonów.

4. Kategoria IV – „przetestowana”

- a) drzewostan,
- b) drzewa mateczne,
- c) plantacje nasienne,
- d) plantacyjne uprawy nasienne,
- e) klony,
- f) mieszanki klonów.

Kategoria bazy nasiennej „ze zidentyfikowanego źródła”

Leśnym materiałem podstawowym (LMP), z którego pozyskuje się lub wytwarza leśny materiał rozmnożeniowy (LMR) zaliczany do tej kategorii, może być źródło nasion lub drzewostan. Źródła nasion stanowią nowy rodzaj leśnego materiału podstawowego, służący do produkcji leśnego materiału rozmnożeniowego kategorii I „ze zidentyfikowanego źródła”.

- **Źródło nasion.** Stanowią je grupy drzew (nie będące populacjami), rosnące na określonym obszarze i mogące się ze sobą krzyżować, których cechy fenotypowe są zbliżone i wskazują, że osobniki te są potomstwem wywodzącym się z jednorodnej genetycznie grupy (należących do jednej wyjściowej populacji). Drzewa stanowiące źródła nasion powinny wyróżniać się cechami przyrostowymi i jakościowymi nie gorszymi niż przeciętna jakość i produktywność gatunku w danym regionie pochodzenia. Źródła nasion wybiera się przede wszystkim dla gatunków domieszkowych i biocenotycznych. Nie należy tej bazy nasiennej tworzyć dla głównych gatunków lasotwórczych: sosny zwyczajnej, świerka pospolitego, jodły pospolitej, modrzewia europejskiego, dębu szypułkowego i bezszypułkowego, buka zwyczajnego, brzozy brodawkowatej i olszy czarnej. Dla tych gatunków zasadniczą bazą nasienną powinny być pełne populacje o wysokiej zmienności genetycznej, gwarantujące stabilność i prawidłowy wzrost w długim okresie. Drzewa stanowiące źródła nasion powinny być w wieku rębnym lub bliskorębnym (podobnie jak w wypadku populacji znanego pochodzenia), w zbliżonym wieku, mieć podobny fenotyp, co może świadczyć o ich wspólnym pochodzeniu oraz rosnać w takiej odległości od siebie, aby możliwe było krzyżowe zapylenie. Mimo że definicja nie precyzuje, jaka minimalna liczba osobników ma stanowić źródła nasion (osobniki to również dwa drzewa w drzewostanie), należy dążyć do tego, aby było ich względnie dużo, a więc raczej kilkanaście lub kilkadziesiąt osobników, a nie kilka. Traktowanie danej grupy osobników jako źródła nasion ma sens wtedy, gdy istnieje wymiana genów między nimi (zapylenie krzyżowe). W praktyce, w zwartym drzewostanie, tworzenie grup drzew stanowiących źródła nasion ma sens, jeśli rosną one w odległości mniejszej niż dwie wysokości drzewostanu.

Grupy drzew do uznania za źródła nasion typuje nadleśnictwo i zgłasza do Biura Nasiennictwa Leśnego, zawiadamiając o tym RDLP. W zgłoszeniu należy podać dokładną lokalizację, liczbę drzew stanowiących źródło, a jeśli rosną w drzewostanie: siedlisko, skład gatunkowy, wiek, przeciętną wysokość i pierśnicę oraz inne dane niezbędne do rejestracji w Krajowym Rejestrze LMP BNL. Z kwalifikacji źródła nasion nadleśnictwo sporządza notatkę, w której powinny znaleźć się: wykaz zakwalifiko-

wanych obiektów oraz informacje konieczne do wniosku rejestracyjnego, w tym również data wstępnej kwalifikacji i dane o osobach, które jej dokonały. Notatka ta jest podstawą do podjęcia decyzji o rejestracji źródła nasion przez BNL.

Obiekty nasienne – „źródła nasion” nie wymagają specjalnych zabiegów hodowlanych związanych z ich prowadzeniem. W trakcie kwalifikacji, przy ocenie cech fenotypowych drzew zakwalifikowanych jako baza nasienna, należy ocenić konieczność wykonania pojedynczych cięć w górnym piętrze, uwalniających korony osobników, będących składowymi „źródła nasion”. Takie zabiegi są celowe, ponieważ aby drzewa obficie obradzały, powinny mieć w pełni oświetlone korony. Rozluźnienie zwarcia drzewostanu to również ograniczenie konkurencji o składniki odżywcze w glebie. Przy ocenie osobników kwalifikowanych do „źródeł nasion” należy również określić, czy konieczne jest usunięcie spośród nich pojedynczych osobników, najsłabszych pod względem hodowlanym. Ponadto przy zbiorze nasion z „ziemi”, w niektórych wypadkach celowe jest oczyszczenie placówek pod drzewami, aby ułatwić zbiór nasion czy umożliwić rozkładanie siatek.

Źródła nasion wykorzystuje się do pozyskania leśnego materiału rozmnożeniowego do produkcji sadzonek do odnowień i zalesień gatunków stanowiących domieszkę w składzie drzewostanów. O każdym zbiorze nasion ze źródeł nasion należy powiadamiać w stosownym terminie Biuro Nasiennictwa Leśnego. Po zakończeniu zbioru nadleśniczy występuje z wnioskiem do Biura Nasiennictwa Leśnego o wydanie świadectwa pochodzenia LMR. Wnioski do BNL, zawierające dane niezbędne do uzyskania świadectwa pochodzenia leśnego materiału rozmnożeniowego, sporządza się zgodnie z rozporządzeniem ministra środowiska z 14 kwietnia 2003 roku w sprawie wniosków o wydanie świadectwa pochodzenia LMR [rozporządzenie, 2003].

Gdy zakwalifikowane jako „źródła nasion” drzewa przestają pełnić funkcje nasienne, należy je skreślić z Krajowego Rejestru LMP, prowadzonego przez Biuro Nasiennictwa Leśnego. Wniosek o skreślenie z rejestru „źródła nasion” zgłasza nadleśniczy. Formalne skreślenie „źródła nasion” następuje w wyniku decyzji dyrektora BNL i dopiero wówczas możliwe jest usunięcie danych o „źródle nasion” z rejestru nadleśnictwa.

- **Drzewostany znanego pochodzenia.** Leśny materiał podstawowy, z którego pozyskuje się lub wytwarza LMR, zaliczany do tej kategorii, „ze zidentyfikowanego źródła”, podkategorii „drzewostan” (zwany dotychczas gospodarczym drzewostanem nasiennym), zgodnie z przyjętą w ustawie definicją to „zespół drzew (osobników) o zbliżonych cechach fenotypowych, rosnących w bezpośrednim sąsiedztwie i wzajemnie na siebie oddziałujących”.

Proponowane do zakwalifikowania do kategorii „drzewostan” populacje powinny:

- a) składać się z odpowiedniej liczby drzew;
- b) być w wieku umożliwiającym właściwą ocenę cech fenotypowych (bliskorębnym i rębnym);
- c) cechy fenotypowe drzew powinny wskazywać na przynależność do jednej populacji;
- d) populacje powinny być dostosowane do wzrostu w warunkach ekologicznych panujących w regionie pochodzenia;
- e) drzewostany powinny być w pełni żywotne, bez objawów uszkodzeń wywołanych przez czynniki biotyczne i abiotyczne;
- f) produktywność kwalifikowanych drzewostanów ze zidentyfikowanego źródła nie powinna być mniejsza niż średnia dla danego gatunku w regionie pochodzenia;
- g) cechy jakościowe drzewostanu (prostość strzały, ugałęzienie, stopień oczyszczenia, skręt włókien, liczba drzew z rozwidleniami itp.) nie powinny być gorsze, niż średnia dla danego gatunku w regionie pochodzenia;
- h) drzewostany powinny mieć pochodzenie określone na podstawie danych historycznych lub metodami pośrednimi (izoenzymy, DNA, fenole, podobieństwo fenotypowe itp).

Gospodarcze drzewostany nasienne to korzystnie wyróżniające się jakością hodowlaną i użytkowane rębnie w latach dobrego lub przynajmniej średniego urodzaju nasion. Od drzewostanów tej kategorii wymaga się, aby były rodzime (nie dotyczy gatunków obcych), w wieku rębnym lub bliskorębnym, a tworzące je drzewa wykazywały pełną zdrowotność, dobrą jakość i dużą produktywność w porównaniu z innymi drzewostanami tego samego gatunku i wieku, rosnącymi na takim samym siedlisku. Na gospodarcze drzewostany nasienne nie mogą być wybierane drzewostany o powierzchni mniejszej niż 1 ha.

Dobre rady:

Materiał rozmnożeniowy wykorzystywany w LP dla celów gospodarczych winien pochodzić z zarejestrowanej w BNL bazy nasiennej. Gwarantuje to bowiem odpowiednią jego jakość (kwalifikacja według ujednoliconych i zgodnych z wymogami EU kryteriów) oraz pozwala na uniknięcie problemów formalnych przy prowadzonych przez BNL kontrolach.

Drzewostany do uznania za gospodarcze nasienne typuje nadleśnictwo i zgłasza do RDLP. Zgłoszone drzewostany przegląda komisja, którą powołuje dyrektor RDLP. W czasie przeglądu komisja ocenia, czy każdy zgłoszony drzewostan spełnia wymagania stawiane gospodarczemu drzewosta-

nowi nasiennemu, określone w rozporządzeniu ministra środowiska dla LMP rejestrowanego w I części Krajowego Rejestru LMP BNL – ze zidentyfikowanego źródła i sporządza protokół, w którym podaje wykaz drzewostanów uznanych za gospodarcze nasienne. Po zatwierdzeniu protokołu przez dyrektora RDLP, nadleśnictwo występuje z wnioskiem rejestracyjnym do Biura Nasiennictwa Leśnego.

Po uznaniu drzewostanu za nasienny oznacza się w terenie jego granice zgodnie z obowiązującymi zasadami [Matras, Fonder, 2006a; Matras, Fonder, Załęski, 2006]. Zagospodarowanie gospodarczego drzewostanu nasiennego polega na usunięciu z niego wszystkich drzew chorych, porażonych przez grzyby i owady oraz wadliwie ukształtowanych: z silną krzywizną strzały, rozwidlonych, źle oczyszczonych, silnie guzowatych i ze skrętem włókien. To cięcie sanitarno-selekcyjne należy wykonać możliwie szybko po uznaniu drzewostanu, a najpóźniej na 3 lata (w drzewostanach sosnowych) lub 2 lata (w pozostałych drzewostanach) przed wyrębem. Intensywność cięcia sanitarno-selekcyjnego zależy od udziału drzew wadliwych. O ile odsetek drzew do usunięcia nie przekracza 20%, zabieg można wykonać jednorazowo. Jeśli konieczne jest usunięcie większej liczby drzew, zabieg należy wykonać w kilku nawrotach.

Dobre rady:

Zagospodarowanie drzewostanu jest zasadniczym zabiegiem poprawiającym jego możliwości przyrostowe oraz jakość. Zabieg ten różni się zdecydowanie, zarówno pod względem intensywności, jak i celów od trzebieży prowadzonych w drzewostanach dojrzałych. Dlatego też nie można utożsamiać tych zabiegów z cięciami sanitarno-selekcyjnymi.

Drzewostany te wykorzystuje się do zbioru szyszek i nasion przeznaczonych do zakładania upraw gospodarczych oraz do wyboru drzew matecznych (doborowych). Nasiona z gospodarczych drzewostanów mogą być w określonych warunkach mieszane. Warunki te określa szczegółowo ustawa o obrocie leśnym materiałem rozmnożeniowym. Każde nadleśnictwo i RDLP prowadzą rejestr gospodarczych drzewostanów nasiennych i są obowiązane do jego systematycznego aktualizowania. Informacje o zmianach, które nastąpiły w gospodarczych drzewostanach nasiennych w porównaniu z danymi przekazanymi we wniosku rejestracyjnym do BNL, nadleśnictwo zgłasza niezwłocznie do Biura Nadleśnictwa Leśnego.

O każdym zbiorze nasion w drzewostanach znanego pochodzenia należy powiadamiać w stosownym terminie Biuro Nasiennictwa Leśnego. Po zakończeniu zbioru nadleśniczy występuje z wnioskiem do BNL o wydanie świadectwa pochodzenia LMR. Wnioski do BNL, zawierające dane nie-

zbędne do uzyskania świadectwa pochodzenia leśnego materiału rozmnożeniowego, sporządza się zgodnie z rozporządzeniem ministra środowiska z 14 kwietnia 2003 roku w sprawie wniosków o wydanie świadectwa pochodzenia LMR.

Po całkowitym wykorzystaniu (wycięciu) LMP, będącego bazą nasieniem służącą do produkcji LMR kategorii „ze zidentyfikowanego źródła”, właściciel lub zarządca składa wnioski o wykreślenie jej z Krajowego Rejestru LMP BNL. Skreślenie z Krajowego Rejestru LMP BNL może nastąpić również na wniosek Biura Nasiennictwa Leśnego, jeśli kontrola wykaże nieprawidłowości w prowadzeniu obiektów nasiennych, niewłaściwe zagospodarowanie lub jeśli w wyniku oddziaływania czynników zewnętrznych uznane drzewostany nie mogą nadal pełnić funkcji nasiennych. Dyrektor BNL skreśla obiekty nasienne, w części I Krajowego Rejestru LMP BNL „ze zidentyfikowanego źródła”, w drodze decyzji administracyjnej.

Kategoria „wyselekcjonowana”

Leśnym materiałem podstawowym, z którego pozyskuje się lub wytwarza LMR zaliczanym do tej kategorii, są populacje drzew wybranych na podstawie określonych cech fenotypowych (dotychczasowa nazwa – wyłączone drzewostany nasienne WDN) oraz uprawy pochodne, będące generatywnym potomstwem tych populacji. Proponowane do zakwalifikowania drzewostany powinny spełniać następujące wymagania:

- Znajdować się w jednym regionie pochodzenia.
- Składać się z wystarczającej liczby osobników (co najmniej 150 sztuk), rozmieszczonych w sposób umożliwiający swobodne zapylenie między nimi. Lepszym kryterium oceny jest wielkość powierzchni drzewostanu. Dla podstawowych gatunków drzew leśnych, które mają zasięg o charakterze ciągłym, powierzchnia ta powinna być możliwie duża. Dla: sosny zwyczajnej, świerka pospolitego, jodły pospolitej, dębu szypułkowego i bezszypułkowego oraz buka zwyczajnego optymalne powierzchnie wynoszą około 10 ha. Kwalifikowanie mniejszych powierzchni należy ograniczyć do sytuacji uzasadnionych. Minimalna powierzchnia takich obiektów, określona w rozporządzeniu, wynosi odpowiednio 2 ha dla gatunków głównych i 1 ha dla gatunków uzupełniających.
- Być w wieku umożliwiającym ocenę cech fenotypowych oraz możliwości produkcyjnych.
- Składać się z drzew o cechach fenotypowych wskazujących na przynależność do jednej populacji.
- Być dostosowane do warunków ekologicznych, panujących w regionie pochodzenia.

- Być wolne od niszczących je organizmów oraz wykazywać odporność na niekorzystne warunki klimatyczne w miejscu, w którym się znajdują.
- Być usytuowane w odpowiedniej odległości lub odizolowane od słabych drzewostanów tego samego gatunku, a także spokrewnionych gatunków lub odmian mogących krzyżować się z gatunkiem, z którego składa się drzewostan.
- Produkcyjność drzewostanu powinna być większa niż średnia dla danego gatunku w regionie pochodzenia.
- Cechy jakościowe drzewostanu (prostota pnia, ugałęzienie, stopień oczyszczenia, skręt włókien itp.) powinny być lepsze niż przeciętna dla danego gatunku w regionie pochodzenia.
- Przy selekcji do celów specjalnych cechy, pod kątem których się ją prowadzi, powinny być kryterium podstawowym.
- Udokumentowane potomstwo leśnego materiału podstawowego, przeznaczonego do produkcji leśnego materiału rozmnożeniowego kategorii wyselekcjonowany.
- Uprawy pochodne rosnące w uprawach leśnych mogą być zarejestrowane w części II KR LMP BNL, z których pozyskuje się lub wytwarza LMR zaliczany do kategorii „wyselekcjonowany”.

Wytypowane wstępnie do uznania za nasienne drzewostany nadleśnictwo zgłasza do RDLP, gdzie są weryfikowane przez Wydział Zagospodarowania Lasu (Hodowli Lasu) RDLP. Drzewostany zakwalifikowane jako spełniające omówione wcześniej wymagania RDLP zgłasza do Wydziału Gospodarki Leśnej DGLP, przesyłając kopię do Zakładu Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych IBL. Od momentu zgłoszenia drzewostany nie podlegają wycięciu do czasu ich przeglądu i kwalifikacji przez krajową komisję. Drzewostany za nasienne wyłączone uznaje Krajowa Komisja ds. Uznawania Drzewostanów Nasienych i Drzew Doborowych, powoływana decyzją dyrektora generalnego Lasów Państwowych (decyzja nr 101 dyrektora generalnego LP z 6 lipca 2000 roku). Zadaniem komisji jest szczegółowy przegląd i sprawdzenie spełnienia wymagań, określonych w wytycznych oraz rozporządzeniu ministra środowiska z 23 kwietnia 2004 roku w sprawie szczegółowych wymagań, jakie powinien spełniać LMP [rozporządzenie 2004; Burczyk i in., 2003] przez zgłoszone drzewostany oraz ocena ich hodowlanej wartości, a także przydatności do pozyskania nasion. Po zakończeniu przeglądu komisja sporządza protokół. Główną jego częścią jest wykaz drzewostanów uznanych za nasienne, który zostanie następnie przedłożony dyrektorowi generalnemu LP z wnioskiem o zatwierdzenie i wyłączenie drzewostanów od wycięcia oraz innego użytkowania.

Dyrektor generalny LP zatwierdza i wyłącza z wycięcia drzewostany nasienne wnioskowane przez krajową komisję w drodze zarządzenia, które ogłasza w „Biuletynie Informacyjnym Lasów Państwowych”.

Protokół sporządzony przez komisję lub zarządzenie dyrektora generalnego LP jest podstawą do wystąpienia nadleśniczego o rejestrację zakwalifikowanych drzewostanów nasiennych w części II Krajowego Rejestru LMP BNL. Zgłoszone do wpisu w Krajowym Rejestrze LMP BNL drzewostany mogą być weryfikowane pod względem spełniania wymagań zawartych w rozporządzeniu ministra środowiska w sprawie szczegółowych wymagań, które powinien spełniać LMP kategorii II, przez Krajową Komisję Nasiennictwa Leśnego przy BNL.

Zmiany stanu WDN i danych charakteryzujących ten stan, zawarte we wniosku rejestracyjnym, zgodnie z art. 21, ust. 1 i 2 ustawy o leśnym materiale rozmnożeniowym, nadleśniczy jest zobowiązany niezwłocznie zgłosić na piśmie do Biura Nasiennictwa Leśnego.

Granicę uznanego drzewostanu oznacza się zgodnie z obowiązującymi zasadami [Matras, Fonder, 2006a]. Jeżeli z uznanym drzewostanem sąsiadują drzewostany tego samego gatunku, wyznacza się w nich otulinę szerokości nie mniejszej niż 40 m. Należy wyznaczać otuliny możliwie szerokie, lepiej bowiem będą wtedy spełniać swoje zadanie. Szerszych otulin (do 100 m) wymagają zwłaszcza starsze drzewostany nasienne o rozluźnionym zwarciu. Zewnętrzne granice otuliny również oznacza się w terenie zgodnie z obowiązującymi zasadami [Matras, Fonder, 2006a].

Kolejnym działaniem po wyznaczeniu granic drzewostanu oraz jego otuliny jest zagospodarowanie drzewostanu. Jego celem jest stworzenie drzewom o najlepszych właściwościach hodowlanych korzystnych warunków rozwoju, zapylania i obradzania. Wyróżnia się trzy fazy zagospodarowania:

1. Wykonanie cięcia sanitarno-selekcyjnego.
2. Przerzedzenie drzewostanu.
3. Uporządkowanie podrostów i podszytów.

W cięciu sanitarno-selekcyjnym usuwa się wszystkie drzewa chore: porażone przez choroby grzybowe i owady, o wyraźnie osłabionym igliwiu lub ulistnieniu oraz wadliwe, z wyraźną krzywizną strzały, dwójki i rozwidłone, ze skrętem włókien, źle oczyszczone czy guzowate. Cięcia te wykonuje się bezpośrednio po inwentaryzacji i sporządzeniu opisu drzewostanu wyłączonego, a w dokumentacji odnotowuje się masę usuniętych drzew według gatunków. Przerzedzenie drzewostanu ma na celu stworzenie optymalnych warunków tym drzewom, z których będzie się następnie pozyskiwać szyszki lub nasiona. Przeprowadza się je w 5–10 lat po wykonaniu cięcia sanitarno-selekcyjnego. Przed przystąpieniem do przerzedzenia wyznacza się najpierw drzewa najlepsze (docelowe), które powinny pozostać do końca istnienia drzewostanu nasiennego. Drzewa wyznaczone do pozostawienia powinny mieć, odpowiednio do właściwości gatunku, proste, pełne, gładkie i dobrze oczyszczone strzały oraz drobnogąłęziste, możliwie wąskie, regularne i żywotne korony. Należy dążyć do możliwie równomiernego rozmieszczenia wyznaczonych drzew. Drzewa docelowe oznacza się punktami z jasnożółtej farby,

umieszczonymi na wysokości 1,5 m, z czterech stron lub jednym punktem od strony południowej. W 5–10 lat po cięciu sanitarno-selekcyjnym przeprowadza się stopniowe przerzedzanie drzewostanu w kilku nawrotach, powtarzanych co około 5 lat.

Drzewostany te wykorzystuje się do zbioru nasion w celu zakładania rejestrowanych upraw pochodnych, które po osiągnięciu dojrzałości stanowiąc będą podstawową bazę pozyskania nasion jako drzewostany o ulepszonej jakości genetycznej. W wyłączonych drzewostanach nasiennych również wybiera się drzewa doborowe (mateczne).

W wyłączonych drzewostanach gatunków iglastych oraz liściastych lekko-nasiennych zbiera się szyszki i nasiona w zasadzie tylko z drzew stojących. Wyjątki od tej reguły określa zarządzenie 7A dyrektora generalnego LP [Matras, Fonder, 2006a].

O każdym zbiorze w wyłączonych drzewostanach nasiennych należy powiadamiać w stosownym terminie Biuro Nasiennictwa Leśnego. Po zakończeniu zbioru nadleśniczy występuje do BNL z wnioskiem o wydanie świadectwa pochodzenia LMR. Wnioski do BNL, zawierające dane niezbędne do uzyskania świadectwa pochodzenia leśnego materiału rozmnożeniowego, sporządza się zgodnie z rozporządzeniem ministra środowiska z 14 kwietnia 2003 roku w sprawie wniosków o wydanie świadectwa pochodzenia LMR.

Dobre rady:

Uzyskanie w BNL świadectwa pochodzenia LMR jest możliwe pod warunkiem przekazania w odpowiednim czasie informacji o przystąpieniu do pozyskania nasion/szyszek. Posiadanie takiego świadectwa pozwala na swobodne dysponowanie wyhodowanym materiałem rozmnożeniowym.

Nasiona z wyłączonych drzewostanów nasiennych wykorzystuje się do zakładania rejestrowanych upraw pochodnych oraz hodowania sadzonek na podkładki do szczepień. Rejestrowane uprawy pochodne służą zwiększaniu produkcji ilościowej i polepszaniu jakości drzewostanów, które z nich wyrosną i w przyszłości stanowiąc będą podstawową bazę pozyskania nasion o ulepszonej wartości genetycznej. We wszystkich nadleśnictwach, w których znajdują się wyłączone drzewostany nasienne, powinny być zaprojektowane bloki upraw pochodnych o wielkości minimalnej, stanowiącej wielokrotność powierzchni tych drzewostanów. W projektowanych blokach, przeznaczonych pod uprawy pochodne, powinny znajdować się drzewostany w różnym wieku, aby możliwe było sukcesywne zakładanie zrębów w kolejnych latach, odpowiednio do urodzaju nasion i zapasów sadzonek. W większych blokach można zakładać rozręby, w celu przyspieszenia wypełniania bloku uprawami pochodnymi. Przy projektowaniu bloków powinno się dążyć, aby w ich

granicach znalazły się także wyłączone drzewostany nasienne. Na ich miejscu muszą pozostać uprawy pochodne z samosiewu lub sadzenia, w celu zachowania reprezentowanej przez nie pełnej puli genetycznej.

Bloki upraw pochodnych powinny projektować i zakładać także nadleśnictwa nie mające własnych wyłączonych drzewostanów nasiennych. Materiał siewny lub sadzeniowy należy wówczas sprowadzać zgodnie z obowiązującymi zasadami regionalizacji nasiennej. Wszędzie, gdzie jest to możliwe (warunki siedliskowe, dostępność materiału sadzeniowego), zaleca się zakładanie wielogatunkowych upraw pochodnych. Ich skład gatunkowy powinien być możliwie zbliżony do proponowanych w ZHL składów gatunkowych upraw, przy czym dla uprawy pochodnej jednogatunkowej udział gatunku pochodnego nie może być mniejszy niż 50%. W uprawach dwugatunkowych udział gatunków pochodnych powinien wynosić po 40%, a w trójgatunkowych po około 30%. Nie zaleca się zakładania upraw pochodnych z udziałem więcej niż trzech gatunków. Przy zakładaniu upraw wielogatunkowych bardzo istotna jest forma zmieszania (kępowa i drobnokępowa), umożliwiająca swobodne (losowe) zapylenie i przepływ genów. W dokumentacji dla upraw wielogatunkowych, w opisie dla gatunku podaje się powierzchnię całkowitą uprawy i powierzchnię zredukowaną dla gatunku. Dla każdej uprawy pochodnej zakłada się kartę uprawy pochodnej, w której na bieżąco prowadzone są odpowiednie zapisy.

Wyłączone drzewostany nasienne mogą w określonym momencie z różnych przyczyn przestać spełniać swoje zadanie. Po stwierdzeniu takiego stanu drzewostanu, przegląda go krajowa komisja i określa jego dalszą przydatność do zbioru nasion. Po zakończeniu prac komisja sporządza protokół z wykazem drzewostanów niespełniających roli drzewostanów nasiennych. Decyzja o skreśleniu drzewostanu zapada w trybie zarządzenia dyrektora generalnego LP i jest podawana do wiadomości w „Biuletynie Informacyjnym LP”. Po ukazaniu się zarządzenia dyrektora generalnego LP o skreśleniu wyłączonego drzewostanu nasiennego, nadleśniczy występuje do Biura Nasiennictwa Leśnego z wnioskiem o jego wykreślenie z Krajowego Rejestru LMP BNL. Do wniosku o skreślenie należy dołączyć kopię decyzji dyrektora generalnego LP. Na tej podstawie dyrektor Biura Nasiennictwa Leśnego skreśla drzewostan z II części Krajowego Rejestru LMP BNL w drodze decyzji administracyjnej.

Kategoria „kwalifikowany” LMP

Leśnym materiałem podstawowym, z którego pozyskuje się lub wytwarza LMR zaliczany do tej kategorii, są pojedyncze drzewa wybrane na podstawie określonych cech fenotypowych (dotychczasowa nazwa drzewa doborowe)

oraz plantacje nasienne (plantacje wegetatywne) i plantacyjne uprawy nasienne (generatywne plantacje nasienne), założone z materiałów wegetatywnych i generatywnych pozyskanych z drzew matecznych (doborowych). Na razie nie przewiduje się tworzenia i wprowadzania na szerszą skalę do celów leśnych rodzajów LMP „klon” i „mieszanka klonów”, a jeśli tak, to materiałem wyjściowym do ich pozyskania będą drzewa mateczne (drzewa doborowe).

- **Drzewa mateczne.** Drzewa mateczne gatunków rodzimych powinno się wybierać tylko w wyłączonych drzewostanach nasiennych i w gospodarczych drzewostanach nasiennych. W uzasadnionych wypadkach dopuszcza się wybór drzew matecznych w innych niż nasienne obiektach (rezerwaty, drzewostany innych gatunków z udziałem gatunku wybieranego). Przy wyborze drzew poza bazą nasienną (WDN i GDN) krajowa komisja określa sposób ich wykorzystania (tylko potomstwo wegetatywne, potomstwo wegetatywne i generatywne). Przy wyborze drzew analizuje się przede wszystkim ich cechy jakościowe, gdyż są w znacznie większym stopniu uwarunkowane genetycznie niż cechy ilościowe – przyrostowe, na które możemy wpływać stosując odpowiednie zabiegi, np. nawożenie czy rzadszą więźbę. Zgłaszane do uznania drzewa gatunków iglastych muszą mieć całkowicie prostą, pełną i dobrze oczyszczoną strzałę, bez guzów. Nie nadają się do uznania drzewa z widocznym zastępczym wierzchołkiem, śniegołomy oraz drzewa z pasierbem. Korona powinna być jak najdłuższa i możliwie wąska, regularna i dobrze uigłona, o cienkich i krótkich gałęziach, wyrastających ze strzały pod kątem jak najbardziej zbliżonym do prostego. Długa (ponad 50% wysokości drzewa) i wąska korona jest istotną zaletą, gdyż drzewa o takich koronach nie cierpią od śniegołomów i wiatrołomów, dobrze się oczyszczają, mają gładkie strzały i potrzebują znacznie mniej przestrzeni życiowej niż grubogałęziste drzewa o szerokich koronach. Drzewa liściaste powinny mieć całkowicie prosty i zaznaczający się wyraźnie aż do wierzchołka pień – bez sęków, guzów i „wilków” oraz możliwie wąską koronę – bez grubych konarów, a także zbliżony do prostego kąt wyrastania gałęzi. Wszystkie typowane do uznania drzewa muszą być zdrowe i w pełni żywotne. Uszkodzenie mechaniczne nie dyskwalifikuje drzewa, jeżeli nie powoduje objawów osłabienia.

Wiek zgłaszanych drzew nie powinien być niższy niż: 40 lat dla brzozy brodawkowatej, olszy czarnej i lipy drobnolistnej, 60 lat dla modrzewia europejskiego, jedlicy zielonej i sosny wejmutki, 80 lat dla sosny zwyczajnej i czarnej, świerka pospolitego, jodły i jesionu wyniosłego, 100 lat dla dębów i buka zwyczajnego.

Kandydatów na drzewa mateczne typuje nadleśnictwo. Po wstępnej weryfikacji zgłoszonych drzew przez Wydział Hodowli (Zagospodarowania) Lasu RDLP kandydatury należy przesłać do Dyrekcji Generalnej LP i IBL. Drzewa za mateczne (doborowe) uznaje krajowa komisja. Drzewo uznane

za mateczne (doborowe) oznacza się w terenie opaską szerokości 5 cm, namalowaną jasnożółtą farbą olejną, na wysokości 1,50 m oraz numerem wewnętrznego rejestru LP. Numer drzewa matecznego nadany przez BNL (numer w KR LMP) maluje się czarną farbą bezpośrednio na opasce z jasnożółtej farby. Do każdego drzewa matecznego (o ile jest to możliwe) wybiera się cztery drzewa porównawcze (podane w zgłoszeniu lub inne), które oznacza się cyframi 1–4, wykonanymi także jasnożółtą farbą.

Protokół z uznawania drzew matecznych lub zarządzenie dyrektora generalnego LP o wyłączeniu od wyřębu uznanych drzew jest podstawą do wystąpienia nadleśniczego o rejestrację zakwalifikowanych przez krajową komisję LP drzew matecznych w Krajowym Rejestrze LMP BNL w części III. Drzewa mateczne (doborowe) rejestruje minister środowiska w drodze decyzji administracyjnej. Zgłoszone do wpisu do Krajowego Rejestru LMP BNL drzewa mogą być weryfikowane pod względem spełniania wymagań zawartych w rozporządzeniu ministra środowiska w sprawie szczegółowych wymagań, które powinien spełniać LMP kategorii III przez Krajową Komisję Nasiennictwa Leśnego przy BNL.

Zarejestrowane drzewa mateczne (doborowe) nie podlegają wyřębowi. Jeżeli zlokalizowane są w drzewostanie kategorii „ze zidentyfikowanego źródła”, przy zakładaniu zřębu w tym drzewostanie wokół każdego drzewa doborowego, jako otulinę, należy pozostawić wszystkie drzewa i krzewy w promieniu równym przeciętnej wysokości drzewa (około 20–30 m). Otulinę zachowuje się tak długo, jak długo chronione przez nią drzewo doborowe wykazuje zadowalającą żywotność. Gdy drzewo mateczne (doborowe) zostanie wywalone, złamane przez wiatr lub zniszczone przez piorun, doprowadzone do obumarcia przez grzyby czy szkodniki owadzie lub przestanie istnieć z innych przyczyn, nadleśnictwo musi niezwłocznie poinformować o tym DGLP, LBG Kostrzyca, Zakład Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych IBL oraz RDLP i występuje formalnie o wykreślenie tego drzewa z Krajowego Rejestru LMP BNL.

- **Plantacje nasienne i plantacyjne uprawy nasienne.** Plantacje nasienne i plantacyjne uprawy nasienne stanowią wegetatywne lub generatywne potomstwo drzew doborowych. Celem ich zakładania jest dostarczanie dużej ilości ulepszanego pod względem genetycznym leśnego materiału rozmnożeniowego. Zakładanie plantacji nasiennych i plantacyjnych upraw nasiennych różni się jedynie w pierwszym etapie, jeśli chodzi o przygotowanie materiału wyjściowego, ponieważ plantacje nasienne stanowią potomstwo wegetatywne drzew matecznych, natomiast plantacyjne uprawy nasienne są generatywnym potomstwem drzew matecznych.

Przez cały czas obradzania plantacja musi być zabezpieczona przed dostępem pyłku z zewnątrz. Plantację ułożoną wewnątrz drzewostanu izoluje ten drzewostan. Gdy plantację zakłada się wśród pól, należy wyprze-

dzająco stworzyć dla niej sztuczną otulinę. Najskuteczniejsza jest otulina o następującej budowie: 3 lub 4 rzędy gatunku szybko rosnącego, w więźbie 4×4 lub 5×5 m, z przesunięciem; między nimi 2 lub 3 rzędy gatunku wolno rosnącego, z odstępem w rzędzie 2 lub 3 m i także z przesunięciem, a to wszystko podbudowane krzewami.

Każda plantacja nasienna może obejmować potomstwo (szczepy lub sadzonki) drzew matecznych (doborowych) tylko z jednego, określonego regionu pochodzenia lub wyjątkowo grupy sąsiednich regionów, które zgodnie z zasadami regionalizacji nasiennej mogą korzystać ze wspólnej bazy nasiennej. Liczba potomstw w plantacji takich gatunków jak sosna zwyczajna i świerk pospolity nie może być mniejsza niż 40, a pozostałych gatunków 30. Należy jednak zawsze dążyć, aby liczba potomstw drzew matecznych w plantacjach była możliwie duża. Po założeniu plantacji właściciel lub zarządca bazy nasiennej składa wniosek o rejestrację plantacji nasiennej lub plantacyjnej uprawy nasiennej w Krajowym Rejestrze LMP BNL. Decyzję o rejestracji plantacji nasiennej w Krajowym Rejestrze LMP BNL podejmuje minister środowiska w trybie administracyjnym.

Dobre rady:

Schemat rozmieszczenia klonów/rodów w plantacjach i plantacyjnych uprawach nasiennych przewiduje ich przerzedzanie w taki sposób, by w całym okresie ich funkcjonowania szczepy/sadzonki miały optymalne warunki wzrostu. Zabiegi te należy wykonywać odpowiednio wcześniej, aby nie następowała redukcja koron, co w konsekwencji zmniejsza wielkość produkcji oraz utrudnia zbiór.

Nasiona z plantacji wykorzystuje się do zakładania rejestrowanych upraw pochodnych w blokach lub rozproszonych upraw pochodnych, podobnie jak nasiona z wyłączonych drzewostanów nasiennych. Ponadto nasiona te mogą być wykorzystywane do zakładania upraw plantacyjnych drzew szybko rosnących (dla odpowiednich gatunków). Dopuszcza się w blokach upraw pochodnych wykorzystywanie do 20% nasion z plantacji nasiennych, jak też zakładanie niewielkich bloków upraw pochodnych (do jednego oddziału) z nasion plantacyjnych. W tym wypadku w każdym bloku mogą być wykorzystywane nasiona tylko z jednej plantacji.

Plantacje nasienne mogą, w określonym momencie, z różnych przyczyn, przestać spełniać swoje zadanie. Po stwierdzeniu takiego stanu plantacji, nadleśnictwo ma obowiązek zgłoszenia tego faktu do RDLP, DGLP i Instytutu Badawczego Leśnictwa. Plantacje lustruje krajowa komisja i określa ich dalszą przydatność do zbioru nasion. Decyzja o skreśleniu zapada w trybie zarządzenia dyrektora generalnego LP i jest podawana do wiadomo-

ści w „Biuletynie Informacyjnym LP”. Decyzja dyrektora generalnego LP o skreśleniu plantacji jest dla nadleśniczego podstawą wystąpienia do Biura Nasiennictwa Leśnego z wnioskiem o jej wykreślenie z Krajowego Rejestru LMP BNL.

- **Wykorzystanie bazy nasiennej.** Istniejąca obecnie w Polsce baza nasiennej wykorzystywana dla celów leśnych znajduje się praktycznie w całości w LP. Jej wielkość w poszczególnych kategoriach przedstawiono w tabeli 3, a procentowy udział pozyskiwanego w tej bazie LMR w tabeli 4. Utworzona w LP baza nasienna w pełni zaspokaja potrzeby nasienne. Pewne uwagi można mieć natomiast odnośnie udziału poszczególnych kategorii w ogólnej ilości pozyskiwanego LMR:
 - zdecydowanie zbyt dużo pozyskuje się LMR w I kategorii bazy nasiennej;
 - zdecydowanie za mało pozyskuje się LMR w kategorii II, szczególnie w przypadku gatunków liściastych;
 - nie do końca wykorzystuje się możliwości produkcyjne istniejących plantacji nasiennych i plantacyjnych upraw nasiennych, pomimo że dotychczas nie osiągnięto wielkości określonych jako graniczne;
 - zgodnie z obowiązującymi obecnie zasadami drzewa mateczne mogą być również wykorzystywane do pozyskania LMR do bezpośredniego wykorzystania do celów leśnych, co dotychczas nie jest praktykowane na szerszą skalę;
 - pomimo posiadania bazy nasiennej w pełni zaspokajającej potrzeby w tym zakresie, w dalszym ciągu pozyskuje się pewne ilości LMR poza bazą nasienną (tabela 4).

Jak wynika z tabeli 3, nie posiadamy obecnie w Polsce bazy nasiennej kategorii IV. Realizację programu testowania leśnej bazy nasiennej rozpoczęto w LP w 2006 r. Program ten stanowi ważną część kolejnego programu hodowli selekcyjnej drzew leśnych, który będzie realizowany w LP w latach 2011–2035 [Barzdajn i in., 2004]. Realizacja tego programu pozwoli na istotne zmiany ilościowe w udziale poszczególnych kategorii baz nasiennych w pozyskaniu LMR. W programie tym zakłada się:

- utworzenie przetestowanej bazy nasiennej na poziomie 10% potrzeb nasiennych w skali kraju (przewidywany zysk selekcyjny dla cech przyrostowych na poziomie populacji 5–15%, na poziomie rodu do 25%, w stosunku do cech przyrostowych dla materiału pochodzącego spoza tej bazy);
- utrzymanie wyselekcjonowanej bazy nasiennej na poziomie 30% potrzeb nasiennych w skali kraju (przewidywany zysk selekcyjny dla cech przyrostowych na poziomie populacji 10%, na poziomie rodu 15%);
- utrzymanie stałej bazy nasiennej ze zidentyfikowanego źródła na poziomie 60% potrzeb nasiennych w skali kraju (przewidywany zysk selekcyjny dla cech przyrostowych na poziomie populacji 2–5%) [Matras, Fonder, 2006b].

Tabela 3.

Baza nasienna w Lasach Państwowych – ha/szt. (stan na 01.01. 2008)

| Gatunek | Kategoria I „ze zidentyfikowanego źródła” | | Kategoria II „wyselekcjonowana” | Kategoria III „kwalifikowana” | | | Kategoria IV „przetostowana” |
|---------------------|---|----------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------|-----------------------------|------------------------------|
| | źródła nasion | drzewostany | drzewostany | drzewa macieczne | plantacje nasienne | plantacyjne uprawy nasienne | |
| Sosna zwyczajna | | 135 750 | 6 957 | 3 770 | 425,78 | 279,30 | |
| Świerk pospolity | | 12 882 | 2 277 | 950 | 75,60 | 10,89 | |
| Modrzew europejski | | 1 661 | 445 | 1 016 | 252,11 | 171,89 | |
| Jodła pospolita | | 6 135 | 1 370 | 484 | 80,15 | 15,35 | |
| Sosna czarna | | 100 | 72 | 232 | 25,00 | 110,64 | |
| Inne iglaste | 378 | 296 | 162 | 583 | 52,63 | 47,30 | |
| Brzoza brodawkowata | | 5 130 | 195 | 267 | 47,62 | 13,39 | |
| Buk zwyczajny | | 19 643 | 2 076 | 553 | 50,47 | 11,22 | |
| Dąb szypułkowy | | 17 609 | 1 370 | 557 | 31,95 | 23,40 | |
| Dąb bezszypułkowy | | 5 527 | 1 452 | 332 | 53,38 | 11,00 | |
| Olsza czarna | | 6 949 | 563 | 517 | 50,23 | 0,00 | |
| Lipa drobnolistna | 707 | 789 | 142 | 135 | 96,56 | 0,00 | |
| Inne liściaste | 3 336 | 1 952 | 121 | 499 | 21,92 | 4,55 | |
| Razem | 4 592 | 214 422 | 17 203 | 9 795 | 1 263,40 | 698,93 | |

Tabela 4.

Procentowy udział LMR pozyskiwanego w bazie nasiennej Lasów Państwowych

| Gatunek | Populacje znanego pochodzenia | Drzewostany wyselekcjonowane | Plantacje nasienne/plantacyjne uprawy nasienne | Inna baza |
|-----------------------|-------------------------------|------------------------------|--|------------|
| Sosna zwyczajna | 82,0 | 8,0 | 10,0 | 0,0 |
| Świerk pospolity | 58,0 | 30,0 | 2,0 | 10,0 |
| Modrzew europejski | 35,0 | 10,0 | 47,0 | 8,0 |
| Jodła pospolita | 58,0 | 37,0 | 3,0 | 2,0 |
| Inne iglaste | 11,0 | 40,0 | 27,0 | 22,0 |
| Średnio | 73,0 | 13,0 | 12,0 | 2,0 |
| Brzoza brodawkowata | 79,9 | 12,3 | 7,8 | 0,0 |
| Buk zwyczajny | 74,6 | 25,4 | 0,0 | 0,0 |
| Dąb szypułkowy | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Dąb bezszypułkowy | 95,1 | 3,9 | 0,0 | 0,0 |
| Olsza czarna | 91,9 | 5,9 | 2,2 | 0,0 |
| Lipa drobnolistna | 88,2 | 1,8 | 10,0 | 0,0 |
| Inne liściaste | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Średnia ogólna | 90,1 | 7,0 | 2,9 | 0,0 |

C

Choroby grzybowe i abiotyczne



TERESA STOCKA

Szkodliwość oddziaływania patogenów grzybowych na materiał produkowany w szkółkach leśnych sprawia, że niezbędne jest podejmowanie działań profilaktycznych, a często i leczniczych z zastosowaniem odpowiednio dobranych fungicydów. Ponieważ jednak z roku na rok następują zmiany w rejestrze środków dostępnych dla leśnictwa, celowym staje się opracowanie nowej strategii zintegrowanego postępowania ochronnego w szkółkach, dobrej praktyki gospodarczej (zmianowanie, unikanie stresów) oraz wykorzystania zjawisk naturalnych (mikoryzy, allelopatii), przy nieznacznym tylko udziale selektywnych metod chemicznych.

Choroby grzybowe na nasionach gatunków ciężkonasiennych

Choroby grzybowe na materiale siewnym pojawiają się w wyniku kontaktu nasion z grzybniami i/lub zarodnikami grzybów podczas przelegiwania pod drzewami (rzadziej już na drzewach, chociaż zarodniki grzybów mogą unosić się z wiatrem) oraz w trakcie składowania w zainfekowanych pomieszczeniach. Rozwojowi grzybni sprzyjają wszelkie czynniki osłabiające żywotność nasion, a więc zbyt wysoka wilgotność liścieni i powietrza, ale także wysoka temperatura i susza.

Ryc. 3. Grzybnie rozwijające się na igłach, liściach i opadłych pędach są źródłem porażenia nasion

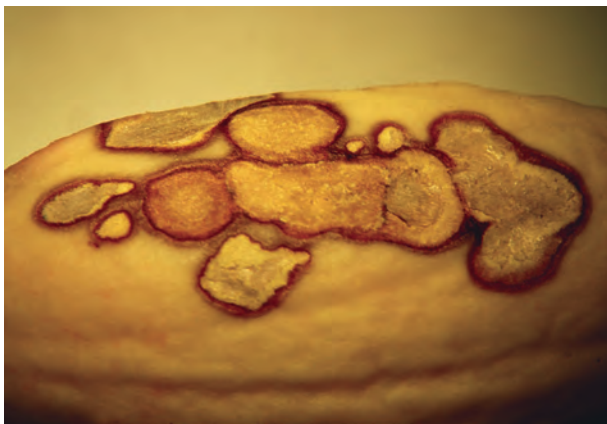


Większość rodzajów grzybów zasiedla tylko okrywy, jednakże długotrwały kontakt nasion z grzybniami znajdującymi się w ściółce i glebie (w tym z tzw. grzybami pleśniowymi i typowymi dla zgorzeli siewek, a także rozwijającymi się na opadłych liściach, pędach i ubiegłorocznych nasionach) oraz nieprawidłowe warunki zbioru, składowania i przygotowania do siewu (w tym stratyfikacji) powodują, że grzybnie wnikają do liścieni i zarodka (ryc. 3).

Następuje to przez: rozluźnione tkanki (np. przez hilum - miejsce przyczepienia żołędzia), mikroszczeliny znajdujące się na okrywach, pęknięcia tworzące się na wierzchołku łupin podczas pęcznienia liścieni, uszkodzenia mechaniczne czy uszkodzenia powodowane przez owady lub gryzonie. Rozwój grzybni ujawnia się w postaci różnorodnych plam na powierzchni liścieni, na wewnętrznej stronie łupin, a przy silnym występowaniu szkód także na ich zewnętrznej stronie.

Choroby grzybowe nasion dębów

- ***Ciboria batschiana*** (Zopf) Buchw. - **mumifikacja żołędzi** - plamy na liścieniach żołędzi (niezwykle rzadko na zewnętrznej stronie okryw) występują w postaci żółtego koła/owalu o ciemniejszym obrzeżu (ryc. 4). W miarę rozwoju grzybni, który postępuje bardzo szybko, plamy łączą ze sobą i pokrywają szarą, gęstą tkanką, a ta, starzejąc się, zmienia barwę na brązową, a następnie czarnobrunatną. Grzybnia rozrasta się aż poza okrywy nasienne i zakaża inne żołędzie. Liścienie zmieniają się w podkładkę grzyba, stają się czarne i porowate; suche są bardzo twarde, wilgotne zaś zwiększają swoją objętość i rozrywają okrywy wzdłuż ich dłuższej osi. W ekstremalnych warunkach szkody mogą sięgać blisko 100%.



Ryc. 4. Plamy na liścieniach żółdki powodowane przez *Ciboria batschiana*

Dobre rady:

Sprawdzić poprzez krojenie żółdki zasadność stosowania termoterapii polecanej do usuwania *C. batschiana*. W nadleśnictwie posiadającym jedno urządzenie do termoterapii zabieg jest kosztowny, długotrwały i nieefektywny, gdy wykonuje się go dla partii żółdki liczących około 1000 i więcej kilogramów. Partie porażone w wysokim procencie, czekające na zabieg kilka tygodni, są nie do uratowania. Zabieg jest niepotrzebny, gdy *C. batschiana* nie występuje lub pojawia się sporadycznie.

Sprawdzić obecność grzyba w drzewostanie poprzez lustrację ściółki – jesienią w miejscach wilgotnych, często nieco przesłoniętych liśćmi; na ubiegłorocznych żółdździach widoczne są owocniki grzyba (miseczki na nóżce), które są źródłem porażenia (ryc. 5).



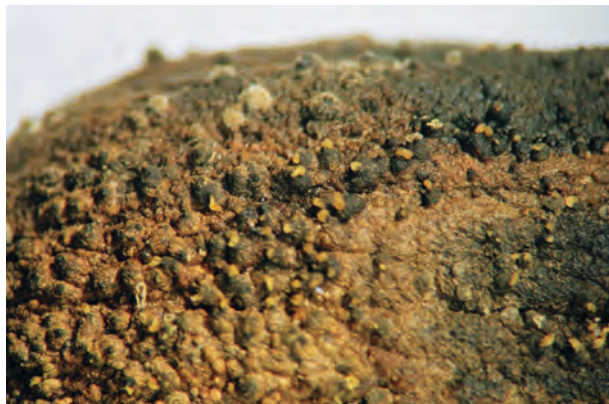
Ryc. 5. Owocowanie (miseczki) grzyba na ubiegłorocznych, zmienionych żółdździach, widoczne w wilgotnych miejscach w drzewostanie

- ***Apiognomonia quercina* (Kleb.) Höhn.** (stadium konidialne: *Gloeosporium quercinum* Westend.) – czarne, wgłębione plamy na liścieniach, często pokryte jasną, kremową, podobną do wojłoku grzybnią (ryc. 6). Wraz z jej rozwojem liścienie wysychają, a strzępki ciemnieją. Grzyb zamiera w trakcie termoterapii. Występuje na liściach dębów, skąd poraża żołędzie. Szkodliwość jest zwykle mała, niekiedy jednak sięga $\frac{1}{4}$ części partii [Kowalski T., 1997] – w partii z południa kraju lub nawet ponad 50% – w partii z drzewostanów północnej Polski (zbiór z lat 90. ubiegłego wieku – analizy IBL). Wysokość strat zależna jest m.in. od częstotliwości występowania grzyba w drzewostanie, w którym dokonywany jest zbiór.
- ***Phomopsis quercella* Trav.** – ciemnobrunatne plamy pokrywają się grzybnią ciemniejszą i cieńszą niż u *A. quercina* lub występują tylko wypukłe skupienia zarodnikowania konidialnego na wypukłej powierzchni zbrunatniałych, lekko pobrużdżonych liścieni i gładkiej, często lekko wklęsłej wewnętrznej ich powierzchni. Grzyb obecny jest na osłabionych pędach dębów. Procent uszkodzenia w partii jest zwykle mały, ale porażone żołędzie ulegają całkowitemu zniszczeniu (ryc. 7). Nie ma możliwości zapobiegania rozwojowi grzybni znajdującej się wewnątrz łupiny.

Ryc. 6. Grzybnia *Apiognomonia quercina* na liścieniach żołędzi



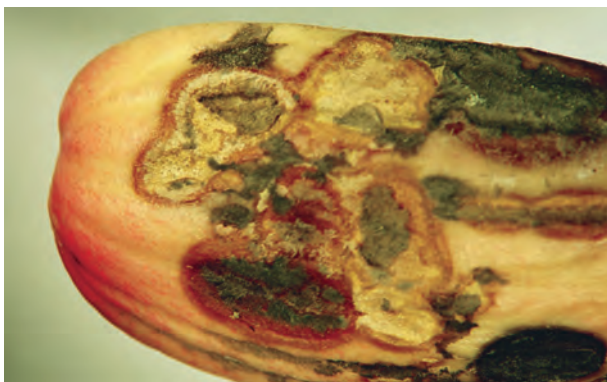
Ryc. 7. Owocowanie *Phomopsis quercella* na żołędziu





Ryc. 8. Żołędzie zniszczone przez grzyby zgorzelowe z rodzaju *Rhizoctonia*

- **Grzyby zgorzelowe:** *Rhizoctonia* spp., *Fusarium* spp. – występują w glebie leśnej i na kwaterach szkótek. Mogą być sprawcami czernienia (zamierania) zarodka i kielka (ryc. 8), a także liścieni. Specyficzne cechy strzępek grzybni są widoczne przy dużych powiększeniach. Po siewie jesiennym w szkółce patogeny atakują osłabione żołędzie w okresach ocieplenia gleby. Wskazane jest stosowanie przed siewem zaprawy nasiennej Vitavax 2000 FS.
- **Grzyby pleśniowe** (różne rodzaje, m.in.: *Mucor*, *Penicillium*, *Alternaria*) – są saprotrofami, ale niekiedy ich szkodliwość może być duża. Najczęściej zasiedlają okrywy nasienne. Po przeniknięciu przez uszkodzenia i mikroszczeliny do wnętrza nasion tworzą na wypukłej stronie liścieni początkowo lekko przejrzyste, szarogranatowe plamki. Bardzo szybko mogą jednak strzępkami całkowicie pokryć osłabione tkanki. Grzybnie mają różne barwy, które są charakterystyczne dla poszczególnych rodzajów. Po procesie termoterapii rozwój pleśni może postępować wskutek pojawienia się wolnych miejsc (nisz) do zasiedlenia po zamarcu *C. batschiana* oraz wzrostu wilgotności i temperatury (ryc. 9). W znacznej części ograniczenie szkód uzyskuje się po zastosowaniu zaprawy nasiennej Vitavax 2000 FS tuż po zbiorze, zanim grzybnie wniknęły do wnętrza łupin.



Ryc. 9. Rozwój grzybów pleśniowych po termoterapii żołędzi

Dobre rady:

Im szybciej nastąpi zbiór żołądzi po ich opadnięciu, tym mniejsza będzie szkodliwość grzybni. Więcej informacji o chorobach żołądzi można znaleźć w Atlasie chorób żołądzi [Stocka, 1998] oraz zeszycie 86 Biblioteczki Leśniczego [Stocka, 1997 a].

Choroby abiotyczne nasion dębu

- **Przemrożenie żołądzi** występuje po siewie na żołądziach nieprzykrytych dostatecznie grubą warstwą gleby, kory lub trocin, na skutek nagłego spadku temperatury poniżej zera lub długotrwałego utrzymywania się temperatury ujemnej. Wskutek tego dochodzi do przemrożenia zewnętrznej części tkanek liścieni lub całych żołądzi i ich destrukcji. Nasiona wyjęte z gleby mają zawsze brunatną powierzchnię liścieni oraz zwykle jednolite jasnobrunatne tkanki wewnętrzne o kaszkowatej (serowatej) strukturze (ryc. 10). Po naciśnięciu palcami liścieni następują obfite wycieki soków. Przemrożeniu ulegają najszybciej żołądzie o najniższym procencie cukrów, a więc te, które dojrzywały w niesprzyjających warunkach (np. silne zacielenie, wysokie temperatury powietrza, susza).

Dobre rady:

Szybkie przykrycie kwatery z nasionami dębu po wystąpieniu mrozu uratuje część żołądzi, jeśli temperatura nie spadła gwałtownie poniżej -10°C .



Ryc. 10. Brunatna barwa i kaszkowata struktura przemrożonego żołądzia

- **Przesuszenie żołądźi** – obniżenie wilgotności żołądźi poniżej 40–42% drastycznie zmniejsza nie tylko ich zdolność kiełkowania, ale także osłabia siły obronne nasienia i naraża zarówno na atak patogenów, jak też pozwala na rozwój tzw. patogenów słabości czy nawet ekspansję saprotrofów, które w tych warunkach mogą całkowicie zniszczyć zarodek i liścienie. Do przesuszenia żołądźi dochodzi często już na drzewach, albo po ich opadnięciu z drzew, gdy w trakcie dojrzewania i/lub zbioru panuje susza i wysoka temperatura. Także taka temperatura podczas składowania przyczynia się do nadmiernego przesuszenia nasion dębu. Zwykle rozwój grzybów powoduje dalsze przesuszenie liścieni na skutek korzystania z soków komórkowych żołądźi. Zależnie od stopnia przesuszenia tkanek można zainfekowane żołądźie usunąć podczas spławienia lub nie. Jeśli żołądźie mają małą zdrowotność i są w różnym stopniu zasiedlone przez grzyby, nawet 80% z nich może nie zostać spławiona [Stocka i in., 1996]. W tym przypadku grzyby będą się nadal rozwijały wewnątrz łupiny, aż do całkowitego zniszczenia tkanek, a po przeniknięciu na zewnątrz staną się źródłem porażenia dla innych osłabionych żołądźi.

Choroby grzybowe nasion buka

- ***Apiognomonina errabunda* (Rob.) Höhn.** [(stadium konidialne: *Gloeosporium fagi* (Desm. Et Rob., West.)] – największy patogen nie tylko bukwi, ale także sprawca antraknozy siewek buka. Źródłem porażenia jest owocowanie występujące na czerwono-brązowych plamach na liściach buka w drzewostanie (zwykle w podrostach), skąd zarodniki dostają się na łupiny, a następnie grzybnie przenoszą się do wnętrza bukwi. Na tkance li-



Ryc. 11. Kremowa grzybnia *Apiognomonina errabunda* na nasionach buka

ścieni choroba powoduje wgłębione czarne plamy, na których rozwija się kremowa grzybnia (ryc. 11). Przy dużej wilgotności nasion grzybnie rozrastają się bardzo intensywnie, także na powierzchni okryw. Grzyb lokalnie może powodować szkody sięgające do 25% zbioru. Utrzymuje się w wielu szkółkach w postaci czerwonobrunatnych plam na liściach siewek i sadzonek buka.

- **Grzyby zgorzelowe** (wszystkie rodzaje: *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Phytophthora*) – pojawiają się na skutek kontaktu z glebą leśną i po siewie w szkółce. Chronią przed nimi zaprawy nasienne zastosowane odpowiednio wcześniej po zbiorze.
- **Grzyby pleśniowe** – wiele różnych rodzajów – rozwój następuje na nasionach osłabionych; grzybnia przenika do wnętrza przez uszkodzenia i szczeliny w łupinach. Głównym powodem występowania pleśnienia jest kontakt z zarodnikami i grzybniami rozkładającymi materię organiczną, gdy bukiew przeleguje zbyt długo pod drzewami, zwłaszcza podczas deszczu oraz przy nadmiernej wilgotności osłabionych nasion w trakcie procesu przysposobienia do siewu.

Dobre rady:

Im bardziej skróci się okres przelegiwania nasion pod drzewami po opadnięciu, tym mniej nasiona będą zasiedlane przez grzyby.

Choroby grzybowe nasion innych gatunków

Dotychczas nie stwierdzono specyficznych patogenów atakujących nasiona innych gatunków. Przy zbiorze orzeszków lipy ważne jest, aby w partii nasion nie było zanieczyszczeń organicznych (mogą je zasiedlać grzyby pleśniowe i zgorzelowe), a zwłaszcza fragmentów liści lipy, porażonych przez ich patogena *Apiognomonium tiliae* (Rehm) Höhn. (stadium konidialne *Gloeosporium tiliae* Oudem.), który powoduje liczne, drobne, okrągławe plamy na blaszkach liściowych [Křístek, 1992]. Szkody w zasiewach jodły i daglezi wynikają głównie z błędów popełnianych w procesie przygotowania do siewu oraz działania grzybów zgorzelowych po siewie na kwaterach. Szczególnym przypadkiem jest składowanie nasion w pomieszczeniach zainfekowanych przez grzybnie występujące na materiale nasiennym. Powierzchnie, na których corocznie okresowo przechowuje się nasiona, powinny być przed każdym użyciem spryskiwane lub zmywane środkami dezynfekującymi.

Choroby grzybowe nasion gatunków lekkonasiennych

Nasiona drzew iglastych (sosna pospolita, modrzew, świerk) badane bezpośrednio po wyłuszczeniu rzadko są porażane przez patogeny, chyba że szyszki, w których się rozwijają, zaatakowane są przez choroby grzybowe. Podobnie nasiona liściastych gatunków lekkonasiennych (np. brzoza, wiązy, jesion) w naszym kraju nie mają charakterystycznych dla nich patogenów lub zdarza się to rzadko. Występowanie grzybni osłabiających zdolność kiełkowania, powodujących pleśnienie i zniszczenie nasienia, związane jest głównie z kontaktem z glebą i grzybami rozwijającymi się na szczątkach organicznych lub atakiem grzybów zgorzelowych po siewie w gruncie.

Choroby siewek

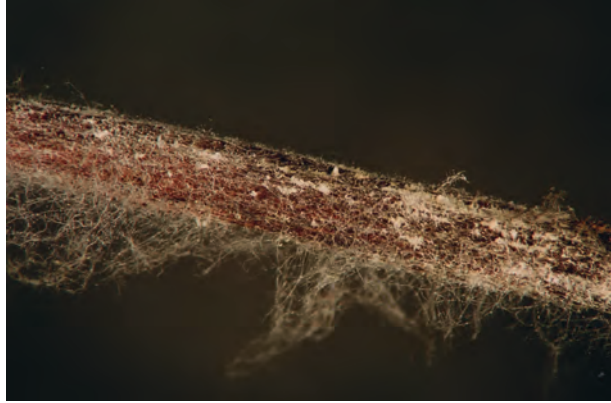
Przy infekcji siewek przez patogeny, zwłaszcza powodujące zgorzel, następuje wydzielanie przez grzyby toksyn, które hamują oraz zaburzają podziały komórkowe w tkankach nasion i korzeni, co ostatecznie prowadzi do ich zamierania. W przypadku siewki przełamanie bariery obronnej następuje tym szybciej, im większa jest koncentracja grzybni patogenicznych i im więcej występuje zewnętrznych czynników osłabiających, w tym przede wszystkim niekorzystnych warunków pogodowych.

- **Grzybowa zgorzel siewek.** Mimo coraz szerszej wiedzy szkółkarzy, brak dostępu do odpowiednich środków ochronnych powoduje, że w szkółkach wciąż dochodzi do znacznych strat w pierwszych tygodniach po siewie nasion oraz w trakcie ich kiełkowania. Niektóre regionalne dyrekcje LP wyróżniają się pod tym względem bardziej niż inne [„Ocena występowania...”, 2008]. Coraz rzadziej jednak mówi się potocznie o „szkółkach zgorzelowych”. Szkody na kwaterach pojawiają się miejscowo, co jest charakterystyczne dla kolonijnego zasiedlania gleby przez grzyby zgorzelowe.

Powszechnie znana jest zdolność grzybów zgorzelowych do przystosowania się do środowiska. W warunkach niekorzystnych wszystkie rodzaje wytwarzają organy przetrwalnikowe, które przez wiele lat mogą bytować w glebie. Mają też zdolność saprotroficznego rozwoju na resztkach organicznych, stąd niekiedy trudno je wyrugować z kwater produkcyjnych (ryc. 12). Dlatego ugorowanie gleb w „szkółkach zgorzelowych” nie jest w pełni skuteczne.

Patogeny powodujące zgorzel siewek mają bardzo charakterystyczne grzybnie, a co za tym idzie – łatwo i szybko mogą być rozpoznane pod mi-

Ryc. 12. Grzybnia i przetrwalniki patogena zgorzeli siewek z rodzaju *Rhizoctonia* na materiale organicznym, wyjętym z gleby na kwaterze



Ryc. 13. Charakterystyczna „watowata” grzybnia patogena zgorzeli siewek z rodzaju *Fusarium*



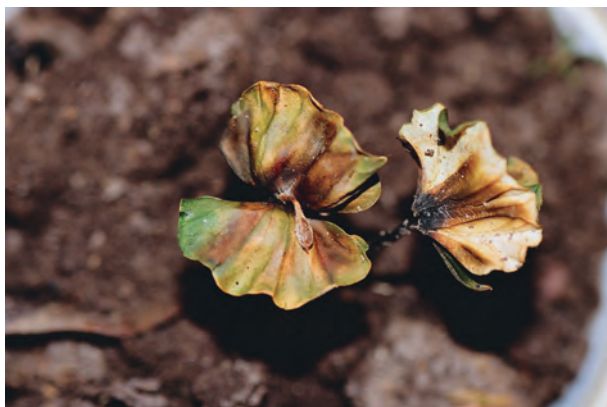
kroskopem przez specjalistów bez konieczności szczepienia na pożywkach (ryc. 13). Jest to istotne przy występowaniu szkód na kwaterach i konieczności szybkiego podejmowania decyzji co do skutecznej ochrony zasiewów.

Poszczególne rodzaje grzybów mogą występować na siewkach pojedynczo lub po 2-3 rodzaje, co pociąga za sobą konieczność stosowania odpowiedniego programu ich zwalczania. Przykładowy dobór fungicydów przedstawiano już wielokrotnie (m.in. [Stocka, 2007]).

- *Fusarium* spp. - najbardziej ekspansywny z grzybów zgorzelowych ze względu na intensywną produkcję zarodników. Spotykany na siewkach niezdrewniałych i zdrewniałych, a także osłabionych w okresie letnim i jesiennym. Zakres pH i temperatury działania tego rodzaju jest najszerszy spośród patogenów zgorzelowych. Zwalczanie wskazane jest tylko do 6-8 tygodnia życia siewki.
- *Rhizoctonia* spp. - patogen trudny do usunięcia z kwater szkółki, gdyż przenika w głąb tkanek korzeni; zasiedla powierzchniowe warstwy gleby, ale znajdujący się jest też głębiej niż inne grzyby zgorzelowe. Potrzebuje także

wyższej temperatury do rozwoju. Obecny jest w glebach o najszerszym po *Fusarium* spp. zakresie pH.

- *Pythium* spp. – w szkółkach leśnych najczęściej poraża siewki niezdrewniałe i najwięcej szkód czyni na początku okresu kiełkowania oraz wzrostu siewek. Jest też najczęstszym sprawcą zgorzeli siewek podczas chłodnej, wilgotnej wiosny.
- *Phytophthora* spp. – najczęściej spotykany patogen siewek buka (ryc. 14), jednakże nie jedyny, o czym należy koniecznie pamiętać przy planowaniu zabiegów ochronnych na siewkach tego gatunku. Wraz z patogenami rodzaju *Phytophthora* na chorych siewkach mogą być obecne grzyby z rodzaju *Fusarium* i *Rhizoctonia*, co jest niezwykle istotne przy wyborze fungicydów,



Ryc. 14. Typowy wygląd siewek buka porażonych przez *Phytophthora* spp.

ponieważ środki skierowane przeciwko *Phytophthora* spp. nie działają skutecznie na pozostałe rodzaje grzybów zgorzelowych. *Phytophthora* spp. rozwija się na liścieniach siewek buka najczęściej w okresach wilgotnych, powodując w bliskiej odległości od miejsca przyczepu liścieni wodniste plamy, które szybko ciemnieją, przybierając ostatecznie barwę czarną lub jasnobrunatną przy bardziej suchym powietrzu.

Grzyby towarzyszące zgorzeli

- Różne rodzaje: *Alternaria*, *Botrytis*, *Cylindrocarpon* – na siewkach rzadko występują pojedynczo, rozwijają się na już osłabionym materiale, stąd zwykle nie zachodzi konieczność ich zwalczania. Wyjątkiem jest *Botrytis cinerea*, który – zwłaszcza przy zwarciu siewek w namiocie i przy dużej wilgotności powietrza – samodzielnie powoduje duże szkody, co pociąga za sobą konieczność starannych zabiegów ochronnych i intensywnego wietrzenia namiotu (ryc. 15).

Ryc. 15. Strzępki *Botrytis cinerea* luźno rozłożone wokół zamartej siewki



Dobre rady:

Profilaktyka ochronna powinna być rozpoczęta jak najwcześniej, nawet przed pękaniem gleby, zwłaszcza na kwaterach „zgorzelowych” i zintensyfikowana, gdy nasiona przelegują w glebie ze względu na panujące chłody. Nie wiedząc, jakie grzyby zaatakują siewki, należy tak dobrać fungicydy (zastosować ich mieszankę), aby przy każdym zabiegu chronić siewki przed wszystkimi patogenami zgorzelowymi. Przed opryskiem warto wykonać próbę mieszania preparatów w szklanym naczyniu, aby obserwować ich ewentualne reakcje.

Należy pamiętać, że ugory zielone, zwłaszcza zawierające rośliny motylkowe i zbożowe, pozwalają na rozwój grzybów zgorzelowych. Na „zielono” lepiej jest posiać gorczycę, która w mniejszym stopniu ulega zgorzeli grzybowej.

Więcej na temat grzybów zgorzelowych znaleźć można w zeszytach z Biblioteczki Leśniczego [Stocka 1997; Stocka 2001].

Choroby abiotyczne siewek

Czynnikami powodującymi choroby abiotyczne - nie pasożytnicze - siewek są przede wszystkim niekorzystne dla ich rozwoju warunki pogodowe: spadki temperatury, długotrwała susza wraz z wysoką temperaturą, gwałtowne i/lub długotrwałe deszcze oraz gradobicia.

- **Zgorzel słoneczna** - szkody powstają najczęściej na siewkach już zdrewniałych, zwykle w czerwcu, na skutek wyparowania wody ze stojących sie-



Ryc. 16. Zmiana barwy siewek uległych zgorzeli słonecznej

wek (ryc. 16). Przy dużych powierzchniach kwater osłona przed słońcem przeważnie nie jest możliwa. Na korzeniach można znaleźć grzybnie patogenów zgorzelowych, najczęściej z rodzaju *Fusarium*, jednakże rozwój strzępek jest wtórny. Na siewkach niezdrewniałych do uszkodzeń z powodu działania wysokiej temperatury dochodzi bardzo szybko w okolicach szyi korzeniowej i tam również wnikają grzybnie. Szkody powstają najczęściej na glebach ze stosunkowo małą zawartością próchnicy, których pojemność sorpcyjna jest niewystarczająca, niezatrzymujących wody z podlewania w górnej warstwie, szybko nagrzewających się i długo utrzymujących wysoką temperaturę z powodu wysokiego przewodnictwa cieplnego ziaren piasku (Si).

- **Zalanie korzeni wodą** – delikatne tkanki korzeni siewek, a także sadzonek potrzebują tlenu do oddychania, którego szybko zaczyna brakować w glebie zalanych kwater z powodu rozwoju bakterii. Wskutek tego korzenie „duszą się”, a mikoryzy, które są bardzo wrażliwe na brak tlenu, zamierają. Korzenie zamarłe na skutek długotrwałego zalania wodą są łatwe do odróżnienia od zamarłych z powodu innych czynników, ponieważ są czarne. Przy długotrwałym braku tlenu dochodzi do bakteryjnego rozkładu miękkich tkanek korzeni, które dają się łatwo zdjąć, pozostawiając zdrewniałą, jasny rdzeń. Część nadziemna zmienia barwę (stąd łatwo jest odróżnić egzemplarze nie rokujące dalszego dobrego rozwoju i usunąć je), a ostatecznie siewki i sadzonki zamierają (ryc. 17). Stagnowanie wody w głębszych warstwach zwykle nie jest przez kilka dni zewnętrznie zauważalne, stąd szkody na nieprzepuszczalnej glebie mogą być duże.
- **Uszkodzenia mechaniczne** – tarcie ziaren piasku o szyje korzeniowe siewek podczas spływania wody po powierzchni kwatery po ulewnych desz-

Ryc. 17. Siewka zamarta
wskutek długotrwałego
zalania korzeni



czach, a także gradobicia powodują powstawanie mniej lub bardziej zauważalnych uszkodzeń: mogą doprowadzić zarówno do zniszczenia delikatnych tkanek, a co za tym idzie zamarcia siewek, jak i do utworzenia mikroskopijnych ran, przez które wnikają patogeny grzybowe oraz inne grzyby glebowe, zdolne do rozkładu tkanek w warunkach osłabienia siewek. W tym wypadku można rozważyć profilaktyczne opryskanie zapobiegające wtórnym szkodom grzybowym.

- **Fioletowienie igliwia** - zmiana barwy na kolor zbliżony do fioletowego następuje jesienią po wystąpieniu chłódów i związana jest z przemianą barwników wewnątrz igieł. Fioletowieniu igliwia nie ulegają wszystkie siewki na kwaterze, co wskazuje, że muszą istnieć jeszcze inne czynniki różnicujące (ryc. 18). Wśród nich wymienia się brak fosforu, ale wydaje się, że



Ryc. 18. Fioletowieniu
igliwia ulegają tylko
niektóre siewki

przede wszystkim są to różnice w składzie mikoryz – przebarwiają się najczęściej siewki w niedostatecznym stopniu zmikoryzowane, z przewagą mikoryz ektendotroficznych, bądź tylko zawierające ten rodzaj mikoryz.

Choroby sadzonek

Większość chorób sadzonek powszechnie występujących, jak np. osutki, mączniak dębu itp., jest znana, łatwa do rozpoznania i standardowo zwalczana przeznaczonymi do tego celu preparatami. Omówione więc zostaną choroby o względnie dużej szkodliwości lub często spotykane, choć szkody przez nie powodowane nie są znaczne, bądź których rozpoznanie wymaga uważnego przyjrzenia się, często przy użyciu lupy lub mikroskopu. Więcej informacji znaleźć można w „Kalendarzu chorób grzybowych i czynników szkodliwych”, opracowanym w grudniu 2005 r., który otrzymały wszystkie regionalne dyrekcje LP [Stocka, 2005]. Nie dokonano podziału na choroby grzybowe i abiotyczne sadzonek, ponieważ w tym przypadku w procesie chorobowym wraz z patogenami mają udział różne inne czynniki szkodliwe.

Choroby korzeni

- **Pleśnienie dębu** – *Rosellinia quercina* Hartig – nazwa choroby jest zawężona do jednego rodzaju gospodarza, jednakże patogen atakuje także inne gatunki liściaste oraz iglaste, w tym przede wszystkim jodłę i świerk. Sporadycznie grzyb spotykany jest zarówno na zachodzie, jak i północnym zachodzie, a także na południowym wschodzie kraju, na stanowiskach żyznych i wilgotnych. Występuje w glebie o pH zbliżonym do 6. Jego obecność wiąże się zwykle z dużą szkodliwością. Innym gatunkiem tego rodzaju jest *R. necatrix* Prillieux powodujący białą zgniliznę korzeni, występujący w szkółkach, m.in. na sadzonkach ozdobnych i sadzonkach drzewek owocowych. Prawdopodobnie ma zdolność porażania także gatunków leśnych. Zewnętrznym objawem choroby jest zmiana barwy części nadziemnej, sygnalizująca postępujący proces chorobowy, aż do zamarcia całej porażonej rośliny. Atakując system korzeniowy, grzyb oplata go siecią białoszarych strzępek. Powierzchnia korzeni brunatnieje, a następnie korzenie gniją i zamierają. Po wyjęciu z gleby na chorym korzeniu głównym widoczne są tylko ślady po istniejących wcześniej korzeniach bocznych. W przypadku gatunków iglastych, rosnących w zwarciu, gdzie utrzymuje się duża wilgotność, dochodzi do oplatania dobrze widocznym, zwartym kożuchem



Ryc. 19. Pleśnienie sadzonek jodły rosnących w gęstym mchu, spowodowane przez grzyby z rodzaju *Rosellinia*



Ryc. 20. Otocznia *Rosellinia quercina* na sadzonce dębu

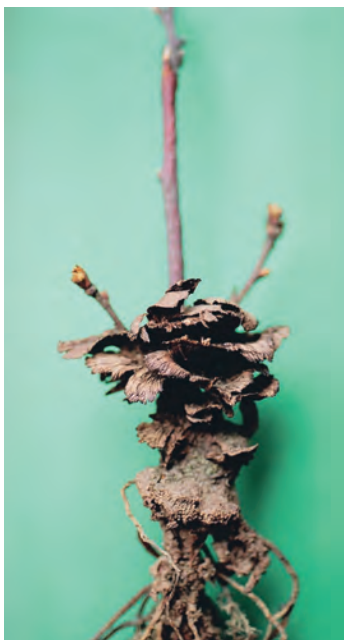
grzybni najniżej położonych pędów, co prowadzi do ich zamierania (ryc. 19). Wśród grzybni, a czasem przed rozwojem woalu grzybni, na częściach nadziemnych, jak i korzeniach pojawiają się charakterystyczne, czarne, kuliste owocniki – otocznie o średnicy około 1 mm (ryc. 20). Niezbędne jest usuwanie i palenie porażonych sadzonek, a gleba powinna być zdezynfekowana.

- **Destrukcja korzeni** – *Cylindrocarpon destructans* (Zinss) Scholten. – chorobie ulegają wszystkie gatunki iglaste i liściaste, zwłaszcza osłabione. Grzybnia atakuje korzenie drobne i grubsze, doprowadzając do ich zamarcia. Objawem zewnętrznym jest zmiana barwy części nadziemnej sadzonki, a następnie jej zamieranie. Po wyjęciu z gleby korzenie w warunkach wysokiej wilgotności, np. w tzw. wilgotnej kamerze, pokrywają się welonem białoszarej grzybni. Owocowanie jest słabo widoczne gołym okiem i ma postać półprzezroczystych, białawych, wilgotnych plamek na powierzchni szyi korzeniowej, zawierających skupienia konidiów. Szkody występują miejscowo, zajmując niekiedy powierzchnię kilku metrów kwadratowych. Czasem grzyb rozwija się na sadzonkach w dołach przechowalnianych. Stwierdzenie obecności *C. destructans* pociąga za sobą konieczność usunięcia zaatakowanych roślin i ich spalania, a także odkażenia miejsc, gdzie występowały.

Choroby szyi korzeniowej i dolnej części pędu głównego

- **Przewężenie podstawy łodygi** – *Pestalotia hartigii* Tub., *P. funerea* Desm. (synonim *Pestalotiopsis*) – pojawia się na osłabionych, często uszkodzonych mechanicznie sadzonkach gatunków iglastych i liściastych. Objawy choroby są zróżnicowane: może wystąpić przewężenie i/lub rozdęcie w okolicach szyi korzeniowej, albo objawy te nie występują. Obecność grzyba doprowadza do miejscowego, bądź pierścieniowego zamierania miazgi, co

prowadzi najczęściej do całkowitego zamarcia sadzonki. Aczkolwiek wspomina się o tym w literaturze, nie ma co liczyć na wytworzenie korzeni przybyszowych i odrodzenie sadzonek liściastych, choć mają one duże zdolności regeneracji, gdyż z podwójnie osłabionej rośliny nie otrzyma się dobrego materiału sadzeniowego. Bezpieczniej jest usunąć zaatakowane sadzonki, ponieważ na ich powierzchni tworzą się czarne warstwiaki grzyba z zarodnikami konidialnymi, zdolnymi do dalszego opanowania, osłabiania i dobijania kolejnych osłabionych roślin.



Ryc. 21. Owocnik *Thelephora terrestris* na sadzonce dębu

- **Duszenie (dławienie) siewek** – *Thelephora terrestris* Ehrh. Ex Fr. – grzyb jest stałym komponentem zbiorowisk glebowych i należy do grzybów mikoryzowych. Jednakże w trakcie rozwoju wytwarza brązowe listkowate i strzępiaste owocniki o znacznej masie, wyrastające na powierzchni gleby. Zdarza się, że wykorzystują one jako podporę pędy główne sadzonek (ryc. 21). Rozrastając się, w sposób mechaniczny dławią pęd główny i często dolne gałązki, uniemożliwiając przewodzenie związków odżywczych i odcinając światło oraz tlen do tkanek sadzonki. Konsekwencją jest zamieranie całej rośliny. Wystąpieniu choroby sprzyja wysoka wilgotność środowiska. Po zauważeniu owocników, sadzonki należy wyjąć i spalić.

by sprzyja wysoka wilgotność środowiska. Po zauważeniu owocników, sadzonki należy wyjąć i spalić.

Choroby pędów

- **Pierścieniowa nekroza pędów** – jest to jeden z objawów pojawiających się na zamierających i zamarych sadzonkach różnych gatunków. Najczęściej widzi się go na sadzonkach szkółkowanych, gdy temperatura powietrza, a zwłaszcza gleby, silnie rośnie. Stąd może być uważany za oparzenie termiczne (ryc. 22). Niekiedy jednak podobne objawy spotyka się na sadzonkach rosnących w dużym zwarciu i zacieleniu, co wskazuje na działanie innych czynników. Pierwszym sygnałem choroby jest zmiana barwy liści



Ryc. 22. Pierścień nekrotyczny w okolicach szyi korzeniowej sadzonek



Ryc. 23. Owocowanie *Phomopsis* spp. na zamarłym pędzie

bądź igliwia, potem na pędzie pojawiają się coraz bardziej ciemniejące plamy, które szybko otaczają czarnobrunatnym pierścieniem cały pęd. Nekrotyczny pierścień z zamarłą miazgą, odcinający transport pokarmów, przez co część położona powyżej zamiera, pojawia się nie tylko w szyi korzeniowej, ale także na różnych wysokościach pędu, często w kilku miejscach naraz. Na zamarłych tkankach wyrastają owocniki grzybów należących najczęściej do rodzaju *Phomopsis*, ale mogą to być też inne rodzaje, jak np. *Fusicoccum* czy *Coniothyrium* (ryc. 23). Grzyby te uważane są co najwyżej za patogeny słabości, często saprotrofy, a niektóre z nich (jak *Phomopsis* spp.) są endofitami. Uaktywnienie się grzybów, bytujących dotychczas w tkankach bez szkody dla sadzonki, może nastąpić pod działaniem czynników stresogennych dla roślin. Są to np.: zbyt wysoka temperatura, susza i brak dostępu do odpowiedniej ilości składników pokarmowych, obcięcie zbyt dużej części korzeni przy przesadzaniu, stres związany z wyjęciem z gleby i przesadzeniem.

Dobre rady:

Do szkółkowania sadzonek konieczny jest wybór tylko silnego, zdrowego materiału, pozostawienie dużej masy korzeni, zwrócenie uwagi, aby korzenie nie uległy przesuszeniu przed sadzeniem, sadzenie w wilgotną glebę w dni pochmurne lub ze względnie niską temperaturą powietrza, ewentualnie stosowanie osłon przed słońcem. Nieprzestrzeganie tych zaleceń powoduje, że duża część sadzonek nie przyjmuje się, albo osłabiona jest wtórnie atakowana przez grzyby i zamiera.

Choroby aparatu asymilacyjnego sadzonek

- **Zamieranie igieł świerka** – obserwowane po zimie osypywanie się igliwia i zamieranie szczytowych partii pędów może być związane z przesuszeniem przez mroźne wiatry. W następstwie tego osłabienia może jednakże dojść do wystąpienia osutki powodowanej przez grzyb *Rhizosphaera kalkhoffii* Bub. Jego owocniki w postaci czarnych, kulistych piknidiów widoczne są często już w kwietniu w wylotach aparatów szparkowych na przebarwionym igliwiu, a w maju dochodzi do wyrzutu zarodników (ryc. 24). W warunkach sprzyjających rozwojowi grzyba (wysoka wilgotność powietrza umożliwiająca wtórne infekcje, osłabienie sadzonki) owocniki mogą wystąpić także na zielonych igłach. Przy pojawianiu się choroby rokrocznie niezbędne są wyprzedzające opryski przeciw osutce z użyciem takich



Ryc. 24. Owocowanie *Rhizosphaera kalkhoffii* na igłach świerka

preparatów jak do sosny. Zabiegi należy przeprowadzać w maju i od sierpnia do października.

- Do przebarwienia i zamierania igliwia, często wraz z pędami, dochodzi także przy szkółkowaniu świerka w gorące dni, lub gdy po szkółkowaniu utrzymuje się długo pogoda z wysoką temperaturą i niską wilgotnością powietrza. Sadzonki ze źle ukształtowanym przy szkółkowaniu systemem korzeniowym mogą zamierać już w szkółce, a na pewno czeka je to na uprawie. Świerk, zarówno szkółkowany jak i nie szkółkowany, może cierpieć na skutek braku wilgoci w glebie i od upałów. Jego płaski system korzenio-

Ryc. 25. Przesuszenie młodych przyrostów świerka wskutek długotrwałej, wysokiej temperatury



wy rozgałęzia się tuż pod powierzchnią gleby, która najszybciej w tych warunkach ulega przesuszeniu, a wraz z nią korzenie świerka. Wysychaniu z powodu panowania wysokiej temperatury powietrza ulegają także pędy, które wówczas wyginają się ku dołowi, a igły na nich odbarwiają się i mogą się osypywać (ryc. 25). Obniża to odporność świerka na choroby, w tym na osutkę świerka.

- **Zamieranie wierzchołków pędów sosny** – *Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyko et Sutton (synonim *Diplodia pinea* Desm., Kichx) – choroba występowała w Polsce od kilkunastu lat na sadzonkach i w drzewostanach sosny, była



Ryc. 26. Owocowanie *Sphaeropsis sapinea*



Ryc. 27. Charakterystyczny widok sadzonki sosny porażonej przez *Sphaeropsis sapinea*

jednocześnie notowana jako podlegająca kwarantannie. Kilka lat temu została zdjęta z listy kwarantannowej ze względu na powszechność występowania w Polsce. Duże znaczenie miał też fakt, że obecna u nas rasa grzyba okazała się mniej szkodliwa, niż to ma miejsce w krajach o cieplejszym klimacie. Najbardziej podatna na infekcję jest sosna czarna, kosówka, sosny egzotyczne, a następnie sosna pospolita. W ostatnich latach w szkółkach choroba na sosnie pospolitej rozpowszechniła się, a największe zanotowane szkody wynosiły około 30%.

Do infekcji dochodzi na wiosnę, w ciepłe wilgotne dni już od marca. Źródłem porażenia są sadzonki zainfekowane w ubiegłym roku oraz stare sosny rosnące wokół szkółki, na których piknidia grzyba dojrzewają na zamarłych częściach pędów, osypujących się z wiatrem igłach i na szyszkach (ryc. 26). Zarodniki rozprzestrzeniane są też przez owady i krople wody. Uwalnianie zarodników następuje do późnej jesieni. Infekcja zachodzi przez nieuszkodzoną tkankę. W temperaturze 16–35°C i stałym zwilżeniu do zakażenia dochodzi w ciągu kilku godzin, a pierwsze objawy mogą być widoczne już po 3–4 dniach. Najwyraźniej zmiany widać późną wiosną i latem. Na skutek infekcji w części wierzchołkowej pędu dochodzi do zamierania bieżącego przyrostu. Wierzchołek o skróconych szczytowych igłach przechyla się, pęd ciemnieje, igły czernieją od podstawy, a następnie brunatnieją na całej długości (ryc. 27). Po całkowitej zmianie barwy na zbliżoną do szarobrunatnej, na zaatakowanych tkankach pojawiają się liczne, okrągławe, czarne piknidia. Na pędzie widoczne są wycieki żywicy.

Chorobie sprzyjają ekstremalne zmiany pogody w zimie i na wiosnę, osłabiająco działające na sosnę oraz stosowanie nawozów azotowych. Ograniczanie występowania zapewnia opryskiwanie stosowane przeciwko osutce. Sadzonki z objawami choroby powinny być bezwzględnie usuwane z kwater jako źródło infekcji.

- ***Mycosphaerella pini*** Rostrup (synonim *Scirrhia pini* Funk & A.K. Parker; stadium niedoskonałe: *Dothistroma pini* Hubary, *Dothistroma septospora* G. Doroguine, Morelet) – jest osutkowym grzybem kwarantannowym rodzaju *Pinus*, *Larix decidua* i *Pseudotsuga menziesii*. Szczególnie wrażliwa jest sosna czarna i kosówka, natomiast sosna pospolita wydaje się mniej podatna. Choroba występuje głównie w Ameryce Północnej i Środkowej, spotykana jest także w wielu krajach EPPO. Sporadycznie stwierdza się ją także w Polsce i państwach ościennych. W Czechach nazywana jest czerwoną osutką sosen (wolne tłumaczenie) [Pešková, Soukup, 2001]. W danych IOR [1994] podaje się, że okres inkubacji choroby wynosi zwykle 1–4 miesiące, jednakże w warunkach byłej Jugosławii trwa od 4 do 6 miesięcy, z krytycznym momentem infekcji w miesiącach maj–czerwiec i objawami pojawiającymi się w okresie październik–listopad.

U nas rzucające się w oczy przebarwienie igliwia może wystąpić wiosną do początku lata (podobnie jak to ma miejsce przy wiosennej osutce sosny). W środku lata pierwsze charakterystyczne objawy mają postać od żółtych



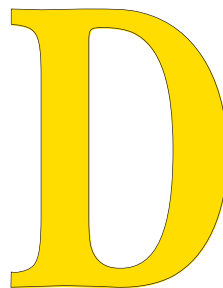
Ryc. 28. Czerwonawa barwa igły zaatakowanej przez *Mycosphaerella pini*

do żółtobrunatnych plamek, pojawiających się w miejscach infekcji na starszych igłach. Dalej następuje zamieranie igieł od wierzchołka, a potem czerwienienie tkanek wokół tworzących się drobnych, czarnych plamek – owocników (podskórne, a potem wystające acerwulusy jak przy *L. seditiosum*). Za pojawienie się czerwonej barwy odpowiedzialna jest toksyna dothistromin, produkowana przez strzępki grzyba (ryc. 28). Na całkowicie opalonej igle między czerwonymi plamami, otaczającymi pierścieniem igłę, występują miejsca zszarzałe.

Najbardziej sprzyjającymi warunkami wystąpienia infekcji są długotrwałe okresy wilgotnej pogody z temperaturą w zakresie 15–20°C. Choroba poważnie ogranicza przyrosty roczne, a powtarzające się infekcje mogą powodować zamieranie drzew. Dlatego każde stwierdzenie choroby w szkółce i drzewostanie powinno być bezwzględnie sygnalizowane do najbliższego oddziału IOR.

- **Rdza olchy** – *Melampsoridium alni* (Thüm) Dietel – morfologicznie podobna jest do rdzy występującej na brzozie – *M. betulinum*, która również może infekować olszę. Na sadzonkach olszy rdza pojawia się w szkółkach częściej od kilku lat, niekiedy w znacznym nasileniu. Powoduje wystąpienie licznych, drobnych, pomarańczowych plamek na spodniej stronie świeżo ukształtowanych liści. Charakterystyczne dla rdzy objawy (zwłaszcza stadium ognikowe) może nie wystąpić lub nie wyglądać specyficznie, gdy stosowane są zabiegi ochronne. Do opryskiwania wskazane są fungicydy skierowane przeciwko rdzom. W lecie na górnej stronie blaszek liściowych mogą być widoczne bardzo liczne i bardzo drobne brązowe plamki jako pozostałość po *M. alni*, ale mogą to też być objawy grzyba powodującego antraknozę – *Asteroma alneum*, występującego w postaci drobnych, czerwono-brązowych, zlewających się plamek. Obie choroby nie powodują istotnych szkód, jednakże ograniczają przyrosty sadzonek.

Deszczowanie - aspekty biologiczne i techniczne



Woda jako niezbędny czynnik warunkujący możliwość produkcji materiału sadzeniowego

PIOTR LECIEJEWSKI, PIOTR ZAJĄCZKOWSKI

Rozmieszczenie zbiorowisk roślinnych na powierzchni ziemi jest zależne od dostępności wody bardziej niż od któregośkolwiek z innych czynników warunkujących wegetację [Kramer, 1969]. Wzrost oraz wszelkie procesy fizjologiczne zachodzące w roślinach są w olbrzymim stopniu zakłócane niedoborami wody. Wzrost korzeni oraz pędów na długość i grubość, a także zwiększanie się suchej masy roślin jest bardzo często limitowane stresem wodnym. Stres ten, jeśli jest duży lub wielokrotnie się powtarza, może spowodować straty w produkcji szkółkarskiej. Stres wodny o umiarkowanej sile jest jednocześnie sposobem na przyspieszenie drewnienia pędów, a co za tym idzie, zwiększenia odporności siewek i przesadek na mróz. Stres wodny występuje wtedy, kiedy wielkość transpiracji roślin jest większa niż wielkość absorpcji wody - wówczas komórki wykazują zmniejszenie turgoru [Kramer, 1969]. Może on przybierać różne stopnie natężenia - od niewidocznych gołym okiem, wykrywalnym w warunkach laboratoryjnych, poprzez południowe więdnienie roślin, aż do ich śmierci z powodu nadmiernej utraty wody. Poprawnie, we właściwym czasie wykonane nawodnienia minimalizują szansę wystąpienia uszkodzeń roślin w wyniku suszy oraz wysokiej temperatury, ale również przymrozków. Dostosowanie irygacji do potrzeb poszczególnych gatunków może także wpłynąć na zwiększenie mrozoodporności roślin w okresie zimowym. O'Reilly i in. [2000] wyraźnie zwraca uwagę, że cykl tworzenia spoczynku zimowego oraz powstanie i zmiany w odporności na mróz u roślin w szkółkach są związane w dużej mierze z dostępnością wody w okresie hartowania.

W optymalnych warunkach woda transpirowana przez roślinę do atmosfery jest zastępowana wodą pobieraną z gleby przez korzenie. Jednak regulą jest pewne opóźnienie w tempie pobierania wody w stosunku do wielkości transpiracji [Kramer, 1937]. Dzieje się tak szczególnie w upalne dni, w godzinach południowych. Zjawisko to, zwane południowym wędnięciem roślin, spowodowane jest występowaniem oporów w przepływie wody w tkankach przewodzących oraz innymi czynnikami regulującymi transpirację i pobór wody. Za stopień transpiracji odpowiedzialne są głównie powierzchnia i struktura liści oraz stopień otwarcia aparatów szparkowych. Pobieranie wody reguluje natomiast wielkość transpiracji (utrata wody), efektywność systemu korzeniowego oraz jej dostępność. Oczywiście jest, że procesy kontrolowane przez różne zestawy czynników nie są idealnie zsynchronizowane w czasie.

Do właściwej oceny potrzeby nawadniania konieczne jest poznanie podstawowych cech fizycznych gleby, szczególnie zaś jej właściwości wodno-powietrznych. Zdolność gleby do zatrzymywania wody, nazywana retencją, jest bezsprzecznie jedną z najważniejszych cech gleby decydujących o jej żyzności i produktywności. Retencja wody jest zależna od struktury gleby oraz udziału w jej składzie części spławianych oraz materii organicznej. W glebach cięższych woda jest silniej wiązana przez cząsteczki glabowe niż w lekkich i o wiele wolniej z nich wyparowuje oraz przez nie przesiąka, stąd szkółki lesne na nich zlokalizowane są mniej narażone na straty związane z deficytem wody. Lekkie gleby piaszczyste bardzo łatwo chłoną wodę, przesycają jednak wyjątkowo szybko. Zdolność zatrzymywania wody przez te gleby jest bardzo mała. W czasie suszy niedobory wody najszybciej odczuwają rośliny rosnące na takich właśnie glebach. Utrzymywanie się tego stanu nawet przez krótki okres może być groźniejsze w skutkach od dłuższej suszy na glebach ciężkich. Warto też wspomnieć o pojęciu występowania „wody łatwo dostępnej dla roślin”, oznaczającym przedział wilgotności gleby pomiędzy jej wilgotnością połową i wilgotnością, przy której występuje zahamowanie wzrostu roślin.

Woda pochodząca bądź z opadów atmosferycznych, bądź irygacji, jest z reguły w większości zatrzymywana w warstwie gleby. Gdy jej ilość przekracza możliwości retencyjne gleby, przemieszcza się ona w głąb profilu glabowego, stając się niedostępną dla płytko korzeniących się roślin. Większość wody tracona jest jednak przez ewapotranspirację, czyli sumę wielkości parowania z powierzchni gleby oraz transpiracji roślin. Warto sobie uzmysłowić, że przeciętne dobowe zużycie wody na ewapotranspirację wynosi w Polsce 2,5 mm, wahając się w niewielkim zakresie w zależności od sumy rocznych opadów oraz rodzaju gleby. Są jednak okresy, gdy przekracza ono nawet 5 mm, co najczęściej występuje w słoneczne, ciepłe dni miesięcy letnich. Zdarza się to również wiosną, czasem w okresie wschodów, co jest szczególnie

niebezpieczne i wymaga szybkiej reakcji ze strony personelu szkółki. Niebagatelną rolę w zwiększeniu ewapotranspiracji odgrywają suche, wyżowe wiatry. Ubytek wody w glebie zwiększają znacznie również silnie transpirujące rośliny, szczególnie wieloletki gatunków liściastych.

Proces parowania wody, dzięki tzw. utajonemu ciepłu parowania, może przynosić również pewne korzyści. Zjawisko to powoduje znaczne ochłodzenie parujących powierzchni. Jest to związane z właściwościami fizycznymi wody, której 1g potrzebuje aż 540 kalorii, aby w temperaturze wrzenia zmienić się w parę wodną. Gdy 1g wody paruje w temperaturze 20°C, absorbuje z otoczenia aż 586 kalorii, a przy 30°C - 580 kalorii. Zraszanie powierzchni gleby podczas szczególnie gorących dni może obniżyć temperaturę jej powierzchni o nawet 11°C. W tych samych warunkach temperatura w otoczeniu roślin zmniejsza się od 5 do 8°C, przez co chłodzi się aparat asymilacyjny, a tym samym obniża stres termiczny [May, 1984]. Dzięki efektywnemu obniżaniu temperatury powierzchni gleby oraz powietrza w otoczeniu roślin jak również ich samych, w szczególnie upalne dni uzyskuje się korzystniejszy stosunek fotosyntezy do oddychania, co skutkuje większym przyrostem siewek.

Najczęściej stosowaną w praktyce metodą oceny stanu wilgotności gleby jest jej ocena wizualna i dotykowa. Metoda ta opiera się na obserwacji powierzchni gleby i jej warstwy penetrowanej przez korzenie. Metoda ta jest, niestety, subiektywna i poprawnie posługuje się nią jedynie personel z pewnym doświadczeniem oraz dobrą znajomością charakterystyki właściwości fizycznych danej gleby. Aby osiągnąć najlepsze wyniki, celowe jest posiłkowanie się innymi metodami oceny wilgotności gleby: grawimetryczną czy tensjometryczną [McDonald, 1984]. Metoda grawimetryczna polega na ocenie wilgotności gleby za pomocą suszenia jej próbek o nienaruszonym układzie w temperaturze 105°C, aż do uzyskania stałej masy. Tensjometr mierzy zaś siłę ssącą gleby, czyli tę, z jaką woda jest zatrzymywana w glebie, a więc także siłę ssącą, z jaką korzenie roślin mogą ją pobrać z gleby. Urządzenie to wskazuje właściwy odczyt po około 15-30 minutach po zakończeniu deszczowania. Jest ono godne polecenia i powinno się znaleźć w wyposażeniu każdej szkółki. Pomiar oporu elektrycznego gleby nie jest metodą precyzyjną i urządzenia wykorzystujące tę metodę wymagają dokładnej kalibracji na podstawie miarodajnych wartości wilgotności gleby określonej metodą grawimetryczną. Kalibracja ta nie zawsze jest jednak wystarczająco skuteczna, gdyż opór elektryczny gleby zmienia się wraz ze zmianami jej zasolenia oraz temperatury [McDonald, 1984].

Źródła wody dla systemów nawadniających

Deszczownie szkółek leśnych mogą być zasilane w wodę z ujęć powierzchniowych lub podziemnych. Woda musi jednak spełniać określone kryteria ilościowe i jakościowe. Ujęcie musi mieć odpowiednią wydajność, aby w pełni zapewnić zapotrzebowanie szkółki. W wypadku zbyt małej wydajności źródła wody w stosunku do potrzeb szkółki konieczne może być wykonanie odpowiedniego zbiornika retencyjnego. Wody z ujęć powierzchniowych bywają z reguły dostępne bez istotnych ograniczeń ilościowych. Często jednak zawierają znaczne ilości zanieczyszczeń mineralnych (piaski, ły) oraz organicznych (glony itp.), co może uniemożliwić ich stosowanie w zasilaniu mikronawodnień. Ich skład i stopień zanieczyszczenia zmienia się w ciągu sezonu wegetacyjnego. Są one uznawane za potencjalny nośnik nasion chwastów. Zaletą natomiast wód powierzchniowych jest niewątpliwie ich stosunkowo znaczna temperatura. Większość wód ze studni wymaga, niestety, ogrzania w powierzchniowych zbiornikach lub basenach. Są one, w większości przypadków, pozbawione zanieczyszczeń mechanicznych i mikrobiologicznych. Wody podziemne stosowane do mikronawodnień często wymagają odżelazienia i odmanganowania. Tych zabiegów wymaga aż połowa ujęć, a tylko 23% może być użyta bez uzdatnienia [Pierzgalski i in., 2002]. Niektóre wody z ujęć podziemnych cechuje nadmierne zasolenie. Ich stosowanie prowadzi do wzrostu zasolenia podłoża oraz utrudnia nawożenie, co przekłada się na spadek jakości produkcji. Wody o zbyt wysokim pH ($\text{pH} \geq 8$) nie nadają się do nawadniania sadzonek drzew leśnych oraz sprzyjają powstawaniu osadów utrudniających funkcjonowanie mikronawodnień.

Podstawowe zalecenia dotyczące nawadniania szkółek leśnych

Głównym zadaniem nawadniania w szkółkach jest zapobieganie stresowi wodnemu roślin oraz jego niekorzystnemu wpływowi na sadzonki. Dużym ułatwieniem w realizacji tego zadania są, opracowane przez Instytut Badawczy Leśnictwa na zlecenie DGLP, „Wytyczne nawadniania szkółek leśnych na powierzchniach otwartych” [Pierzgalski i in., 2002], przedstawiające w zwięzły i przystępny sposób całą problematykę związaną z systemami nawodnieniowymi oraz ich praktycznym wykorzystaniem. Jest to kompendium wiedzy, którego nie może zabraknąć na półce kierownika szkółki leśnej. Dzięki niemu, dysponując charakterystyką techniczną deszczowni, można szybko wyliczyć podstawowe wskaźniki jak wielkość dawki polewowej czy częstotliwość zraszania.

Zastosowanie odpowiedniego systemu nawadniania w szkółce leśnej oraz właściwe jego wykorzystanie umożliwia precyzyjną kontrolę wilgotności gle-

by i utrzymywanie jej na poziomie wymaganym dla aktualnego profilu, jak też etapu produkcji materiału sadzeniowego. Dzięki możliwości uzupełniania w glebie niedoborów wody łatwo dostępnej dla roślin możemy uniknąć dotkliwych strat związanych z: brakiem wschodów, ich nierównomiernością, zatrzymaniem roślin we wzroście, a także wypadami spowodowanymi suszą. W szkółkach leśnych mamy do czynienia z nawodnieniami zwilżającymi, technologicznymi i ochronnymi.

Nawodnienia zwilżające

Nawodnienia zwilżające, zwane również wegetacyjnymi, mają za zadanie uzupełnienie w glebie wody łatwo dostępnej dla roślin w wypadku jej deficytu, spowodowanego niedoborem opadów atmosferycznych. Wykonuje się je najczęściej od kwietnia, po wysiewie nasion, do końca sierpnia. Dłuższy okres nawodnień powoduje czasem słabe zdrewnienie pędów, a tym samym słabszą odporność siewek na mróz. Precyzyjne obliczenia dotyczące wielkości dawek polewowych, częstotliwości i intensywności zraszania możemy wykonać na podstawie materiałów zawartych we wspomnianych już wcześniej wytycznych.

W inny natomiast sposób nawadnia się kwatery z młodymi siewkami, a inaczej te z dobrze już ukorzenionymi siewkami czy wieloletkami. Okres od wysiewu nasion do wytworzenia przez siewki dość dobrze rozbudowanego systemu korzeniowego wymaga częstych, lecz niewielkich dawek polewowych, zapewniających utrzymanie wilgoci w bezpośrednim otoczeniu kiełkujących nasion i wrażliwych korzeni. Częstotliwość i wielkość dawek zależą od rodzaju gleby, pogody oraz produkowanych gatunków. W okresie wschodów gatunki lekkonasienne wymagają nawet kilkukrotnego w ciągu dnia nawadniania niewielkimi, rzędu 2 mm, dawkami polewowymi, ze względu na bardzo płytkie przykrycie nasion. Siewy ciężkonasiennych mogą być deszczowane rzadziej, lecz większymi dawkami wody. Pojawienie się masowych wschodów jest sygnałem konieczności głębszego zwilżania gleby przez większe dawki polewowe - od 2,5 mm dla brzozy, olszy, modrzewi, aż do nawet 10 mm w wypadku ciężkonasiennych i lipy szerokolistnej, powtarzane z reguły co 2-4 dzień. Połowa czerwca zwykle kończy okres, w którym postępuje się według omówionych zasad. Intensywność zraszania w pierwszym okresie nawodnień nie powinna przekraczać 3 mm/h [Pierzgałski i in., 2002].

W następnym okresie, trwającym z reguły od połowy czerwca do końca sierpnia, do parowania wody z powierzchni gleby dołącza się już wyraźnie siła ssąca roślin. Należy wtedy zadbać o to, aby woda łatwo dostępna występowała w otoczeniu rozwijających się systemów korzeniowych. Nawadnianie w tym okresie stopniowo się zwiększa, aby osiągnąć zwilżenie gleby na

głębokość początkowo około 10 cm, a w dalszych etapach do 20 cm. Celowe jest zwiększenie w tym okresie intensywności zraszania do 6 mm/h [Pierzgalski i in., 2002]. Obliczoną, z zastosowaniem metod polecanych w „Wytycznych...”, wielkość dawki polewowej personel szkółki koryguje w razie potrzeby na podstawie własnych obserwacji.

Wielolatki nawadnia się na podobnych zasadach, co jednolatki w drugim okresie nawodnień. Ze względu na ich silnie rozwinięty system korzeniowy zwiększa się wielkość dawki polewowej tak, aby była w stanie zwilżyć glebę do około 25 cm głębokości. Materiał wieloletni można deszczować z intensywnością nawet 10 mm/h [Pierzgalski i in., 2002].

Personel szkółki w całym okresie nawodnień zwilżających powinien uważnie obserwować przesychnanie gleby. Występujące w tym czasie opady dają sygnał o możliwości zmniejszenia lub całkowitego pominięcia deszczowania w pewnym okresie. Warto wyposażyć szkółkę w odpowiedni deszczomierz, umożliwiający poznanie faktycznej wielkości opadu i wprowadzać odpowiednie korekty w planie nawodnień. Stan uwilgotnienia warstwy produkcyjnej gleby dosyć łatwo ocenia się odsłaniając szpadłem jej profil na głębokość około 30 cm. Dobre nawodnienia wegetacyjne pozwalają przesychnać jedynie wierzchniej, co najwyżej 2-3 cm, warstwie gleby, głębiej utrzymując ją w stanie świeżości. Znaczne kurzenie się podczas prac polowych powinno być sygnałem do kontroli poprawności nawodnień.

Nie zrasza się z reguły roślin w słoneczne i ciepłe dni w godzinach południowych. Wyjątkiem może być tutaj ryzyko wystąpienia zgorzeli słonecznej siewek i innych uszkodzeń z powodu wysokiej temperatury, którym można zapobiec stosując właśnie deszczowanie. Straty wody związane z jej parowaniem w takich warunkach są olbrzymie. Podlewa się wtedy siewki wczesnym rankiem, późnym popołudniem, bądź wieczorem. Nic nie stoi na przeszkodzie, by w razie potrzeby deszczować nocą.

Po kilkukrotnym deszczowaniu na powierzchni gleby tworzy się skorupa, utrudniająca roślinom wzrost. Powstaje ona szybciej na glebach gliniastych, wolniej na piaszczystych. Zaskorupiona powierzchnia silnie się nagrzewa w wyniku insolacji, a ściśle otulając szyje korzeniowe, zwiększa szanse wystąpienia u wrażliwych gatunków zgorzeli słonecznej. Doskonale także oddaje wilgoć wierzchem profilu glebowego, gdyż do samej powierzchni gleby zachowana jest ciągłość podsiąkania kapilarnego. Trzeba je więc przerwać. W takich sytuacjach spulchnianie gleby w międzyrzędach przynosi zamierzony skutek, zaś agrotechniczne rozerwanie kapilar istotnie zmniejsza parowanie z gleby, a tym samym umożliwia oszczędność wody.

Niedopuszczalne jest doprowadzenie do sytuacji, gdy pod warstwą gleby wilgotnej znajduje się sucha, oddzielająca korzenie roślin od wody dostępnej w głębszych partiach profilu glebowego. Dzieje się tak wtedy, gdy pozwoli się przeschnąć warstwie gleby znacznie grubszej, niż jest w stanie nawod-

nić jednorazowa dawka polewowa. Utrzymywanie się tej sytuacji przez dłuższy czas nie powoduje co prawda schnięcia siewek, lecz wywołuje często nieodwracalne zmiany w strukturze systemów korzeniowych. Rośliny w wierzchniej, wilgotnej warstwie tworzą płytki, mało rozgałęziony system korzeniowy, w którym dominują długie, podpowierzchniowe korzenie, zwane czasem „rosowymi”. Zaobserwowanie tego zjawiska powinno być dla szkółkarza sygnałem, że należy możliwie szybko przywrócić wilgotność suchej warstwie poprzez zwiększenie dawek polewowych, nie przekraczając jednak intensywności zraszania 6 mm/h lub 10 w wypadku wielolatek. Sygnałem do zmniejszenia intensywności zraszania jest pojawienie się na powierzchni gleby wody, która nie nadaża wsiąkać. Celowe jest wtedy aplikowanie zwiększonej dawki polewowej w postaci dwóch, trzech części, rozdzielonych kilkugodzinnymi przerwami. Po przywróceniu wilgotności suchej warstwie można zmniejszyć dawkę polewową do poprzedniej wartości, dbając jednak o to, by opisane zjawisko się nie powtórzyło.

Nawodnienia technologiczne

● Związane ze szkółkowaniem

1. PRZED SZKÓLKOWANIEM. Stosuje się w celu przygotowania gleby do wykonania rowków na materiał szkółkowany. Intensywność zraszania nie odgrywa tu istotnej roli, można stosować dysze największej średnicy. Jedynym ograniczeniem jest prędkość wsiąkania wody w glebę, która nie powinna przekraczać intensywności deszczowania. Na 2-3 dni przed szkółkowaniem można również nawodnić wielkością jednej dawki polewowej powierzchnię, z których pozyskuje się materiał do szkółkowania. Ma to znaczenie na glebach bardziej spoistych, z tendencjami do zbrylania się. Dzięki takiemu nawodnieniu gleba rozpułchnia się, a korzenie wyjmowanych sadzonek w mniejszym stopniu ulegają uszkodzeniom.
2. PO SZKÓLKOWANIU. Celem jest uzupełnienie niedoboru wody łatwo dostępnej dla roślin o zredukowanych korzeniach oraz poprawienie zespolenia korzeni z glebą. Dla materiału jednorocznego iglastego zaleca się dysze o średnicy 5 lub 6 mm, dla starszego 7 lub 8 mm. Kolejne deszczowania wykonuje się takimi samymi dawkami, jak dla końca II okresu nawodnień materiału jednoletniego.

● Związane z nawożeniem mineralnym

1. PO NAWOŻENIU MINERALNYM. Skraca to okres karencji z 2 do 1 tygodnia. Stosuje się nawodnienie dawką 6-10 mm (w zależności od rodzaju gleby), dyszą o średnicy 4 lub 5 mm (podobnie po wapnowaniu).

2. Z NAWOŻENIEM MINERALNYM. Nawóz rozpuszczony w wodzie można podawać w trakcie deszczowania wegetacyjnego (nawożenie dolistne) lub przygotowując kwatery przed wysiewem nasion.

● **Związane z podcinaniem korzeni**

1. PO PODCIĘCIU KORZENI. Uzupełnia wodę łatwo dostępną w warstwie gleby rozluźnionej, tj. do głębokości minimum 8 cm dla sosny oraz 15 cm dla świerka i gatunków liściastych. W tych przypadkach można stosować dysze o większej średnicy. W celu spulchnienia gleby zwiększyć, 2-3 dni przed podcinaniem korzeni sadzonek warto nawodnić kwatery.

● **Inne** (na przykład, deszczowanie pryzm kompostowych przy długich okresach bezdeszczowych itp.).

● **Nawodnienia ochronne**

1. Przed przymrozkami:

a. Wyprzedzające - stosowane na 2-3 dni przed spodziewanym przymrozkiem. W praktyce chroni rośliny tylko przed niewielkimi przymrozkami radiacyjnymi, rzędu od -1 do -2°C . Dawkę polewową należy dobrać do aktualnej wilgotności gleby - nie powinna ona przekraczać 30 mm. Tego typu deszczowanie stosuje się przed przymrozkami, nawadniając chroniony obszar. Gleba wilgotna magazynuje więcej ciepła i ma lepszy kontakt z głębszymi, cieplejszymi warstwami gleby.

b. Pośrednie, zapobiegawcze - polega na nawodnieniu profilu glebowego przed przewidywanymi przymrozkami, maksymalnie do -3°C . Taki zabieg stosuje się przed przymrozkami napływowymi, nawadniając teren wokół chronionej powierzchni (tworzenie „kurtyny” ciepła).

c. Bezpośrednie (w trakcie przymrozku) - rozpoczynane, gdy temperatura obniży się do $+0,5-0^{\circ}\text{C}$. Deszczowanie kontynuuje się, dopóki temperatura nie podniesie się do $+1^{\circ}\text{C}$. Można je stosować, gdy spodziewany przymrozek nie będzie większy niż -8°C , a wiatr nie przekroczy 5 m/s. Należy zastosować dyszę o średnicy 4 mm i ciśnienie 0,35 MPa oraz tak napiąć sprężynę, by zraszacz wykonał w ciągu pełnego obrotu około 100 uderzeń młoteczka. Jeżeli w trakcie zraszania temperatura spadnie poniżej -6°C lub wiatr przekroczy prędkość ponad 2,5 m/s, trzeba zwiększyć ciśnienie robocze do 0,40 MPa. Ten typ deszczowania wykorzystuje się przed oraz w trakcie przymrozków radiacyjnych, nawadniając cały chroniony obszar.

2. W dni upalne:

a. Stosowane, gdy temperatura powietrza może przekroczyć $+28^{\circ}\text{C}$. Jest to bardzo ważne w okresie wschodów i rozwoju młodych siewek oraz szczególnie cennego materiału (zabezpiecza przed zgorzelą słoneczną). Polega na wczesnorannym zwilżeniu wierzchniej warstwy gleby 2-3 mm dawką wody rozprowadzaną dyszą o średnicy 4 mm.

b. Wykorzystywane przy stosowaniu środków ochrony roślin (chwasto-, grzybo- i owadobójczych):

Deszczowanie jest wykonywane podobnie, jak przy nawodnieniach związanych z nawożeniem mineralnym. W ten sposób można również zabezpieczyć kwatery ugorowane.

Typy urządzeń deszczujących stosowanych w szkółkach leśnych

● **Zraszacze obrotowe.** Jednymi z pierwszych zraszaczy, jakie instalowano w szkółkach leśnych, które czasami stosuje się dotychczas, są: zraszacz typu P-Z 32°, jednodyszowy, z kompletem dysz wymiennych o średnicy 4-8 mm, typu 3/4", następnie dwudyszowy z dyszami - napędową 4 mm i główną, wymienną, o średnicach 3,2 i 5,2 mm, a także typu 8-30, dwudyszowy z dyszami - napędową o średnicy 4,5 mm oraz główną, wymienną o średnicach (z odskalowaniem co milimetr) od 4 do 8 mm. W sprzedaży znajdują się obecnie różnorodne zraszacze, jednak tylko kilka spełnia kryteria przydatności do nawodnień deszczownikami w szkółkach leśnych. Zraszacze powinny się charakteryzować następującymi cechami:

- funkcjonować jako obrotowe - pulsacyjne,
- muszą być wyposażone w wymienne dysze o średnicy od 3 do 8 mm,
- pracować przy niskim ciśnieniu (mniejszym od 0,4 Mpa),
- mieć bliski zasięg zraszania (mniejszy od 20 m),
- umożliwiać małą intensywność deszczowania (w granicach 3-8 mm/h).

Wśród urządzeń spełniających te kryteria na szkółkach leśnych najczęściej stosowane są zraszacze:

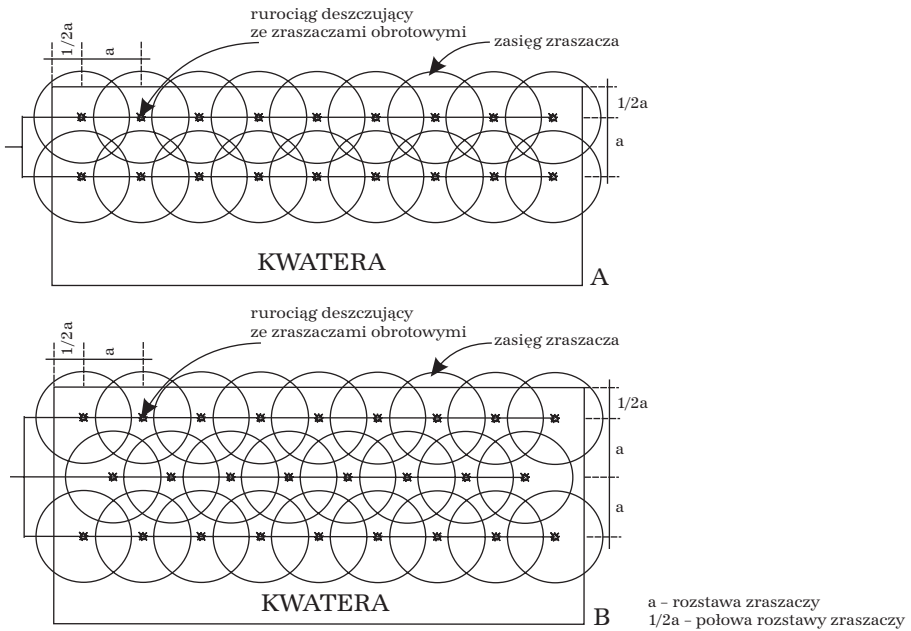
- mosiężny typu 14070 EWH i plastikowy 46 WH Plus (są to zraszacze jednodyszowe z dyszami wymiennymi) oraz 14070 EH i 46 H Plus (zraszacze dwudyszowe);
- metalowe typu 233, 233 PC, 233 AF (przeciwprzymrozkowy) oraz plastikowe 533 PC (sektorowy) i 5035;
- plastikowy typu PR 24 (jednodyszowy), PR 24 D (dwudyszowy), PR 24 W (sektorowy lub pełnoobrotowy jednodyszowy) oraz mosiężne ZB 22 (jednodyszowy), ZB 22 W (jednodyszowy sektorowy lub pełnoobrotowy).

Zraszacze obrotowe są najczęściej stosowanymi urządzeniami deszczującymi w szkółkach leśnych. Cechuje je szerokie spektrum zastosowań (do wszystkich nawodnień deszczownikami, łącznie z technologicznymi i ochronnymi) oraz niezawodność działania. Można ich używać we wszystkich rodzajach deszczowni (stałych, półstałych i przenośnych), głównie w więźbie kwadratowej, natomiast w trójkątnej stosowane są czasami w deszczownikach stałych (ryc. 29). W celu optymalnego pokrycia opadem deszczu całej powierzchni kwatery, jej wymiary (długość i szerokość) po-



Ryc. 29. Zrasczace obrotowe w trakcie nawodnienia

Ryc. 30. Schemat kwatery z rozmieszczeniem zraszaczy w więźbie kwadratowej (A) i trójkątnej (B)



winny być wielokrotnością stosowanego rozstawu, określonego przez producenta w parametrach technicznych zraszacza (ryc. 30). Układ ten zapewnia wprawdzie równomierne nawodnienie wnętrza kwatery, ale nawadniany jest także obszar poza nią (drogi, pasy zadrzewień, pasy nawrotów). W celu mniejszego zużycia wody można projektować układy deszczujące z dodatkowym wykorzystaniem zraszaczy sektorowych. Umieszcza się je na zewnętrznych krawędziach kwatery, wewnątrz natomiast instalowane są zraszacze obrotowe. Układy te są jednak dość drogie (większa liczba rurociągów ze zraszaczami) i dlatego rzadziej wykorzystywane w szkółkach leśnych.

● **Deszczownie szpulowe.** Deszczownia szpulowa z belką zraszającą ma następujące główne zespoły robocze:

- zespół podstawowy: podwozie, szpula zainstalowana na obrotnicy, turbina wodna napędzająca szpulę, wąż o średnicy 50 mm i długości 200 m lub o średnicy 63 mm i długości 240 m (wymagane ciśnienie na podłączeniu minimum 0,5 MPa);
- belka zraszająca umieszczona na trójkołowym wózku, wyposażona w 27 końcówek wytryskowych o średnicy 4 mm (szerokość belki 25 m, szerokość oprysku 32 m, oprysk efektywny 28-30 m);

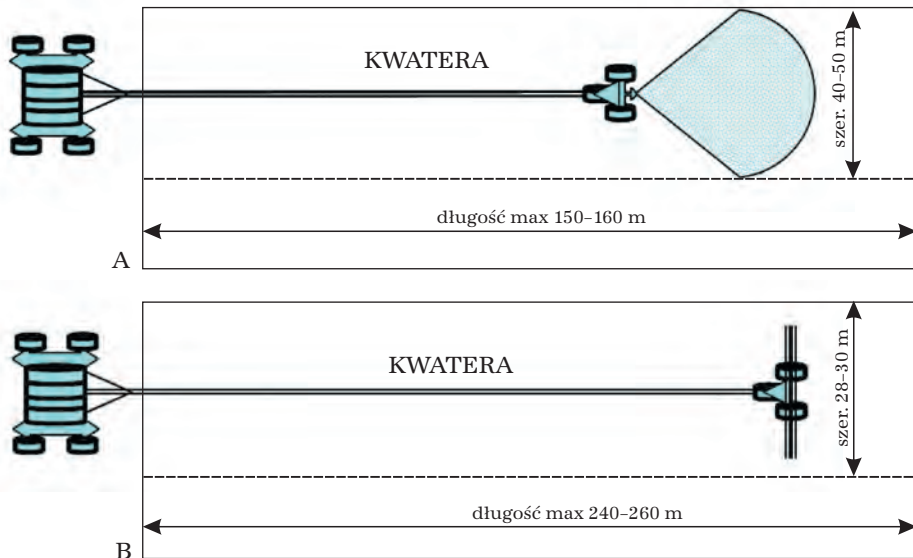
Deszczownia szpulowa wyposażona jest w zespół podstawowy oraz zraszacz sektorowy, zainstalowany na trójkołowym wózku. Intensywność deszczowania w tych deszczowniach zależy od prędkości zwijania przewodu doprowadzającego wodę do urządzenia deszczującego, a co za tym idzie, prędkości przesuwania się belki lub zraszacza nad powierzchnią kwatery.

ZASADA DZIAŁANIA. Urządzenie podstawowe z nawiniętym na szpulę wężykiem ustawia się na pasie nawrotów przy przyłączy wody (hydrancie lub zaworze) i agreguje za pomocą przyłącza elastycznego z turbiną wodną, zainstalowaną na urządzeniu podstawowym (szpuli). Do końcówki wężyka podłącza się trójkołowy wózek (ze zmiennym rozstawem kół) z belką deszczującą lub zraszaczem obrotowym i za pomocą ciągnika wyciąga na koniec kwatery (ryc. 31). W trakcie przemieszczania rozwijany jest ze szpuli wąż, będący jednocześnie cięgiem i przewodem przesyłającym wodę do urządzenia deszczującego. Po ustawieniu wózka z urządzeniem deszczującym na końcu kwatery uruchamia się agregat pompowy i otwiera hydrant lub zawór doprowadzający wodę do szpuli. Przepływająca woda uruchamia turbinę wodną, która za pomocą przekładni łańcuchowej powoduje obrót szpuli, a także nawijanie wężyka i ściąganie urządzenia deszczującego do początku kwatery. W trakcie przemieszczania się urządzenia nad powierzchnią kwatery następuje jej nawodnienie pasem o określonej szerokości, wynikającej z parametrów technicznych zastosowanego urządzenia deszczującego. Do najefektywniejszego wykorzystania deszczowni szpulowych



Ryc. 31. Deszczownia szpulowa ze zraszczaczem sektorowym (fot. Sergiusz Kaczmarzyk)

Ryc. 32. Schemat kwatery dla deszczowni szpulowej z zainstalowanym zraszczaczem sektorowym (A) i belką deszczującą (B)



szerokość kwatery powinna być wielokrotnością szerokości jednego pasa zraszania, długość natomiast wynikać z maksymalnego wykorzystania długości węża zasilającego urządzenie deszczujące tak, by zachować optymalne parametry kwatery - wielkość i stosunek boków (ryc. 32).

Deszczownie szpulowe nie są powszechnie stosowane w szkółkach leśnych ze względu na ich nieprzydatność w bezpośrednich nawodnieniach ochronnych przed przymrozkami oraz konieczność zastosowania ciągnika rolniczego. Kolejnym mankamentem urządzeń tego typu jest zalecenie, że cała dawka polewowa musi być dostarczona za jednym przejazdem. Przy dużych dawkach nawodnieniowych powoduje to stagnowanie wody na kwaterach i spływy powierzchniowe. Uniemożliwia to kolejny przejazd belki deszczującej, gdyż urządzenie ślizga się po powierzchni kwatery, grzęźnie, koła oblepiają się ziemią, co w skrajnych wypadkach może spowodować wywrócenie się elementu zraszającego podczas nawodnienia. Alternatywnym rozwiązaniem tego problemu może być stosowanie nienawadnianych, wolnych pasów przejazdowych. Dzięki temu „duże” dawki polewowe można rozbić na kolejne dwa przejazdy. Niewątpliwą zaletą systemów deszczujących tego typu jest łatwość obsługi oraz możliwość szybkiego transportu na inne, nawet odległe powierzchnie nawadniane i szkółki niewyposażone w system deszczujący.

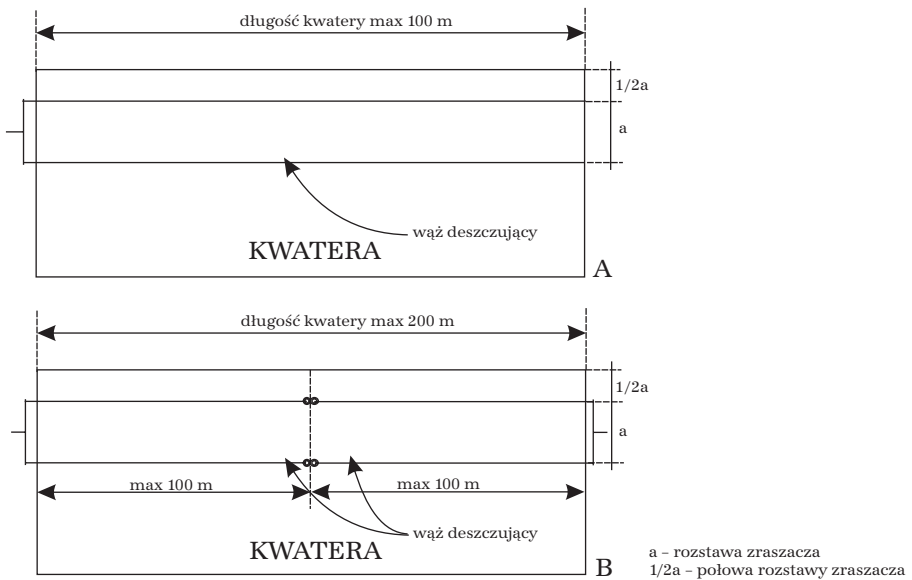
- **Przewody zraszające.** Japoński system nawadniający SUMISANSUI, z zastosowaniem przewodów typu Mark II, przeznaczony jest do nawodnień pod osłonami i RAIN, zalecany na powierzchnie otwarte. W nowej ofercie firmy są również dostępne węże deszczujące R-Seedling, które charakteryzują się większym kątem wyjścia strugi wody w stosunku do powierzchni kwatery (zalecane do nawodnień sadzonek pod osłonami). Według danych producenta, przy ciśnieniu 0,2 MPa wąż zapewnia efektywny oprysk po 4 m z każdej strony, co oznacza, że jeden wąż może nawadniać pas szerokości 8 m i długości 100 m. Dotychczasowa eksploatacja oraz wyniki badań w Ośrodku Rozwojowo-Wdrożeniowym Lasów Państwowych w Bedoniu, przedstawione w „Sprawozdaniu z prób przydatnościowych deszczowni Sumisansui produkcji japońskiej firmy Sumitomo” [Sarzyński i in., 1997], nie potwierdziły tych danych, głównie w zakresie szerokości pokrycia odpadem o intensywności podanej przez producenta. Stwierdzając maksymalny zasięg nawadniania 3,5 m z każdej strony przewodu.

Przewody zraszające układane są bezpośrednio na ziemi między grzędami z sadzonkami. Z uwagi na usytuowanie otworków wydatkujących wodę, następuje ograniczenie zasięgu zraszania przez części nadziemne sadzonek, zwłaszcza wieloletnich. Alternatywą może być planowanie wewnętrznego zagospodarowania kwatery tak, aby na grzędach przyległych do przewodów zraszających znajdowały się tylko sadzonki jednoroczne lub były one utrzymywane w czarnym ugorze (ryc. 33). Dla maksymalnego wy-



Ryc. 33. Przykład ułożenia węży deszczujących między grzędami z sadzonkami wieloletnimi

Ryc. 34. Schemat rozmieszczenia węży deszczujących na kwaterze długości do maksymalnie 100 metrów (A) i 200 metrów (B)

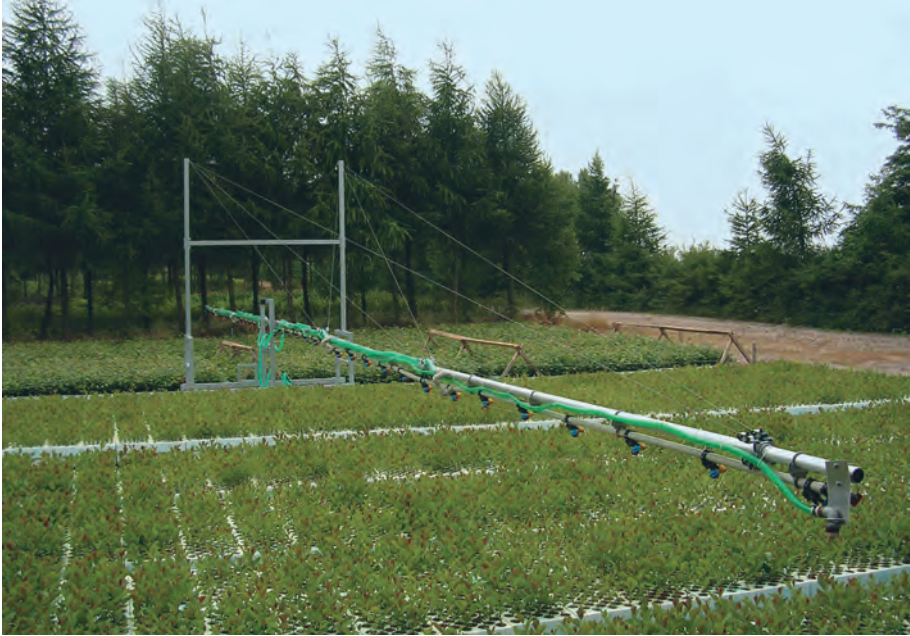


korzystania urządzenia deszczującego, szerokość kwatery powinna być krotnością szerokości oprysku jednego węża deszczującego, a długość wynosić maksymalnie 100 lub 200 m - w tym wypadku węże rozwijane są z dwóch stron do środka kwatery (ryc. 34).

Z uwagi na dużą intensywność zraszania, ponad 8 mm/h, przewodów tych nie można wykorzystać do zraszania w bezpośrednich nawodnieniach ochronnych przed przymrozkami. Dodatkowo opad jest tak drobnokroplisty, że już przy wietrze 1,0-1,5 m/s dochodzi do przenoszenia strugi wody poza obszar nawadniany. Następnym ograniczeniem dla stosowania urządzenia deszczującego tego typu jest czystość wody. Z uwagi na bardzo małą średnicę otworków wydatkujących wodę, wymagane jest instalowanie drogich, bardzo gęstych filtrów. Ze względu na bardzo wąski zakres ciśnienia, w jakim pracuje to urządzenie, w większości przypadków na wyjściu z hydrantów lub zaworów należy zamontować dodatkowo reduktory ciśnień, co znacznie zwiększa koszt całej deszczowni.

Inne urządzenia deszczujące stosowane w szkółkach leśnych

- **Głowice zraszające.** Japońskie zraszacze głowicowe typ Sumishower 30 zraszają powierzchnie kwadratu o wymiarach 15×15 m. Ze względu na bardzo drobnokroplisty opad, a co za tym idzie podatność na przenoszenie strugi przez wiatr, zaleca się rozstaw 12,5×12,5 m. Optymalne ciśnienie dla tego urządzenia to 0,25 MPa, a intensywność zraszania wynosi 9,3 mm/h.
- **Belki deszczujące.** Instalowane na stałe, najczęściej stosowane do nawodnień w szkółkach kontenerowych produkujących sadzonki z zakrytym systemem korzeniowym. Montowane na indywidualne zamówienie w celu dopasowania do wymagań technicznych szkółki. Najczęściej umieszczane są na specjalnych „szynach” - poruszają się po nich na powierzchni kwatery (ryc. 35) lub przesuwają się na szynie podwieszanej w górnej części konstrukcji szklarni lub tunelu (ryc. 36).
- **Mikrozraszacze.** Najczęściej stosowane w tunelach foliowych i szklarniach, ale stanowią też alternatywne rozwiązanie w nawodnieniach szkółek podkapowych. Mogą być zasilane od góry i podwieszane na konstrukcjach nośnych tuneli oraz szklarni (ryc. 37) lub zasilane od dołu - wystają ponad powierzchnię terenu, np. zainstalowane na metalowych szpilkach o długości 0,5 m, wbitych w ziemię (ryc. 38). Ze względu na bardzo dużą różnorodność tego typu zraszaczy oraz technicznych uwarunkowań ich stosowania, np. rodzaju konstrukcji nośnej szklarni lub tunelu foliowego, nie są szerzej opisywane w tym opracowaniu.



Ryc. 35. Belka deszczująca zainstalowana na wózku i poruszająca się po specjalnych szynach
(fot. Sergiusz Kaczmarzyk)

Ryc. 36. Belka deszczująca podwieszona do konstrukcji nośnej tunelu foliowego
(fot. Sergiusz Kaczmarzyk)





Ryc. 37. Mikrozaszacje zainstalowane w tunelu foliowym



Ryc. 38. Mikrozaszacje w szkółce podokapowej

Jakość wody do deszczowania

MARIA HAUKE

Zasolenie jest uważane za podstawowy czynnik przydatności wody do deszczowania. Poziom zasolenia określa się za pomocą konduktometru, który określa przewodność elektryczną roztworu, wyrażaną za pomocą jednostek mS/cm. Im większe jest zasolenie wody, tym wyższa przewodność elektryczna. Większość ujęć wody ma przewodność elektryczną roztworu poniżej 0,75 mS/cm, co kwalifikuje je jako zasolone w stopniu niskim lub umiarkowanym [Treder, 2004]. Większość sadzonek, a szczególnie iglaste, są bardzo wrażliwe na uszkodzenia przez zbyt duże zasolenie. Głównym objawem uszkodzeń jest zredukowana szybkość wzrostu sadzonki. U bardzo wrażliwych gatunków, takich jak świerk i daglezwia, obserwuje się redukcję wzrostu o 50%, gdy przewodność podłoża hodowlanego wynosi 2,5 mS/cm. Ponadto woda zawierająca zbyt dużą ilość soli powoduje białawy nalot na powierzchni liści. Nie uszkadza on bezpośrednio liści, ale może ujemnie wpływać na wartość handlową sadzonek.

Efektom zasolenia jest bezpośrednie działanie jonów toksycznych, takich jak sód, chlor i bor, na wzrost siewek. Jony te podczas deszczowania mogą także powodować uszkodzenia liści, ale również być toksyczne dla korzeni roślin [Ayers, 1977]. Uszkodzenia liści podczas deszczowania mogą być spowodowane, na przykład, podwyższoną zawartością sodu i chloru. Na^+ i Cl^- są bezpośrednio toksyczne dla roślin. Woda do deszczowania zawierająca powyżej 70 mg sodu lub powyżej 100 mg chloru w 1 litrze, może powodować nekrozy, szczególnie na młodych liściach roślin [Treder, 2005]. Zbyt wysokie stężenie sodu w stosunku do ilości wapnia i magnezu może osłabiać wymianę gazową. Negatywny wpływ na status fizjologiczny rośliny mają też inne jony, takie jak metale ciężkie, np. Mn czy Zn, jeśli występują w dość wysokich stężeniach.

W wodzie mogą występować takie makroelementy jak magnez i wapń. Duża zawartość tych jonów może prowadzić do niebilansowanego nawożenia [Fitzpatrick i Verkade, 1987], które może prowadzić do zaburzeń w pobieraniu innych makroelementów, np. potasu. Vetanovetz i Knauss [1988] są zdania, że jeśli woda zawiera ponad 100 ppm Ca^{2+} , ten związek może się kumulować w podłożu i powodować niedobory magnezu lub żelaza.

W szkółkach leśnych woda o wysokim pH nie nadaje się, bez uzdatniania, do nawadniania roślin wymagających niskiego pH. Przy wysokim pH wody, ponad 8, kroplowniki mogą zapychać się osadami związków wapnia i magnezu, które stracają się wtedy nawet przy stosunkowo niskich zawartościach Ca^{2+} i Mg^{2+} (20–30 mg/l) [Treder, 2005]. W niektórych krajach stosuje się zakwaszanie wody do deszczowania. Woda ta często jest mieszana z kwasem w celu obniżenia pH do idealnego zakresu 5,5 do 6,5. Powszechnie stosowa-

ne są kwasy siarkowy i fosforowy, jednakże często wykorzystywane są i inne kwasy - np. azotowy lub azotawy. Zakwaszanie wody nie wpływa na wzrost zasolenia, ale usuwa jony węglowe, które wpływają na wartość pH [Landis, 1989].

Na terenach rolniczych woda może być skażona pozostałościami po pestycydach. Vance [1975] opisuje przypadek poważnych strat w szkółce kontenerowej, spowodowanych pozostałościami herbicydu w wodzie użytej do deszczowania. Przez wiele lat źródeł czynników chorobotwórczych poszukiwaliśmy głównie w glebie, podłożu i materiale roślinnym. Pod koniec lat dziewięćdziesiątych XX wieku w Wielkiej Brytanii i Francji, a następnie w kolejnych krajach europejskich zaobserwowano w nadrzecznych skupiskach olszy czarnej występowanie choroby, która w końcowym etapie powodowała zamieranie drzew. Przyczyną tego okazał się glonopodobny organizm, który oznaczono jako *Phytophthora alni*. Jeśli pojawi się on w niewielkim strumieniu, w ciągu kilku lub kilkunastu godzin rozprzestrzenia się z wodą i na przestrzeni wielu kilometrów powoduje zakażenie olszy [Orlikowski i in., 2008]. W wielu szkółkach do zasilania deszczowni pobiera się wodę z rzek, jezior i stawów. Woda pochodząca z tych źródeł może zawierać różnego rodzaju zarodniki mikroorganizmów z rodzaju: *Pythium*, *Phytophthora*, *Fusa-*



Ryc. 39. Zbiornik z systemem przykrycia lustra wody



Ryc. 40. Filtry z wkładem żwirowym, piaskowym lub innym, zależnym od rodzaju zanieczyszczeń wody

Ryc. 41. Filtry mechaniczne



rium, *Cylindrocarpon*, *Cylindrocladium*, dla których woda stanowi doskonałe środowisko do namnażania się, a następnie rozprzestrzeniania. Również wiatr może przenosić cząstki zainfekowanej gleby (np. podczas suszy), które trafiają m.in. do zbiorników wodnych, zakażając je [Wojdyła, 2004]. W przypadku projektowania nowego systemu deszczowni - nowego zbiornika, najkorzystniej jest wybrać zbiorniki, z systemem przykrycia lustra wody, tak jak na fotografii (ryc. 39).

Jeśli do szkółki pobiera się wodę z otwartych zbiorników, konieczna jest jej dezynfekcja. Filtry piaskowe używane są powszechnie do uzdatniania wody pitnej. W większości instalowanych obecnie deszczowni także stosuje się filtry piaskowe, oczyszczające wodę ze związków organicznych oraz patogenów roślinnych. Filtry to bańki stalowe (ryc. 40) z wkładem żwirowym, piaskowym lub innym. Służą do usuwania zanieczyszczeń zawartych w wodzie, przy czym rodzaj stosowanego złoża zależy od rodzaju i wielkości cząstek zanieczyszczeń. Wodę w filtrze dezynfekuje się biologicznie, przy wykorzystaniu różnych, samonamnażających się mikroorganizmów, dlatego uzyskuje on pełną sprawność dopiero po upływie 2-3 tygodni od uruchomienia. Eksploatacja polega na przepływie wody od góry do dołu filtra. Warto również pamiętać, że filtry piaskowe nie eliminują całkowicie z wody wirusów oraz nicieni. Zaletą filtrów piaskowych jest prosta budowa, łatwa obsługa i tania eksploatacja. Do prawidłowego ich funkcjonowania konieczne jest zapewnienie temperatury otoczenia powyżej 15°C. Dlatego w naszych warunkach klimatycznych powinny być instalowane wewnątrz budynków [Wojdyła, 2004]. Oprócz filtrów piaskowych w deszczowniach powszechnie do usuwania zanieczyszczeń mechanicznych montuje się filtry siatkowe. Zamawiając deszczownię oprócz stosowanych filtrów mechanicznych (ryc. 41) należy wymusić zainstalowanie filtrów piaskowych.

Poza dezynfekcją za pomocą filtrów piaskowych, można wodę odkazić chemicznie. Jednak z uwagi na szkodliwy wpływ na środowisko nie jest ona zalecana. Najczęściej stosowane jest chlorowanie wody. Zwykle dodaje się podchloryn sodu. Wiele roślin jest wrażliwych na chlor. Landis [1989, za Brunt, 1976] podaje, że woda zawierająca 5 ppm chloru nie uszkadza roślin. Woda do celów spożywczych też jest chlorowana (około 1 ppm) i nie ma negatywnego wpływu na rośliny [Frink i Bugbee, 1987].

Doświadczenia w szkółkach



WŁADYSŁAW BARZDAJN

Celem doświadczeń jest zdobywanie nowej wiedzy, a nie rutyny zawodowej. W szkółce leśnej na drodze eksperymentalnej można optymalizować: sposoby przygotowania gleby, płodozmiany, nawożenie, terminy i normy wysiewu, sposoby nawodnienia i dawki wody, sposoby odchwaszczania, zabiegi specjalne (podcinanie korzeni, szkółkowanie, ochrona przed przymrozkami i suszą), sposoby przechowywania i przysposabiania nasion, można również dobrać środki ochrony roślin i testować nowe sposoby hodowli sadzonek. Nowe twierdzenia, powstające w wyniku badań empirycznych, muszą zostać udowodnione. Jeśli nie przeprowadzimy dowodu, będą one traktowane jako element poznania potocznego, bez żadnej wartości, nie tylko naukowej, ale też praktycznej. Dlatego doświadczenia muszą być wykonane zgodnie z zasadami poznania naukowego.

Podstawowe pojęcia

1. CZYNNIK – to określony składnik warunków, celowo wprowadzany do eksperymentu, kształtowany przez badacza, pełniący rolę zmiennej niezależnej, od której zależy wynik obserwacji cechy, na której zależy badaczowi. Np. badając wpływ zaprawiania nasion na wydajność siewek, czynnikami mogą być zaprawy, sposoby stosowania i dawki – zmienne niezależne, od których zależy wydajność siewek z nasion – zmienna zależna.
2. OBIEKT – poziom lub wartość czynnika, albo układ poziomów lub wartości dwóch, a także większej liczby czynników. Każdy czynnik musi wystąpić przynajmniej na dwóch poziomach. Badając wpływ zaprawy nasiennej A na wydajność siewek, obiektami doświadczenia mogą być: nasiona niezaprawiane, nasiona zaprawiane dawką 2 g/kg, nasiona zaprawiane dawką 3 g/kg, nasiona zaprawiane dawką 5 g/kg, itd. W takim wypadku mówimy, że czynnik „Dawka” wystąpił na poziomach: 0, 2, 3 i 5, a doświadczenie ma cztery obiekty. W wypadku, gdy preparat można stosować na sucho i na mokro, dochodzi czynnik „Sposób stosowania” na dwóch poziomach: poziom „Preparat suchy” i poziom „Preparat mokry”. Mamy więc w doświadczeniu preparat suchy w trzech dawkach i preparat mokry w trzech dawkach. Doświadczenie ma wtedy 6 obiektów, z których każdy jest kombinacją poziomów jednego czynnika z poziomami

drugiego. Liczbę obiektów można ustalić bez zliczania wszystkich kombinacji, ze wzoru: $L = N^n$, w którym N jest liczbą poziomów każdego czynnika, a n liczbą czynników. W opisanym przykładzie $N = 3$, $n = 2$, a $N^n = 9$. Mówimy, że doświadczenie jest „typu 3^2 ”. Dodanie trzeciego czynnika podwaja wielkość doświadczenia, gdyż $3^3 = 18$. Dodanie kolejnego (czwartego) poziomu każdego z czynników, zwiększy liczbę obiektów do 16, gdyż $4^2 = 16$. Pojęcie „OBIEKT BADAŃ” jest nagminnie przeinaczane. Na przykład w pracy pod tytułem (fikcyjnym): „Struktura drzewostanów bukowych w Bieszczadzkim Parku Narodowym” to Bieszczadzki Park Narodowy może być nazwany obiektem, zamiast struktury drzewostanów bukowych. W pracy pt.: „Badania nad nawożeniem gleb szkółek leśnych” obiektem badań mogą być nazwane szkółki zamiast systemu nawożenia itd. Bardzo często obiektem badań nazywana jest sama powierzchnia doświadczalna. W skrócie możemy powiedzieć, że obiektem jest to, co się bada, a nie to, gdzie się bada.

3. DOŚWIADCZENIE PROSTE – doświadczenie z jednym czynnikiem. Liczba obiektów jest równa liczbie poziomów badanego czynnika.
4. DOŚWIADCZENIE CZYNNIKOWE – doświadczenie z przynajmniej dwoma czynnikami. Liczba obiektów jest liczbą wszystkich możliwych kombinacji czynników i ich poziomów. W doświadczeniu nawozowym, w którym czynnik „Nawożenie azotowe” wystąpił na poziomach 0, 1, 2, 3 i 4, czynnik „Nawożenie fosforowe” wystąpił na poziomach 0 i 1 oraz czynnik „Nawożenie potasowe” wystąpił na poziomach 0, 1 i 2, obejmuje $5 \times 2 \times 3 = 30$ obiektów.
5. JEDNOSTKA EKSPERYMENTALNA – jest to pojedynczy element materiału doświadczalnego, ściśle związany z pojedynczym obiektem. Może to być wazon, poletko, rządki siewny, próbka, szalka Petriego, pojedynczy osobnik (roślina, zwierzę), poddany jednakowemu traktowaniu, będący jednym powtórzeniem jednego obiektu. Przy opracowywaniu wyników z jednej jednostki eksperymentalnej powinniśmy otrzymać jedną liczbę, np.: średnia wysokość z poletka, liczba siewek I klasy jakości na poletku lub w rządki, ilość potasu pobranego przez siewki w wazonie, procent nasion skielkowanych na 1 krążku bibuły, procent nasion porażonych w 1 szalce Petriego itd. Liczba jednostek eksperymentalnych w doświadczeniu zależy od liczby obiektów i liczby powtórzeń każdego obiektu. Na przykład w doświadczeniu nawozowym z 30 obiektami, z których każdy jest powtórzony pięciokrotnie, będzie $30 \times 5 = 150$ jednostek eksperymentalnych (poletek, wazonów).
6. BŁĄD EKSPERYMENTALNY – błędem nazywa się odchylenie spostrzeżenia od jego prawdziwej wartości. W idealnym doświadczeniu, powtarzanym wielokrotnie, każdy obiekt dawałby w każdym powtórzeniu identyczne wyniki. W praktyce wyniki te są zawsze zaburzone przez czynniki niekontrolowane.

lowane (np.: niejednorodność środowiska, niedokładności w stosowanych dawkach, niejednakowe traktowanie obiektów) i w każdym powtórzeniu otrzymuje się nieco inny wynik. Dlatego prawdziwa wartość wyniku nie jest znana. W wyniku numerycznego opracowania wyników nie jesteśmy w stanie ustalić wielkości błędu doświadczalnego, ale można ustalić wpływ tego błędu na zmienność (wariancję) wyników. Jest to możliwe tylko wtedy, gdy każdy obiekt jest w doświadczeniu kilkakrotnie powtórzony.

7. POWTÓRZENIE (REPLIKACJA) – jest to jednokrotne wystąpienie obiektu w doświadczeniu. Z jednego powtórzenia nie można obliczyć zmienności (wariancji) wyników, w tym jej części przypadającej na błąd, zatem stosowanie jednego powtórzenia obiektu jest niedopuszczalne. Niektórzy usprawiedliwiają stosowanie pojedynczych „powtórzeń” jednorodnością środowiska, w którym odbywa się badanie: niezmiennością gleby, starannym mieszaniem substratów, jednorodnością temperatury i oświetlenia w cieplarni, kielkowni, szklarni itp. Niestety, jeśli wynik badania nie jest powtórzony, to twierdzenia o jednorodności warunków także nie można zweryfikować. W efekcie po wykonaniu badania jesteśmy tak samo mądrzy, jak przed badaniem. Decydując się na większą liczbę powtórzeń każdego obiektu w badaniu, stajemy przed problemem ustalenia ich liczby. Nie ma dobrej odpowiedzi na pytanie, ile ma być powtórzeń. Teoretyczną minimalną liczbą powtórzeń jest dwa, ale różnice między obiektami wykrywa się wtedy tylko wyjątkowo, gdy są one bardzo duże, a zmienność niekontrolowana prawie żadna. Duża liczba powtórzeń, np. kilkanaście, sprawia, że różnice międzyobiektywne są łatwo wykrywane, ale koszt takiego badania jest bardzo duży. Kompromisowo przyjmuje się, że od 4 do 6 powtórzeń przeważnie wystarcza, a zwiększenie liczby powtórzeń powyżej 6 do 8 jest już niecelowe. Mając do dyspozycji ściśle określoną ilość materiału badawczego, staramy się o możliwie dużą liczbę powtórzeń przy akceptowalnej wielkości jednostki eksperymentalnej. Mając do dyspozycji określoną powierzchnię lub określoną ilość materiału badawczego, należy dążyć do możliwie dużej liczby powtórzeń, nawet kosztem wielkości jednostki eksperymentalnej, np. kosztem wielkości poletka. Porównując dwie partie nasion pod względem zdolności kiełkowania oceniamy, w tzw. ocenie uproszczonej, 300 nasion każdej partii, wysiewając na jeden krążek bibuły w kielkowniku Jacobsena 100 nasion. Otrzymujemy więc trzy powtórzenia każdego obiektu. Bardziej celowe jest jednak zmniejszenie próbek do 50 sztuk i zwiększenie liczby powtórzeń do 6. Przy tym samym materiale badawczym otrzymuje się większą precyzję doświadczenia i częściej wykrywa się istotne różnice.

Zasady doświadczeń szkółkarskich

1. **ZASADA CETERIS PARIBUS** – w tych samych (poza tym), niezmienionych warunkach, okolicznościach. Oznacza ona, że materiał badawczy w doświadczeniu może różnić się tylko przynależnością do obiektu: poziomem jednego czynnika lub kombinacją czynników i poziomów. Jeśli badamy wpływ sposobu sadzenia (ręczne i maszynowe), to sadzonki sadzone sadzarką i pod kostur muszą być z tej samej partii (tzn. wyprodukowane z tych samych nasion, w tej samej szkółce i w ten sam sposób, tak samo przechowywane i sortowane, posadzone tego samego dnia, przez tych samych ludzi, na tej samej uprawie itp.). Różnice mogą dotyczyć jedynie sposobu sadzenia. Posortowanie sadzonek dla maszyny, bo tego wymaga jej budowa, i zaniechanie sortowania sadzonek sadzonych pod kostur, bo praca kosturem tego nie narzuca, powoduje, że niemożliwe jest przypisanie obserwowanych różnic we wzroście uprawy ani sposobowi sadzenia, ani sortowaniu. Badając wpływ proveniencji jodły na jej wzrost na powierzchniach pokłeskowych w Górach Izerskich, sadzonki do doświadczenia muszą być wyhodowane w jednej szkółce, w tym samym czasie, w jednakowy sposób, posadzone na tej samej powierzchni, przez tych samych ludzi itd., itp. Sadzonki do takiego doświadczenia mogą różnić się wyłącznie pochodzeniem nasion. Nie można do celów takiego badania pościągać z kilku szkółek sadzonek 4-letnich i 5-letnich, szkółkowanych jeden lub dwa razy, z bryłką i nagim korzeniem, ponieważ obserwowane różnice mogą wynikać z: pochodzenia sadzonek, ich wieku, technologii produkcji, kondycji fizjologicznej (np. z odżywienia czy traktowania w transporcie). Przestrzeganie zasady *ceteris paribus* chroni badacza przed otrzymywaniem wyników, których nie da się zinterpretować, a więc trzeba je odrzucić.
2. **ZASADA PORÓWNIANIA** – oznacza ona, że w doświadczeniu muszą wystąpić co najmniej dwa, porównywane ze sobą, obiekty. Jeśli nie ma porównań, nie ma badań doświadczalnych. Najczęściej porównuje się obiekt bez traktowania (zerowy) lub obiekt traktowany tradycyjnie (kontrolny) z obiektami, które badacz wybrał do wypróbowania.
3. **ZASADA POWTARZANIA OBIEKTÓW** – jej użyteczność wynika z konieczności obliczenia wariancji wyników i jej podziału między różne źródła zmienności. Najważniejsze dla wnioskowania są dwa z tych źródeł: przynależność jednostki doświadczalnej do obiektu (w skrócie – obiekty) i czynniki poza kontrolą (błąd doświadczalny). Im większy iloraz wariancji obiektowej i wariancji przydzielonej do błędu, tym pewniejsze jest wnioskowanie. Jeśli brakuje powtórzeń, to niemożliwe jest obliczenie wariancji wewnątrzobiektovej, czyli wariancji dla błędu. W efekcie niemożliwe jest wnioskowanie, a badanie staje się zajęciem bezsensownym.

4. ZASADA LOSOWANIA – wymaga ona, aby jednostki eksperymentalne z poszczególnymi obiektami były w przestrzeni badawczej (powierzchnia doświadczalna, hala wegetacyjna, cieplarnia, aparatura, pracownia) rozmieszczone losowo. Zabezpiecza to przed popełnieniem błędów systematycznych, jeśli w przestrzeni badawczej występują gradienty środowiskowe. W większości układów eksperymentalnych występuje podział przestrzeni badawczej na bloki wyznaczane tak, aby w ramach bloków różnice środowiskowe nie wystąpiły, natomiast dopuszcza się różnice pomiędzy blokami. Dopiero w ramach bloku rozlosowuje się obiekty między jednostki eksperymentalne.

Układy eksperymentalne

Są to gotowe procedury zakładania doświadczeń, umożliwiające opracowanie numeryczne wyników, zapewniające poprawne wnioskowanie, z prawdopodobieństwem popełnienia minimalnego błędu, nazywanym poziomem istotności. Powszechnie, na zasadzie umowy, akceptowany poziom istotności wynosi 5% (lub 0,05). Procedury te opierają się na zasadach powtarzania i losowania. O przestrzeganie zasady *ceteris paribus* i zasady porównania badacz musi się sam zatroszczyć, ponieważ sam musi sformułować problem badawczy i tak dobrać obiekty, aby mógł ten problem rozwiązać.

Podstawową procedurą opracowania danych, otrzymanych z tak założonych doświadczeń, jest analiza wariancji. Polega ona na rozdzieleniu tzw. ogólnej sumy kwadratów na poszczególne źródła zmienności, obliczeniu wariancji przypisywanej tym źródłom i porównaniu wariancji źródeł kontrolowanych z wariancją dla błędu.

Największe zastosowanie mają dwa najprostsze układy eksperymentalne: układ kompletnej randomizacji (układ całkowicie losowy) oraz układ bloków całkowicie zrandomizowanych (bloków losowych). Niekiedy stosuje się trzeci układ opisywany w podręcznikach, tzw. kwadrat łaciński. Bardziej złożone układy stosuje się rzadko, przeważnie w doświadczeniach czynnikowych i w doświadczeniach z bardzo wielką liczbą obiektów (jak np. doświadczenia genetyczno-hodowlane), ale nie tylko.

- **Układ kompletnej randomizacji.** Wymaga, aby jednostki eksperymentalne były rozmieszczone w przestrzeni eksperymentalnej (np. na grzędach w szkółce) całkowicie losowo i aby liczba powtórzeń każdego obiektu nie była mniejsza od dwóch. Na rycinie 42 pokazano przykład losowego rozmieszczenia sześciu obiektów, z których każdy jest powtórzony sześciokrotnie. Poszczególne kwadraty mogą być poletkami na grzędach w szkółce,

Ryc. 42. Przykład losowego rozmieszczenia sześciu obiektów z sześcioma powtórzeniami każdy

Układ kompletnej randomizacji

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| E | D | A | C | D | B |
| C | E | F | E | C | D |
| A | B | A | C | B | C |
| E | F | B | D | E | D |
| B | A | F | A | F | A |
| F | C | B | F | E | D |

6 obiektów, każdy w 6 powtórzeniach, tworzy razem 36 jednostek eksperymentalnych. Ich rozmieszczenie jest całkowicie losowe.

o wymiarach np. 1×1 m. Liczba powtórzeń nie musi być jednakowa. Jest to bardzo wygodna właściwość układu, gdyż bywają sytuacje, że niemożliwe jest zapewnienie obiektom równej liczby powtórzeń (brak materiału badawczego lub utrata niektórych powtórzeń z powodu losowych zdarzeń). W doświadczeniach prostych jednostki eksperymentalne klasyfikuje się tu ze względu na przynależność do obiektu, a więc jest to klasyfikacja pojedyncza. Występują tylko dwa źródła zmienności: pomiędzy obiektami i wewnątrz obiektów (błąd). Zaletą tego układu jest duża elastyczność i brak wymagań dotyczących liczby obiektów i liczby powtórzeń. Wadą jest mała precyzja doświadczenia, gdyż cała zmienność wewnątrz-obiektowa traktowana jest jako błąd.

- **Układ bloków całkowicie zrandomizowanych.** Charakterystyczną cechą tego układu jest podział przestrzeni na bloki, z których każdy zawiera losowo rozmieszczone wszystkie występujące w doświadczeniu obiekty. Obiekt w bloku występuje tylko raz (ryc. 43). Liczba powtórzeń każdego obiektu w doświadczeniu jest jednakowa i równa liczbie bloków. Wymaga się zminimalizowania zmienności środowiskowej wewnątrz bloku, natomiast dopuszcza różnice między blokami. Podział przestrzeni na bloki

Układ bloków zrandomizowanych kompletnych

| Bloki | | | | | |
|-------|----|-----|----|---|----|
| I | II | III | IV | V | VI |
| D | B | E | B | E | A |
| E | C | A | E | F | B |
| A | F | D | F | A | D |
| C | E | F | C | B | C |
| F | D | B | A | D | F |
| B | A | C | D | C | E |

Ryc. 43. Przykład rozmieszczenia sześciu obiektów w sześciu blokach zrandomizowanych kompletnych

Każdy z 6 obiektów występuje jednokrotnie w każdym z sześciu bloków. Rozmieszczenie obiektów w bloku jest losowe.

zależy od badacza. Wyniki z jednostek eksperymentalnych klasyfikuje się podwójnie: ze względu na przynależność do obiektu i przynależność do bloku. Zaletą tego układu jest możliwość oddzielenia od ogólnej wariancji tej jej części, którą można przypisać blokom, a zatem zmniejsza się zmienność wyników, spowodowaną błędem. Doświadczenie powinno więc częściej, od założonego poprzednią metodą, wykazywać różnice pomiędzy obiektami. Wadą tego układu jest możliwość testowania najwyżej kilkunastu obiektów, gdyż przy dużej ich liczbie bloki są także duże i trudno jest zapewnić ich jednorodność środowiskową.

- **Kwadrat łaciński.** Układ ten konstruuje się tak, aby w przestrzeni badawczej obiekty nie powtarzały się w „wierszach” i „kolumnach”, z których składa się kwadrat (ryc. 44). Z ogólnej sumy kwadratów wyłącza się więc te jej części, które można przypisać „wierszom” i „kolumnom”, zatem dla błędu pozostaje jeszcze mniejsza część ogólnej zmienności, niż w układzie blokowym. Wyniki jednostek eksperymentalnych klasyfikuje się potrójnie ze względu na: obiekty, „wiersze” i „kolumny”. Bardzo przykrą wadą tego układu jest fakt, że liczba obiektów i liczba powtórzeń są takie same. Testowanie trzech obiektów wymaga trzech powtórzeń i 9 jednostek ekspe-

Ryc. 44. Przykład rozmieszczenia sześciu obiektów w układzie kwadratu łacińskiego

Układ kwadratu łacińskiego

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| D | E | C | B | A | F |
| E | B | F | A | C | D |
| F | A | B | C | D | E |
| A | C | D | E | F | B |
| C | D | E | F | B | A |
| B | F | A | D | E | C |

Każdy z 6 obiektów występuje jednokrotnie w każdym „wierszu” i w każdej „kolumnie”. Losowanie musi spełnić ten postulat.

rymentalnych, co jest liczbą skromną, a testowanie 15 obiektów wymaga 15 powtórzeń, czyli ogromnego doświadczenia z 225 jednostkami eksperymentalnymi (np. poletkami). Zastosowanie tego układu ogranicza się do doświadczeń z 4-8 obiektami.

Podsumowanie oceny układów eksperymentalnych

Najmniejszą precyzję wykazuje układ kompletnej randomizacji, a największą kwadrat łaciński. Różnice między układem blokowym i kwadratem łacińskim są jednak znikome. Kwadrat łaciński jest przy tym trudny do projektowania i realizacji oraz nadaje się tylko do doświadczeń z kilkoma obiektami. Dlatego do szerokiego stosowania można zalecić bardziej elastyczny i wygodniejszy układ bloków całkowicie zrandomizowanych. W wypadku losowej utraty jakiegokolwiek jednostki eksperymentalnej nie traci się wyników całego doświadczenia, gdyż dane można wtedy opracować według metody kompletnej randomizacji. Poniesie się jednak stratę na precyzji doświadczenia.

Tabela 5.

Wpływ normy wysiewu nasion świerka (w siewie pełnym) na liczbę odgałęzień strzałki u dwulatek (w tabeli podano średnią liczbę odgałęzień strzałek na 100 siewkach losowo wybranych z poletka)

| Obiekt | Powtórzenia | | | | | |
|--------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | I | II | III | IV | V | VI |
| 50 | 5,671 | 5,700 | 6,047 | 8,705 | 6,506 | 4,789 |
| 100 | 6,877 | 4,865 | 6,839 | 5,520 | 6,488 | 5,469 |
| 150 | 4,602 | 6,132 | 6,000 | 6,338 | 6,592 | 6,280 |
| 200 | 3,806 | 4,737 | 4,600 | 5,902 | 5,072 | 5,145 |
| 250 | 6,043 | 4,196 | 4,796 | 4,322 | 4,942 | 4,103 |
| 300 | 5,284 | 4,600 | 6,479 | 4,289 | 5,565 | 4,103 |

Dla liczby obiektów od 4 do 8 najlepszy jest kwadrat łaciński. Dla większej liczby obiektów (do kilkunastu) powszechnie stosuje się układ bloków kompletnie zrandomizowanych (nazywany też układem bloków losowanych kompletnych, układem bloków kompletnie losowanych itp.). Najmniej efektywny układ kompletnej randomizacji (układ całkowicie losowy) stosuje się wtedy, gdy nie można zapewnić jednakowej liczby powtórzeń każdego obiektu, ze względu np. na niewystarczającą ilość materiału badawczego.

Dane do opracowania wyników zestawia się wg obiektów i powtórzeń. Na przykład w doświadczeniu, w którym badano wpływ normy wysiewu nasion świerka na wydajność siewu i różne cechy sadzonek [Kmieciak, 2007], założonym w układzie bloków kompletnie zrandomizowanych, zestawienie powinno być takie jak w tabeli 5. Obiektami tego doświadczenia były normy wysiewu, które dobrano tak, aby otrzymać określoną liczbę siewek na powierzchni 1 ara: od 50 tys. sztuk (obiekt 50) do 300 tys. sztuk (obiekt 300), w odstopniowaniu co 50 tys. sztuk. Dobór obiektów zapewniał porównanie siewek od stosunkowo skromnie zagęszczonych (500 sztuk na m²) do siewek przegęszczonych (3000 sztuk na m²).

Uwaga końcowa

Podstawową procedurą opracowania wyników doświadczeń jest analiza wariancji, przebiegająca wg różnych modeli, zależnych od rodzaju obiektów i zastosowanego układu doświadczalnego. Polega ona na obliczeniu wariancji wyników ze względu na poszczególne źródła zmienności i porównaniu wariancji obiektowej z wariancją obliczoną ze względu na błąd doświadczalny. Błąd doświadczalny jest nieunikniony i występuje w każdym doświadczeniu. Nie znając jego wpływu na wyniki, nie wolno wnioskować o istnieniu różnic

między porównywanymi obiektami. Wpływ błędu na wyniki można oszacować tylko wtedy, gdy są powtórzenia każdego obiektu. Dlatego tak ważne jest przestrzeganie zasady powtarzania.

Pomimo tego, że analiza wariancji jest podstawową procedurą, według której opracowuje się dane eksperymentalne, nie pokazano schematu obliczeń, gdyż w tym opracowaniu nie ma na to miejsca. Można je znaleźć w wielu podręcznikach statystyki matematycznej i jej zastosowań w doświadczalnictwie. Czytelnik powinien sam opanować obliczenia, gdyż bez tego nie nauczy się interpretowania wyników. Autor zaleca podręczniki Elandt (1964), Oktaby (1966, 1986), Platta (1981), Wójcika i Laudańskiego (1989) oraz Żuka (1989). Nie należy zniechęcać się tym, że wydano je dawno. Są to nadal bardzo dobre podręczniki (zapotrzebowanie na tego typu książki jest niewielkie i wydawnictwa, chcąc zarabiać poważne pieniądze, nie wydają pozycji dla „niszowego” klienta). Jeśli autor doświadczenia, przekonany że doświadczenie założył prawidłowo i wyniki zebrał poprawnie, poprosi o pomoc przy analizie jakiegokolwiek ośrodka badawczego, zajmujący się badaniami doświadczalnymi, z pewnością uzyska pomoc.

Istniejące na rynku oprogramowania komputerowego pakiety statystyczne przyniosły bardzo wielką szkodę, zachęcając do samodzielnego opracowania wyników osoby bez elementarnego przygotowania. W rezultacie publikacje „naukowe” roją się od opisów metodyki w rodzaju: „wykonano analizę wariancji i test F”, z czego nic nie wynika, gdyż test F jest częścią tej analizy. Jeszcze lepszy przykład podał autor piszący: „zastosowano procedurę ANOVA pakietu SPSS”, z czego wynika, że miał on dostęp do pakietu SPSS i, niestety, nic więcej. Czytelnik nadal nie wie, czy autor miał prawo postąpić, jak postąpił i czy wyciągnął wszystkie wnioski z wyników, jakie mógł. Nie ma jednej analizy wariancji. Jest ich tyle, ile sytuacji doświadczalnych, dlatego należy w opisach metodycznych podawać modele matematyczne analizy. Należy zatem dobrze poznać technikę analizy, potem możliwości rynkowego „pakietu statystycznego” i ocenić, czy jest on przydatny. Jeśli ocena będzie pozytywna, można go z powodzeniem stosować.

G

Gleby w szkółce

Próchnica

WŁADYSŁAW BARZDAJN

Wszystkie definicje gleby podkreślają, że jej istotnym składnikiem jest frakcja żywa (edafon) i organiczna (próchnica). Utwór bez próchnicy i edafonu, składający się wyłącznie ze zwietrzliny mineralnej, glebą nie jest. Właściwości biologiczne gleb, bezpośrednio zależne od próchnicy, decydują o żyzności, czyli o zdolności gleby do przekazywania, związanym z glebą roślinom wyższym składników pokarmowych, wody, powietrza i ciepła na podstawie określonych właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych oraz regulowaniu wymiany gazowej. Gleba jest integralną częścią każdego ekosystemu lądowego, kształtuje się pod wpływem biocenozy, sama wpływając również na nią. Biocenoza dostarcza glebie martwej substancji organicznej, będącej źródłem pokarmu dla edafonu, z której powstaje próchnica. Jest ona bardzo trudna do zdefiniowania. Najłatwiej przyjąć, że to wszelka materia organiczna w glebie, ale wtedy nazwą tą zostaną objęte substancje organiczne nierozłożone i niespecyficzne dla gleby. Przyjmuje się [Terlikowski, 1958], że związki organiczne znajdujące się w równowadze z mineralną masą glebową i jej biosferą, powstałe w glebie wskutek rozkładu masy roślinnej i zwierzęcej w wyniku procesów chemicznych i biochemicznych, a następnie częściowo przebudowane przez syntezę, obejmuje się nazwą zbiorową – „próchnica” lub „humus”. Powstaje wtedy problem, w którym momencie przemian kończy się niezhumifikowana materia organiczna, a zaczyna humus. Nie jest to problem teoretyczny, gdyż wpływa na metody oznaczania zawartości próchnicy w glebie. Sprawa ta jest porządkowana przez konwencje (umowy), a więc czynnik subiektywny. Obecnie wyróżnia się następujące frakcje materii organicznej gleb [Kowaliński i Gonet, 1999].

- **Resztki organiczne.** Zalicza się tu obumarłe nadziemne części roślin, korzenie i podziemne części roślin, obumarłe ciała zwierząt, ekskrementy, obumarłe mikroorganizmy i nawozy organiczne. Nie zalicza się do nich żywych organizmów glebowych.
- **Substancje niehumusowe (nieswoiste substancje próchniczne).** Należą tu produkty częściowego rozkładu resztek – węglowodany, lignina, substancje białkowe, tłuszczowce, polifenole, garbniki, woski, smoły. Biorą udział w odżywianiu roślin i dostarczaniu im substancji biologicznie czynnych.
- **Substancje humusowe (swoiste substancje próchniczne).** Tworzą się w trakcie rozkładu materiału organicznego, w procesach resyntezy produktów rozkładu oraz syntezy, w wyniku działalności mikroorganizmów. Zalicza się tu kwasy fulwowe, hymatomelanowe, huminowe brunatne, huminowe szare i huminy.

Rola próchnicy

Próchnica wpływa na cały kompleks właściwości gleb.

1. Jej mineralizacja dostarcza roślinom pokarmów mineralnych w takich proporcjach, w jakich występują w resztkach organicznych i w tempie, w jakim następuje rozkład, a więc znacznie wolniej i dłużej, niż nawozy pochodzenia chemicznego.
2. Rośliny mogą pobierać niektóre niskomolekularne substancje organiczne jako pokarm.
3. Wywiera pozytywny wpływ na powstawanie i trwałość wodoodpornych agregatów (gruzełków), przez co poprawiają się korzystne warunki powietrzno-wodne i termiczne. Zwiększa się zwięzłość gleb piaszczystych i zmniejsza gleb gliniastych.
4. Substancje próchniczne mają dużą pojemność wodną, co dla gleb piaszczystych ma znaczenie produkcyjne.
5. Substancje próchniczne zwiększają zdolności sorpcyjne gleb. Koloidy próchniczne mają 4–12 razy większą pojemność sorpcyjną od koloidów mineralnych. Wpływa to na tzw. „siłę nawozową” gleb. Większa zawartość próchnicy zwiększa też zdolności buforowe gleb, to znaczy, że odczyn gleb i stężenia pierwiastków w roztworze glebowym stają się bardziej stabilne.
6. Podnosi sprawność gleby, czyli jej najlepszy stan dla uprawianych roślin. Sprawność nadana zwiększeniem zasobności w próchnicę jest stosunkowo trwała i łatwa do przywrócenia po jej utracie. Korzenie młodych roślin drzewiastych dobrze rozwijają się tylko w napowietrzonej, a więc pulchnej glebie, mającej jednocześnie dużą pojemność wodną.

7. Substancje próchniczne i cała materia organiczna gleb wpływają jednak przede wszystkim na właściwości biologiczne gleb – na ilość i jakość edafonu, gdyż materia organiczna jest jego pokarmem. Skład gatunkowy edafonu ma dla szkółek leśnych podstawowe znaczenie. Aktywność biologiczna gleb jest wyznacznikiem intensywności mineralizacji oraz obecności w glebie auksyn, antybiotyków i enzymów. Najpoważniejsze choroby siewek (np. pasożytnicza zgorzel siewek) mają źródło w glebie. Ich jedynym skutecznym ograniczeniem są grzyby z grupy saprobiontów, np. z rodzaju *Trichoderma*, które wymagają do rozwoju resztek roślinnych. Najważniejsze symbionty siewek (grzyby mikoryzowe) także występują w glebie i zależą od próchnicy.

Fakty te skłaniają do starania się o jak największą zasobność gleb szkółek w substancje próchniczne. Oficjalne zalecenia podają pożądaną zawartość próchnicy w ilości 6%. Nie jest pewne, czy chodzi w nich o próchnicę, czy o całą materię organiczną, oszacowaną z zawartości węgla organicznego, gdyż wielkość ta jest ekstremalnie duża, niespotykana w Polsce w naturalnych glebach, poza czarnymi ziemiami i rędzinami.

Specyfika szkółek leśnych jako agroekosystemów

Jednym z podstawowych źródeł materii organicznej gleb rolniczych są resztki poźniwne i korzenie roślin. W wieloletnich rolniczych doświadczeniach nawozowych, w których przez stulecia uprawia się na tym samym polu te same rośliny (np. tzw. wieczne żyto), co roku tak samo nawożone (i nienawożone), zawartość próchnicy na polach nienawożonych jest mała, ale stabilna. Specyfiką produkcji w szkółkach leśnych jest to, że po wyjęciu i wywiezieniu sadzonek w zasadzie nie ma żadnych resztek. Próchnica gleb szkółek nie ma więc się z czego odtworzyć. Dlatego szkółka jest ekosystemem w najwyższym stopniu otwartym, w którym nie obserwuje się obiegu materii. Drugą specyficzną cechą hodowli sadzonek jest bardzo szybki rozkład materii organicznej. Wynika on z elementów ciągu technologicznego:

- gleba przez długie okresy nie jest osłonięta przez rośliny, gdyż kiełkowanie trwa długo, siewki są małe i nie tworzą zwartych łąnów, przez co gleba silnie się nagrzewa, a erozja wietrzna dodatkowo zmniejsza zapasy próchnicy;
- odchwaszczanie opielaaczem, kultywatozem czy motyką polega na kaleczeniu gleby, w wyniku czego ułatwia się dostęp do gleby tlenu i „spalanie” próchnicy;
- wilgotność gleby w okresie wegetacyjnym, regulowana przez nawadnianie, jest optymalna dla siewek oraz sadzonek, ale też i dla edafonu szybko rozkładającego próchnicę.

W związku z tym, że rozkład próchnicy jest szybki, a naturalny dopływ materii organicznej do gleb szkółek w zasadzie nie następuje, jedynym sposobem utrzymania wysokiego poziomu próchnicy w glebie szkółki jest intensywne nawożenie organiczne.

Alkalizacja środowiska glebowego w szkółkach leśnych

KAZIMIERZ BIAŁY, ANDRZEJ BIAŁY

O uwarunkowaniach hodowlanych szkółek leśnych decydują zawsze właściwości gleb oraz skład chemiczny wód wykorzystywanych do deszczowania kwater w okresie wegetacji roślin. Nie w każdych warunkach edaficznych szkółek leśnych możliwa jest hodowla sadzonek każdego gatunku. Zwykle decydują o tym naturalne właściwości gleb lub stosowane w szkółkach zabiegi agrotechniczne, zmieniające ich naturalne właściwości fizykochemiczne. Do zabiegów tych zalicza się: niewłaściwe kompostowanie (nadmierne kompostowanie lub korzystanie z kompostu o niewłaściwych parametrach chemicznych), stosowanie dużych dawek nawożenia mineralnego, często połączonego z wapnowaniem, a także deszczowanie kwater szkółkowych wodami zasobnymi w kationy zasadowe. Wprowadzając do poziomu próchnicznego duże ilości materii organicznej, powiększamy kompleks sorpcyjny tego poziomu i jego możliwości w zakresie wchłaniania jonów, głównie kationów. Jeżeli taki poziom jest systematycznie deszczowany wodami zasobnymi w kationy zasadowe, to stosunkowo szybko następuje proces wysycenia kompleksu sorpcyjnego gleb tymi kationami i zmienia się ich odczyn z kwaśnego na obojętny lub alkaliczny. W takich warunkach edaficznych niemożliwa jest już hodowla sadzonek o dobrych parametrach biometrycznych, szczególnie gatunków iglastych. Z tych zależności, i wynikających z nich konsekwencji hodowlanych, nie zawsze zdajemy sobie w pełni sprawę.

Alkalizacja gleb jest zjawiskiem dość powszechnie obserwowanym w wielu szkółkach leśnych. Mechanizm tego zjawiska można wyjaśnić na przykładzie szkółki deszczowanej wodami jeziornymi. Analizowano powierzchnie z glebami od dawna przekształcanymi zabiegami agrotechnicznymi i deszczowanymi wodami jeziornymi (kwatery starsze) oraz powierzchnie kształtowane tymi zabiegami od niedawna (kwatery młodsze). Wyniki analiz porównano z powierzchniami zlokalizowanymi w stuletnim drzewostanie sosnowym, rosnącym poza szkółką. Skutki kompostowania i deszczowania kwater wodami jeziornymi lub z innych cieków wodnych można ocenić na podstawie wybranych właściwości chemicznych i fizykochemicznych materiału glebowego pobranego z poziomu próchnicznego, a także składu chemicznego tych wód.

Tabela 6.
Podstawowe właściwości fizykochemiczne
i chemiczne poziomów próchnicznych

| pH (H ₂ O) | pH (KCl) | C org. (%) | Nt (%) | C/N |
|------------------------|----------|------------|--------|-------|
| kwatery starsze | | | | |
| 7,45 | 7,07 | 3,78 | 0,17 | 21,48 |
| kwatery młodsze | | | | |
| 5,62 | 4,57 | 3,45 | 0,16 | 21,5 |
| powierzchnie kontrolne | | | | |
| 4,36 | 3,67 | 2,39 | 0,10 | 22,7 |

Wpływ kompostowania uwi-
docznił się w postaci zwiększonej
zawartości materii organicznej
w poziomach próchnicznych na
większości analizowanych kwater,
co wyraźnie sygnalizuje zawartość
węgla organicznego, częściowo tak-
że azotu (tab. 6). W porównaniu
z powierzchniami kontrolnymi
wzrost ten był dwukrotny, a w jed-
nym wypadku prawie trzykrotny.
W obrębie kwater młodszych za-
wartość materii organicznej kształ-

towała się podobnie jak w poziomach próchnicznych na powierzchniach kon-
trolnych.

Ciekawie ukształtował się odczyn poziomu próchnicznego. Na kwaterach starszych był on obojętny lub alkaliczny, sporadycznie słabo kwaśny, i w stosunku do powierzchni kontrolnych przeciętnie o trzy jednostki pH większy. Mniejsze różnice zanotowano na kwaterach młodszych, gdzie odczyn poziomów próchnicznych był kwaśny i tylko o jedną jednostkę pH większy. O takim zróżnicowaniu wartości pH zadecydował zapewne skład chemiczny wód jeziornych oraz ilość sezonów wegetacyjnych, w których te wody wykorzystywano do deszczowania poszczególnych kwater. Jezioro jest tam bowiem jeziorem gytiowym, którego część linii brzegowej sąsiaduje z polami uprawnymi, co nie jest bez znaczenia dla składu chemicznego wód. Jak wykazały wyniki analizy chemicznej wody tego jeziora, obok naturalnej, bardzo dużej zawartości kationów zasadowych, pochodzących z gytii jeziornej, są dodatkowo wzbogacone w składniki chemiczne z nawozów mineralnych, wymywanych z pól uprawnych. Wskazują na to nie tylko duże ilości chloru i siarki w formie siarczanowej (częstych składników nawozów mineralnych), ale także - wzrastające w okresie letnim - stężenia tych pierwiastków, potwierdzające ich wymywanie z gleb pól uprawnych po wiosennym nawożeniu (tabela 7). W wo-

Tabela 7.
Skład chemiczny wód jeziornych wykorzystywanych do deszczowania kwater szkółki
leśnej (w ppm)

| Ca | Mg | K | Na | Cl | S-SO ₄ | N-NO ₃ | N-NH ₄ | pH |
|-----------------------------------|------|------|------|-------|-------------------|-------------------|-------------------|------|
| próbka wody pobrana 27.03.2001 r. | | | | | | | | |
| 56 | 4,57 | 1,66 | 5,10 | 14,39 | 2,41 | 0,18 | 0,16 | 6,79 |
| próbka wody pobrana 10.07.2001 r. | | | | | | | | |
| 41 | 4,70 | 1,51 | 5,04 | 22,20 | 7,49 | 0,10 | 0,13 | 7,20 |

dzie jeziornej wyraźnie dominuje wapń, który w próbce wody pobranej wiosną stanowił około 83%, latem natomiast 78% ogółu kationów zasadowych. Stosunkowo dużo stwierdzono też magnezu i sodu oraz chloru i siarki.

O sytuacji troficznej gleb badanej szkółki leśnej decydują w głównej mierze wymienne kationy zasadowe. Zasobne w te kationy wody jeziorne ukształtowały właściwości sorpcyjne poziomu próchnicznego.

Podobnie jak w składzie chemicznym wód jeziornych, również i wśród kationów zasadowych wysycających kompleks sorpcyjny poziomu próchnicznego, wyraźnie dominują kationy wapnia. W próbkach pobranych z kwater starszych stanowią one około 96–98% ogółu kationów zasadowych, w próbkach pochodzących z kwater młodszych około 90%, natomiast w próbkach pobranych z powierzchni kontrolnych 76,9 i 81,6% (tabela 8). Zawartość kationów Ca^{2+} , pochłoniętego przez kompleks sorpcyjny, cechuje też duże zróżnicowanie od 175 do 448 mg/100 g gleby na kwaterach starszych i od 46 do 150 mg/100 g gleby na kwaterach młodszych. W stosunku do powierzchni kontrolnych gleby kwater starszych zawierają ponad trzydziestokrotnie więcej tego pierwiastka, natomiast gleby kwater młodszych od kilkakrotnie do ponad dziesięciokrotnie więcej.

Dysponując wynikami kwasowości hydrolitycznej można obliczyć też stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi. Na kwaterach założonych wcześniej, kationy o charakterze zasadowym (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) stanowią od 70,4 do 95,5% zasorbowanych kationów, wśród których bardzo wyraźnie dominują kationy wapnia. Na niektórych kwaterach stanowią one ponad 90% kationów wymiennych (tabela 8). W mniejszym stopniu wysycony jest kompleks sorpcyjny kationami zasadowymi na kwaterach młodszych. Stanowią one od 20,9 do 60,1% kationów wymiennych. Na sześciu stanowiskach dominowały kationy kwasowe. Odwrotnie kształtowały się te proporcje na powierzchniach porównawczych. Tam stopień wysycenia kationami zasadowymi wyniósł zaledwie 8% (tabela 9).

Z badań wynika, że bezpośrednią przyczyną zmiany warunków edaficznych, uniemożliwiających właściwy rozwój sadzonek sosny zwyczajnej w analizowanej szkółce leśnej, okazały się wody jeziorne zasobne w kationy zasadowe. Doprowadziły one do wysycenia, rozbudowanego kompostami kompleksu sorpcyjnego poziomów próchnicznych, kationami zasadowymi i wyraźnej zmiany odczynu z kwaśnego na obojętny lub alkaliczny. W wyni-

Tabela 8.
Stężenie jonów w poziomach próchnicznych badanej szkółki leśnej (mg/100 g gleby)

| Ca | Mg | K | Na | Al |
|--------------------------|------|------|------|------|
| kwatery starsze | | | | |
| 328,05 | 7,47 | 8,42 | 1,32 | b.d. |
| kwatery młodsze | | | | |
| 95,37 | 4,17 | 5,21 | 0,58 | b.d. |
| powierzchnie porównawcze | | | | |
| 12 | 1,3 | 2,65 | 0,5 | b.d. |

Tabela 9.
Wskaźniki charakteryzujące właściwości kompleksu sorpcyjnego

| Hh* | S** | S+Hh | V%*** | V%Ca**** |
|--------------------------|-------|-------|-------|----------|
| kwatery starsze | | | | |
| 1,74 | 17,29 | 19,03 | 89,78 | 85,01 |
| kwatery młodsze | | | | |
| 7,41 | 5,27 | 12,68 | 41,03 | 37,05 |
| powierzchnie porównawcze | | | | |
| 10,46 | 0,9 | 11,36 | 7,95 | 5,25 |

* Hh - kwasowość hydrolityczna.

** S - suma kationów zasadowych.

*** V% - procent wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi.

**** V% Ca - procent wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami wapnia.

hodowlany. Zdecydowały o tym przede wszystkim właściwości fizykochemiczne gleb. To właśnie one powinny być okresowo sprawdzane i na tej podstawie podejmowana decyzja o profilu hodowlanym szkółki. Mając do dyspozycji tylko wody zasobne w kationy zasadowe nie jesteśmy w stanie kształtować właściwości gleb tak, by stworzyć warunki do właściwego rozwoju sadzonek, przede wszystkim gatunków iglastych. Zalecane czasem zakwaszanie środowiska glebowego szkółek leśnych nie ma większego sensu w takich uwarunkowaniach przyrodniczych, ponieważ wprowadzane z wodami kationy zasadowe szybko zostaną wchłonięte przez kompleks sorpcyjny tych gleb.

ku długotrwałego korzystania z wód jeziornych nastąpił proces intensywnej eutrofizacji i alkalizacji środowiska glebowego. Jak wiadomo, w takim środowisku mniejszą rolę odgrywają grzyby mikoryzowe, tak bardzo ważne dla właściwego rozwoju sadzonek, np. sosny. Zadawające parametry biometryczne uzyskiwały tylko sadzonki sosny porastające młodsze kwatery, gdzie proces alkalizacji gleb dopiero się zaczyna. Zastosowane w szkółce zabiegi zmieniły jej profil

Zakwaszanie gleb leśnych w szkółkach

ANTONI SIENKIEWICZ

Postępująca obecnie alkalizacja gleb w niektórych szkółkach leśnych jest w znaczącym stopniu powodowana stosowaniem nawozów oraz materiałów organicznych o odczynie obojętnym lub zasadowym. Należą do nich: torfy niskie, nadmiernie wapnowane komposty, organiczne substraty handlowe przygotowywane na gleby rolnicze, jak też materiały organiczne z kurników i pieczarkarni o nieanalizowanym odczynie, a także wieloskładnikowe nawozy mineralne o podwyższonym pH. Znaczący wpływ ma również stosowanie deszczowania wodami o odczynie zasadowym (patrz „Alkalizacja środowiska...”). W związku z tym często następuje szybkie odkwaszanie gleb w szkółkach leśnych.

Tabela 10.

Zakwaszanie gleb siarką w szkółkach leśnych [Szołtyk G., Hilszczańska D., 2003; zmienione]

| Gatunki gleb w warstwie ornej | Zawartość C org. (%) | pH w 1M KCl | | Dawki siarki w kg na 1 ar | |
|--------------------------------------|----------------------|-------------|-----------|---------------------------|-----------|
| | | gatunki | | | |
| | | iglaste | liściaste | iglaste | liściaste |
| Piaski słabogliniaste | >1,5 | 5,6-6,0 | 6,1-6,5 | 15-20 | 10-15 |
| Piaski gliniaste i gliny piaszczyste | >2,0 | >6,1 | >6,6 | 25-30 | 20-25 |

Tabela 11.

Zakwaszanie gleb w szkółkach leśnych wodnym roztworem H₂SO₄ [Szołtyk G., Hilszczańska D., 2003; zmienione]

| Gatunki gleb w warstwie ornej | Zawartość C org. (%) | pH w 1M KCl | | Roztwór wodny H ₂ SO ₄ * (l/ar) |
|--------------------------------------|----------------------|-------------|-----------|---|
| | | gatunki | | |
| | | iglaste | liściaste | |
| Piaski słabogliniaste | >1,5 | 6,1-6,5 | 6,6-7,0 | 1000-1500 |
| Piaski gliniaste i gliny piaszczyste | >2,0 | >6,6 | >7,1 | 2000-2500 |

* Roztwór wodny H₂SO₄: 500 ml stężonego H₂SO₄ w 1000 litrach wody.**Uwagi:**

1. Roztwór wodny kwasu siarkowego wprowadzamy tylko do gleby ugorującej, przygotowanej pod siewy lub sadzenie w roku następnym. W tym celu należy wyliczoną dawkę podzielić na połowę i zastosować najpóźniej do końca listopada (przed opadami śniegu) w odstępie 1-2 tygodni. Zabiegi powinno się stosować w nawrotach trzyletnich i nie częściej niż trzy razy w okresie dziesięciu lat.
2. Po wprowadzeniu całej dawki roztworu wodnego kwasu siarkowego do gleby należy roztwór ten dokładnie przemieszać z glebą przy użyciu kultywatora.
3. Sprzęt stosowany do zakwaszania gleby roztworem wodnym H₂SO₄ (beczkowozy, deszczownie) należy po wykonaniu zabiegu kilkakrotnie przepłukać.
4. Wymienione w tabeli gatunki gleb są zgodne z obecnie obowiązującą Polską Normą PN-R-04033:1998.

Dobre rady:

Nawroty siarkowania warstwy ornej gleby należy stosować każdego roku w okresie 2-3 lat, uzależniając je od corocznych analiz kontrolnych odczynu glebowego (pH w 1M KCl), pod warunkiem niestosowania ich częściej niż trzy razy w ciągu dziesięciu lat.

Siarkę powinno się wprowadzać na kwatery ugorujące, mieszając ją bezpośrednio po wysiewie z glebą w warstwie ornej (płużnej) przy użyciu kultywatora.

Zaleca się stosowanie siarki granulowanej, która jest wygodniejsza przy wysiewie w szkółkach i mniej niebezpieczna w porównaniu z siarką pylistą.

Przywracanie odczynu do stanu sprzed wykonanego zabiegu, zwłaszcza gleb bogatszych w próchnicę i o mocniejszym składzie granulometrycznym

(piaski gliniaste i gliny piaszczyste), jest działaniem krótkotrwałym. Należy więc pamiętać, żeby do nawożenia organicznego w szkółkach leśnych stosować zawsze kwaśne materiały organiczne (torfy wysokie, torfy wysokie z korą lub komposty korowo-torfowe). Do zakwaszania (dealkalizacji) gleb w szkółkach leśnych powinno się wykorzystywać siarkę granulowaną lub roztwór wodny kwasu siarkowego (tabele 10 i 11), szczególnie w wypadku utrzymującego się podwyższonego pH po ich dwukrotnym lub trzykrotnym siarkowaniu [Szołtyk, Hilszczańska, 2003].

Wapnowanie gleb w szkółkach leśnych

 ANTONI SIENKIEWICZ

Odpowiedni odczyn gleb w szkółkach leśnych (kwaśny i słabo kwaśny) odgrywa bardzo ważną rolę w procesie pobierania (przyswajania) wielu składników pokarmowych przez produkowane siewki i sadzonki drzew, rosnące i rozwijające się w warunkach współżycia z grzybami mikoryzowymi, przede wszystkim ektomikoryzowymi. Z tego też względu ważne jest, żeby w procesach rozkładu glebowej materii organicznej nie występowała dominacja bakterii nad grzybami mikoryzowymi, ponieważ przy przewadze tych pierwszych następuje zubożenie odczynu gleby oraz ulega ograniczeniu ilościowy i jakościowy udział grzybów mikoryzowych. Regulacja odczynu gleby jest głównie problemem w szkółkach wieloletnich. Utrzymanie odczynu na właściwym poziomie można osiągać przez wapnowanie lub zakwaszanie gleb w szkółkach leśnych.

Wapnowanie gleb polega na wprowadzaniu do gleby związków wapnia – w formie tlenkowej, węglanowej, krzemianowej lub wodorotlenkowej – w celu zlikwidowania nadmiernego jej zakwaszenia oraz poprawienia struktury, właściwości fizykochemicznych i chemicznych gleby, a także wzmożenia biologicznej aktywności środowiska wzrostu i rozwoju roślin. W obecnych warunkach zmniejszonego dopływu substancji kwaśnych (głównie związków siarki i azotu) z powietrza atmosferycznego do pokrywy glebowej, zabieg wapnowania w celu odkwaszania gleby powinien być złagodzony, a dawki i nawroty zastosowanych nawozów wapniowych ulec zmniejszeniu [Szołtyk, Hilszczańska, 2003].

Podstawowymi surowcami do produkcji nawozów odkwaszających gleby są skały węglanowe wapniowe (wapienie) i wapniowo-magnezowe (dolomity). Węglanowe nawozy wapniowe i wapniowo-magnezowe otrzymuje się w wyniku rozdrobnienia kopaliny. Nawozy te są zwykle pyliste i przeważnie

barwy białej. Produkcja natomiast nawozów w formie tlenkowej wymaga przeróbki termicznej. Zabarwienie ich jest białe lub szare. Wykazują one równocześnie właściwości żrące i pyłące. Do odkwaszania stosuje się także wiele produktów odpadowych z różnych gałęzi przemysłu. Głównym składnikiem większości tych nawozów jest węgiel wapnia. Ogólną alkaliczność (siłę odkwaszania) nawozów wapniowych i wapniowo-magnezowych wyraża się w procentach CaO. Procentowa zawartość CaO, określona przed zabiegiem wapnowania dla danego nawozu, może odbiegać od wartości podawanej przez producenta, ponieważ w trakcie przechowywania nawozów następuje zmiana w ich składzie chemicznym.

Do wapnowania gleb w leśnictwie stosuje się różne nawozy wapniowe, które mogą zawierać wapń w formie tlenkowej - CaO, węglanowej - CaCO₃ i krzemianowej - CaSiO₃ oraz w niektórych wypadkach w formie wodorotlenkowej - Ca(OH)₂, która łatwo przechodzi w postać węglanową wskutek wiązania dwutlenku węgla z powietrza. W praktyce szkółkarskiej niezbędne jest przeliczanie różnych form wapnia zawartego w nawozach wapniowych na formę tlenkową, a w niedalekiej przyszłości konieczne już będzie przeliczanie formy tlenkowej na pierwiastkową. Do przeliczeń należy stosować następujące współczynniki liczbowe:

| | | |
|--|---|------------------------------------|
| CaCO ₃ na CaO = 0,560; | CaCO ₃ na Ca(OH) ₂ = 0,740; | CaCO ₃ na Ca = 0,400; |
| CaSiO ₃ na CaCO ₃ = 0,862; | CaSiO ₃ na CaO = 0,483; | CaSiO ₃ na Ca = 0,345; |
| CaO na CaCO ₃ = 1,785; | CaO na Ca(OH) ₂ = 1,321; | CaO na CaSiO ₃ = 2,071; |
| CaO na Ca = 0,715; | Ca na CaCO ₃ = 2,497; | Ca na CaO = 1,399. |

Stosowane w praktyce szkółkarskiej nawozy wapniowe zawierają niejednokrotnie domieszki związków magnezowych, podnoszących istotnie wartość nawozów wapniowych. W celu przeliczenia związków magnezowych na związki wapniowe, co jest niezbędne w celu określenia procentowości nawozu jedną wartością liczbową, należy zastosować następujące współczynniki:

| | | |
|---|-----------------------------------|---------------------|
| MgCO ₃ na CaCO ₃ = 1,187; | MgCO ₃ na CaO = 0,665; | MgO na CaO = 1,391. |
|---|-----------------------------------|---------------------|

Z praktycznego punktu widzenia bardzo ważny jest podział nawozów na szybko i wolno działające. Do nawozów szybko odkwaszających gleby zalicza się nawozy w formach tlenkowych i wodorotlenkowych, natomiast do wolno odkwaszających - w postaci węglanowej i krzemianowej.

Spośród nawozów odkwaszających glebę w szkółkach leśnych zaleca się stosować nawozy wapniowe działające powoli, w których wapń występuje w formie węglanowej. Węglanowe nawozy wapniowe dają się łatwo wysiewać, działają przez dłuższy okres i nie wywołują w glebie gwałtownych reakcji che-

micznych. Najodpowiedniejszymi nawozami wapniowymi węglanowymi są: wapniak mielony rolniczy, kreda nawozowa, kreda nawozowa posodowa, węglan wapnia pokekowy, wapno poflotacyjne i dolovit. Wapniak mielony rolniczy otrzymuje się przez rozdrobnienie kamienia wapiennego. Powinien być suchy i sypki. Łączna zawartość wapnia w przeliczeniu na CaO wynosi co najmniej 45%. Kreda nawozowa otrzymywana jest z kredy piszącej. Powinna być sypka. Łączna zawartość wapnia w przeliczeniu na CaO wynosi nie mniej niż 45%. Kreda nawozowa posodowa jest otrzymywana jako produkt odpadowy w przemyśle sodowym. Powinna być sypka. Rozróżnia się dwa gatunki kredy nawozowej posodowej w zależności od zawartości wody i zanieczyszczenia chlorkami. Łączna zawartość wapnia w obu gatunkach w przeliczeniu na CaO wynosi co najmniej 50%. Węglan wapnia pokekowy jest produktem odpadowym przy otrzymywaniu kwasu siarkowego z keku siarkowego. Powinien być sypki. Łączna zawartość wapnia w przeliczeniu na CaO wynosi nie mniej niż 35%. Wapno poflotacyjne jest otrzymywane jako produkt odpadowy przy wzbogacaniu rud siarki metodą flotacyjną i zawiera w przeliczeniu na CaO co najmniej 40%. Dolovit - nawóz wapniowy węglanowy otrzymywany z przemiału zdolomityzowanych wapieni. Sypki. Zawiera nie mniej niż 55-60% CaO.

W grupie nawozów wapniowych zawierających wapń w formie tlenkowej wyróżnia się następujące: wapno rolnicze palone, miał wapienny rolniczy oraz pył z elektrofiltrów piecowych. Wapno rolnicze palone otrzymuje się przez wypalenie kamienia wapiennego i jego zmielenie. Powinno być suche i sypkie. Produkowane jest w trzech gatunkach, w których zawartość wapnia w przeliczeniu na CaO wynosi odpowiednio: 85-80%, 75-70% i 65-60%. Wapno palone przekształca się w obecności wody glebowej w wodorotlenek wapnia (wapno gaszone). Z racji szybkiego działania należy stosować na glebach cięższych, zwięźlejszych i wilgotnych. Może być również użyte do przetwarzania surowej próchnicy. Nie wolno stosować tego nawozu na suchych glebach piaszczystych. Miał wapienny rolniczy uzyskuje się przez wypalenie kamienia wapiennego. Powinien być sypki. Produkowany jest w dwóch gatunkach, w których łączna zawartość wapnia w przeliczeniu na CaO powinna wynosić odpowiednio: 50-45% i 40%. Pył z elektrofiltrów piecowych jest produktem odpadowym przemysłu cementowego, wychwytywanym w elektrofiltrach piecowych przy wypalaniu klinkieru cementowego. Powinien być sypki. Łączna zawartość związków zasadowych w przeliczeniu na CaO wynosi co najmniej 40%.

Spośród nawozów wapniowych mieszanych zaleca się stosowanie przede wszystkim wapna rolniczego mieszanego, które otrzymuje się przez zmielenie i wymieszanie kamienia wapiennego z wapnem palonym w stosunku 1:1. Jest to nawóz suchy i sypki. Łączna zawartość wapnia w przeliczeniu na CaO wynosi nie mniej niż 50%.

W grupie nawozów wapniowo-magnezowych zawierających wapń i magnez w formie tlenków lub węglanów dostępne są następujące: wapno magnezowe tlenkowe, wapno magnezowe węglanowe, wapno węglanowe pomiedziowe.

Wapno magnezowe tlenkowe jest produkowane z prażonego dolomitu. Powinno być sypkie. Łączna zawartość CaO wynosi co najmniej 65%, a MgO – nie mniej niż 22%. Wapno magnezowe węglanowe jest odpadem (szlamem) powstającym przy flotacji rud cynkowo-olowianych. Podstawowymi składnikami są wapń i magnez, natomiast w niewielkich ilościach występują również cynk, miedź, mangan i kobalt. Łączna zawartość wapnia w przeliczeniu na CaO powinna wynosić co najmniej 40%. Wapno węglanowe pomiedziowe jest produktem odpadowym przy flotacji rud miedzi. Głównymi składnikami są wapń i magnez oraz w niewielkich ilościach cynk, miedź, mangan i kobalt. Łączna zawartość wapnia w przeliczeniu na CaO powinna wynosić nie mniej niż 30%.

Nawozy wapniowo-krzemianowe są najczęściej produktami odpadowymi przemysłu hutniczego i zawierają 40–45% wapnia w przeliczeniu na CaO. Znałe są także pod nazwą wapna wielkopieczowego. Działają powoli i przez długi czas. W swoim składzie zawierają znaczne ilości magnezu (MgO do 15%) oraz liczne mikroelementy, co podnosi ich wartość nawozową. Nadają się szczególnie na gleby piaszczyste.

Spośród nawozów wodorotlenkowych w handlu jest dostępne przede wszystkim wapno pokarbidowe, które otrzymuje się jako produkt uboczny przy produkcji acetylenu. Zawartość wapnia w przeliczeniu na CaO waha się w granicach 65–70%.

Nawozy wapniowe należy zawsze wysiewać osobno i nie mieszać z jakimkolwiek nawozem mineralnym, a także nie łączyć z nawożeniem organicznym. W tym wypadku okres dzielący zabiegi wapnowania i nawożenia organicznego nie powinien być krótszy niż pół roku. Wszystkie nawozy wapniowe, żeby mogły efektywnie działać, należy dokładnie wymieszać powierzchniowo z glebą przy użyciu kultywatora lub brony. Równocześnie przy wysiewie nawozów wapniowych zaleca się szczególną dbałość o równomierne ich rozmieszczenie na powierzchni gleby. Wapnowanie należy wykonywać jesienią lub wczesną wiosną na całą powierzchnię przewidzianą pod hodowlę szkółkarską (tabela 12). Wapnowanie wiosną powinno wyprzedzać mineralne nawożenie fosforowo-potasowo-magnezowe i mikroelementowe przynajmniej o dwa, trzy tygodnie.

Tabela 12.

Dawki nawozów wapniowych i nawroty wapnowania gleb w szkółkach leśnych

[Walendzik, 1975; Szoltyk, Hilszczańska, 2003; zmienione]

| Gatunki gleb w warstwie ornej | pH w 1M KCl | Dawki nawozów wapniowych w tonach CaCO ₃ na 1 ha | | Liczba nawrotów w okresie 8–10-letnim | |
|-------------------------------|-------------|---|-----------|---------------------------------------|-----------|
| | | gatunki | | | |
| | | iglaste | liściaste | iglaste | liściaste |
| * Piaski słabogliniaste | < 3,5 | 1,5 | 1,5 | 2–3 | 3–4 |
| | 3,6–4,0 | 1,5 | 1,5 | 2–3 | 2–3 |
| | 4,1–5,0 | 1,0 | 1,3 | 2–3 | 1–2 |
| * Piaski gliniaste | < 3,5 | 2,3 | 2,5 | 2–3 | 3–4 |
| | 3,6–4,0 | 2,0 | 2,3 | 2–3 | 2–3 |
| | 4,1–5,2 | 1,5 | 1,8 | 1–2 | 1–2 |
| * Gliny piaszczyste | < 3,5 | 2,5 | 3,0 | 2–3 | 2–3 |
| | 3,6–4,0 | 2,0 | 2,5 | 2–3 | 2–3 |
| | 4,1–5,4 | 1,5 | 2,0 | 1–2 | 1–2 |

* Wymienione w tabeli gatunki gleb są zgodne z obecnie obowiązującą Polską Normą PN-R-04033:1998.

Zasolenie gleb w szkółkach leśnych

 ANTONI SIENKIEWICZ

Zasolenie gleby (salinizacja gleby), czyli nadmiar soli łatwo rozpuszczalnych w wodzie, gromadzących się w strefie korzeniowej roślin, może być i niejednokrotnie jest przyczyną rozwoju wielu chorób roślin (siewek w szkółkach leśnych), a niekiedy nawet ich zamierania. Szkodliwość nadmiernej kumulacji soli w środowisku wzrostu i rozwoju roślin polega przede wszystkim na zachwianiu równowagi jonowej w glebach, zmniejszeniu dostępności wody dla roślin i podwyższeniu koncentracji soli w poszczególnych organach i tkankach roślinnych.

Pojęcie soli rozpuszczalnych obejmuje wszystkie nieorganiczne związki gleby, które łatwo rozpuszczają się w wodzie. Najczęściej spotykanymi w glebach Polski jonami kwasowymi (anionami) są: chlorki (Cl⁻), siarczany (SO₄²⁻), azotany (NO₃⁻), fosforany (PO₄³⁻), węglany (CO₃²⁻) i wodorowęglany (HCO₃⁻), natomiast jonami zasadowymi (kationami): wapń (Ca²⁺), magnez (Mg²⁺), potas (K⁺), sód (Na⁺) i jon amonowy (NH₄⁺). W warunkach przyrodniczo-klimatycznych naszego kraju problem zasolenia gleb pojawia się tylko lokalnie i w specyficznych okolicznościach.

Typowymi objawami zasolenia gleby są uszkodzenia kiełków roślin, karłowatość pędów, zahamowanie wzrostu, żółknięcie igieł i liści oraz słaby system korzeniowy. Główną przyczyną tego rodzaju uszkodzeń jest najczęściej różnica ciśnień między roztworem glebowym i sokiem komórkowym w ko-

rzeniach roślin. Wzrost roślin w dużym stopniu zależy od stężenia występujących w glebie soli rozpuszczalnych w wodzie, a w zasadzie od ciśnienia osmotycznego roztworu glebowego. Przy określonej zawartości soli rozpuszczalnych stężenie roztworu glebowego jest ściśle uzależnione od ilości wody w glebie. Zawartość wody w glebie, przy której rośliny rosną i rozwijają się bez jakichkolwiek zakłóceń, waha się zwykle pomiędzy dolną granicą, odpowiadającą punktowi trwałego wędnięcia roślin ($pF = 4,2$) oraz górną, odpowiadającą połowej pojemności wodnej ($pF = 2,5$). W znacznej większości gleb przy połowej pojemności wodnej ilość wody jest około dwukrotnie większa w porównaniu z punktem trwałego wędnięcia roślin. Koncentracja soli w roztworze glebowym jest więc związana nie tylko z ich bezwzględną zawartością, ale także aktualnym uwilgotnieniem gleby. Gleby, które nie wykazują objawów zasolenia w stanie optymalnego uwilgotnienia, mogą się z dużą ostrością pojawić w warunkach niedoboru wody.

Najbardziej wiarygodnym i powszechnie stosowanym sposobem określania stężenia soli w roztworze glebowym jest pomiar jego przewodności elektrycznej właściwej, czyli przewodnictwa elektrycznego - Electrical Conductivity (EC), które wyraża się najczęściej w simensach na centymetr (S/cm) lub w milisimensach na centymetr (mS/cm), względnie w mikrosimensach na centymetr ($\mu\text{S/cm}$). Według SI przewodnictwo elektryczne gleby podaje się w decysimensach na metr (dS/m), co odpowiada mS/cm. W niektórych krajach podstawowa jednostka przewodnictwa elektrycznego nosi nazwę mho na centymetr (mho/cm), a jednostki mniejsze odpowiednio: mmho/cm i $\mu\text{mho/cm}$.

Pomiar przewodnictwa elektrycznego gleby (EC) w leśnictwie nie jest aktualnie wymagany w praktyce szkółkarskiej, stanowi jednak istotne źródło informacji o środowisku wzrostu i rozwoju roślin, zwłaszcza w wypadku doglebowego stosowania nawozów mineralnych w dużych stężeniach. Przewodnictwo elektryczne gleby w szkółkach leśnych mierzy się konduktometrem mikrokomputerowym typu CPC-551 w wyciągu wodnym o proporcji wody do gleby wynoszącej 1:5, zgodnie z normą ISO 11265. Zasada postępowania polega na pomiarze oporu przewodnika (gleby), a właściwie jego odwrotności, czyli przewodnictwa elektrycznego wodnego ekstraktu gleby w naczyniu pomiarowym, po zanurzeniu czujnika elektrolityczno-oporowego (konduktometryczno-platynowego).

Graniczne wartości przewodnictwa elektrycznego gleby dla większości roślin wynoszą 2,0 mS/cm (tabela 13), co odpowiada stężeniu soli rozpuszczalnych w roztworze glebowym około 1300 mg na 1 kg gleby. W szkółkach leśnych za wartość progową przyjmuje się najczęściej przewodnictwo elektryczne na poziomie wartości nie przekraczającej 1,0 mS/cm. Przewodnictwo elektryczne gleby podaje się zwykle dla temperatury 25°C. Ze względu na występowanie dużej, dodatniej korelacji pomiędzy przewodnictwem elektrycz-

Tabela 13.
Wartości progowe zasolenia gleb w strefie korzeniowej roślin [Baran, Turski 1996, zmienione]

| Kategoria degradacji gleb | Przewodnictwo elektryczne (mS/cm) | Wrażliwość roślin |
|---------------------------|-----------------------------------|-------------------|
| Gleba naturalna | <2,0 | brak reakcji |
| Degradacja słaba | 2,1-4,0 | reagują nieliczne |
| Degradacja średnia | 4,1-8,0 | reaguje większość |
| Degradacja silna | 8,1-16,0 | tolerują niektóre |
| Degradacja bardzo silna | >16,1 | zamieranie roślin |

Tabela 14.
Wartości progowe stanu zasolenia wody [Baran, Turski 1996, zmienione]

| Kategoria szkodliwości | Zawartość soli w g/dm ³ |
|------------------------|------------------------------------|
| Żadna lub mała | 0-1,0 |
| Średnia | 1,1-2,4 |
| Duża | 2,5-4,2 |
| Bardzo duża | >4,3 |

nym gleby i stężeniem kationów lub anionów oraz ciśnieniem osmotycznym roztworu glebowego, na podstawie przewodnictwa elektrycznego można obliczyć stężenie soli w roztworze glebowym, stężenie soli w glebie, liczbę kationów ogółem w glebie, a także ciśnienie osmotyczne roztworu glebowego.

W wyraźnej zależności z aktualnym stanem zasolenia gleby kształtuje się zawsze zasolenie wody glebowo-gruntowej. Jest to związane z faktem dobrej rozpuszczalności większości kationów zasalających glebę, a także łatwego przechodzenia ich do roztworu glebowego, a w następstwie przemieszczania się do warstw wodonośnych oraz cieków i zbiorników wodnych. W związku z koncentracją soli w wodzie wyróżnia się również kategorię jej szkodliwości dla roślin (tabela 14).

Hydrożele

PIOTR LECIEJEWSKI



Wzrost zainteresowania związkami polimerowymi, charakteryzującymi się zdolnościami absorpcji wody, nastąpił w połowie lat pięćdziesiątych XX wieku. Otrzymywano wówczas hydrożele pierwszej generacji o chłonności około 80 g/g, co oznacza, że 1 g polimerów absorbuje 80 g wody. Wysokie ceny i ograniczona dostępność tych materiałów nie pozwalały wówczas na ich szerokie zastosowanie. Pierwsze polimery wykorzystywano głównie do wytwarzania soczewek kontaktowych. Wkrótce powstały hydrożele drugiej generacji, charakteryzujące się większą chłonnością (40–1600 g/g), które znalazły zastosowanie m.in. w medycynie i farmacji oraz jako podłoże do hodowli mikroorganizmów. Na przełomie lat 70. i 80. ubiegłego wieku powstały żele akrylowe – hydrożele trzeciej generacji odznaczające się bardzo wysoką chłonnością dochodzącą do 3000 g/g [Glados i Majewski, 1998]. Dopiero uruchomienie masowej produkcji polimerów stworzyło możliwości rozszerzenia prac nad ich zastosowaniem, m.in. w rolnictwie i ogrodnictwie. Pierwsze, opisane w literaturze, serie doświadczeń polowych z zastosowaniem polimerów liniowych przeprowadzono w 1991 roku. Trzy lata później zaczęto je wykorzystywać w praktyce jako preparaty poprawiające strukturę gleby i przeciwdziałające erozji, a w 1995 roku opracowano pierwsze standardy praktycznego zastosowania polimerów w rolnictwie [USDA-NRCS, 1995; Sojka i Lent, 1996].

W literaturze spotyka się następujący podział:

- **Polimery nieusieciowane liniowe.** Rozpuszczalne w wodzie, stosowane m.in. w medycynie jako materiały opatrunkowe i ortopedyczne oraz środowisko dla rozwoju mikroorganizmów komórek ludzkich i zwierzęcych, nośniki leków, enzymów, hormonów oraz antykoagulantów [He i in., 2001;

Elvira i in., 2002; Timmer i in., 2003; Karadag i in., 2005; Mahdavinia i in., 2004]. Polimery liniowe znalazły także zastosowanie jako flokulanty w przemyśle chemicznym, wydobywczym, oczyszczalniach ścieków [Walker i Kelley, 2003] oraz w górnictwie, budownictwie i ochronie przeciwpożarowej. Dzięki ich właściwościom można je podawać w trakcie nawodnień deszczownianych lub bruzdowych. Polimery liniowe po nieznacznym usieciowaniu mogą stać się superabsorbentami żelowymi.

- **Polimery usieciowane, superabsorbenty polimerowe (SAP), poliakrylamidy** (z ang. polyacrylamide – PAM). Są to polimery nierozpuszczalne w wodzie, usieciowane wielkocząsteczkowo, które w kontakcie z wodą pochłaniają ją i pęczniąc tworzą trwałe, hydroaktywne żele.

Pod względem budowy chemicznej hydrożele są polimerycznymi łańcuchami, w których matrycami są najczęściej kopolimery akrylowe (akryloamidowe, kwasu akrylowego lub metakrylowego i ich pochodnych). Rzadziej stosuje się usieciowany alkohol poliwinylowy, polietylenoglikole, poli-N-winylopirolidon oraz kopolimery bezwodnika maleinowego [Gładys i Maciejewski, 1998]. Matrycami polimerów mogą być także chemicznie modyfikowane polisacharydy – skrobia i celuloza, otrzymywane z izolatów białka sojowego czy skrobi kukurydzianej. Wykorzystuje się także chitynę i chitinin – otrzymywane z pancerzy krabów, homarów, krewetek i owadów. Wytwarzane z nich polimery charakteryzują się mniejszą odpornością wodną i lepszymi właściwościami absorpcyjnymi niż akrylowe, ulegają jednak szybszej biodegradacji, w krótkim czasie tracąc swoje właściwości. Dlatego mają one ograniczone zastosowanie w rolnictwie i ogrodnictwie, a wykorzystuje się je powszechnie do produkcji materiałów opatrunkowych i higienicznych [Chandra i Rustgi, 1998; Otaigbe, 1998; Guilherme i in., 2005a i 2005b].

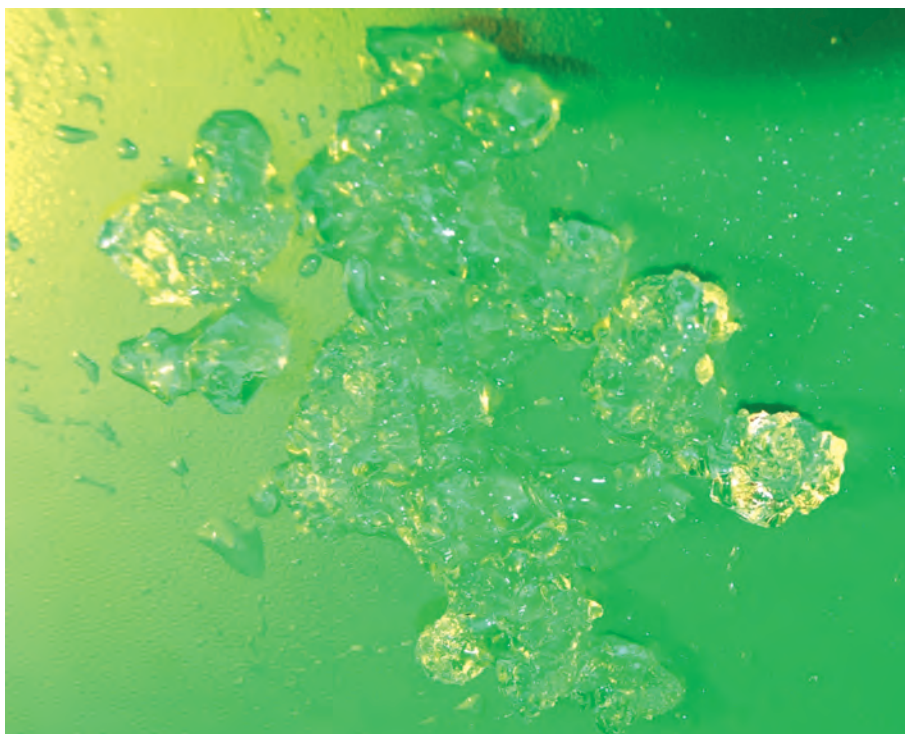
W najnowszych publikacjach z zakresu metod wytwarzania hydrożeli opisano rozwiązania poprawiające właściwości superabsorbentów. Zastosowanie materiałów nieorganicznych, np.: modyfikowana guma z drzewa nerkowca (polisacharydy), silikon, glin kaolinowa, mika lub bentonit do wytwarzania hydrożeli nie tylko istotnie zmniejszają koszty wytwarzania superabsorbentów, ale również znacząco poprawiają ich właściwości, takie jak zdolność do absorbowania wody, stabilność mechaniczna i termiczna, co znacznie poszerza zakres wykorzystania nowych superabsorbentów [Mahdavinia i in., 2004; Guilherme i in., 2005a i b; Zhang i in., 2005].

Suche polimery mają postać krystaliczną (ryc. 45) i przypominają bezładne, ściśle zwinięte kłębki. Pod wpływem wody obecne w łańcuchach grupy funkcyjne ulegają solwatacji i dysocjacji. Kationy odłączają się, a ujemne ładunki związane z łańcuchami polimerowymi odpychają się pod wpływem sił elektrostatycznych. Prowadzi to do rozluźnienia kłębka polimeru, który pęcznieje i tworzy żel przypominający bezbarwną galaretkę (ryc.46) [Beres i Kaładkowska, 1992].



Ryc. 45. Superabsorbent w postaci krystalicznej, „suchej”

Ryc. 46. Superabsorbent w postaci „uwodnionej”



Główne kierunki zastosowania hydrożeli w szkółkarstwie leśnym to: poprawa warunków wilgotnościowych gleby na otwartych powierzchniach szkółki, wzbogacenie sztucznych podłoży glebowych stosowanych w produkcji szklarniowej i tunelach foliowych oraz przechowywalność i transport materiału sadzeniowego.

Wykorzystanie hydrożeli w produkcji sadzonek na powierzchni szkółki i w tunelach foliowych

Szkółki leśne lokalizowane są w znacznej większości na siedliskach o glebach lekkich i bardzo lekkich. Gleby te mają małą zdolność utrzymywania wody w strefie aeracji. Udatność hodowli sadzonek zależy więc przede wszystkim od warunków wodnych, o których decydują opady atmosferyczne. Trudności z zapewnieniem odpowiedniej wilgotności gleby w strefie korzeniowej mogą być w przyszłości pogłębione zachodzącymi zmianami klimatycznymi, polegającymi m.in. na podwyższeniu średniej rocznej temperatury powietrza i zmniejszeniu wielkości opadów. Postępujące ocieplenie klimatu może zwiększać trudności z dostępem do źródeł wody, a także wywoływać intensywniejsze przesychnanie górnej warstwy gleby oraz wysoką transpirację itp. Tunele foliowe i szklarnie charakteryzują się intensywnym przesychnaniem substratu, przez co wymagają częstego nawadniania powodującego szybkie wymywanie związków mineralnych i wyjałowienie podłoża.

Jednym ze sposobów rozwiązania tych problemów może być zastosowanie hydrożeli polimerowych (superabsorbentów) jako dodatku do gleby. Zdolność absorpcji wody przez hydrożele ogranicza skutki niedoboru wody poprzez efektywniejsze wykorzystanie zarówno wód opadowych, jak i dawek deszczownianych. Gleba wzbogacona dodatkiem hydrożelu cechuje się również mniejszym tempem przesychnania, co ogranicza ubytek wody dostępnej dla roślin nie tylko w warunkach krótkotrwałego deficytu wody, np.: między kolejnymi nawodnieniami, ale także w czasie długotrwałej suszy na powierzchniach nienawadnianych.

Według deklaracji producentów oraz danych literatury hydrożele są trwałe i aktywne w glebie przez co najmniej 5–10 lat. Na dużych powierzchniach można je dawkować za pomocą rozrzutników do nawozów lub siewników do siewu pełnego, korzystając z podanych w instrukcji obsługi ustawień fabrycznych (przy braku instrukcji obsługi należy wykonać próby kręcone). Przy małych powierzchniach lub w tunelach foliowych i szklarniach hydrożel można dozować ręcznie, dla większej precyzji dzieląc całą powierzchnię, np. na kwadraty o wymiarach 1×1m.

Do wzbogacania gleb piaszczystych w warunkach otwartej przestrzeni szkółki leśnej zaleca się dawki około 2–4 g/dm³ (gram hydrożelu na litr gleby). Natomiast do wzbogacania podłoża torfowych stosowanych w tunelach foliowych i szklarniach zaleca się stosowanie dodatków hydrożelu w dawce około 2 g/dm³.

Do wprowadzania hydrożelu w głąb profilu glebowego można wykorzystać brony talerzowe i kultywatory. Jednak dopiero trzykrotne wymieszanie hydrożelu z glebą za pomocą glebogryzarki gwarantuje w miarę równomierny jego rozkład w profilu glebowym. Hydrożel pozostawiony na powierzchni gleby lub nierównomiernie zmieszany z podłożem może pogorszyć warunki wzrostu materiału sadzeniowego. Należy pamiętać, że nadmiar polimeru w podłożu jest nie tylko mało efektywny, ale również ekonomicznie nieuzasadniony, a w niektórych wypadkach nawet szkodliwy. Superabsorbenty aktywnie pochłaniają nie tylko wodę, ale i sole mineralne, przeciwdziałając równocześnie ich wymywaniu z podłoża, co przy wysokim nawożeniu, obfitym nawadnianiu i dużych dawkach hydrożeli może niekorzystnie wpływać na wzrost i jakość roślin. Zbyt duża koncentracja soli rozpuszczalnych ogranicza dostępność wody dla roślin, co jest skutkiem wysokiego potencjału osmotycznego wody glebowej. Im większy potencjał osmotyczny, tym trudniej woda przenika do komórek, a przy nadmiernym potencjale roślina zamiera, co



Ryc. 47. Przerośnięte przez system korzeniowy kłębki hydrożeli

zaobserwowano na glebach zasadowych i polach irygacyjnych [Gardiner i Sun, 2002]. Zalecane dawki superabsorbenta nie ograniczają przepływu wody do głębszych warstw gleby, a nawet istotnie zwiększają uwilgotnienie gleby poniżej warstwy, do której są wprowadzone.

Gleba wzbogacona polimerem dobrze przylega do korzeni. Przyczepność cząsteczek (ryc. 47) żelu powoduje znacznie lepsze utrzymanie się bryły korzeniowej na roślinie – jest zwarta, przerośnięta. Zapobiega to wysychaniu i uszkodzeniu systemu korzeniowego przy transporcie i umożliwia bezstresowe przyjmowanie się roślin po wysadzeniu na stałe miejsce [Nieradko-Świstowska, 1998].

Hydrożele w przechowywaniu i transporcie materiału sadzeniowego

Hydrożele mogą być stosowane w transporcie sadzonek z odkrytym systemem korzeniowym na większe odległości lub do dłuższego ich przechowywania w chłodniach, wiatach szkółkarskich i dołach pod okapem drzew. Korzenie zanurza się w zawieszynie żelowej lub obsypuje system korzeniowy substratem torfowym, wymieszanym z hydrożelem, co skutecznie zabezpiecza je przed przesuszeniem.

Przechowywanie długoterminowe

- **Chłodnie.** Hydrożel dzięki właściwościom pochłaniania i magazynowania wody jest swoistym buforem chroniącym przed krótkoterminowymi wahaniami temperatury i wilgotności powietrza, związanymi np. z awarią lub brakiem prądu. Są to jednak rozważania teoretyczne, gdyż do tej pory nie wykonano badań potwierdzających pozytywny wpływ dodatku hydrożelu na przechowywanie sadzonek w warunkach chłodni.
- **Dołowanie pod okapem drzew** (przy szkółkach i powierzchniach zalesianych lub odnawianych). Wierzchnią warstwę gleby w dole należy wymieszać, np. grabiami, z superabsorbentem w ilości około 4–6 g/dm³. Zabieg ten najlepiej wykonać na 2–3 tygodnie przed planowanym terminem dołowania, by hydrożel mógł zaabsorbować wodę opadową. Bardzo ważna jest dokładność wymieszania hydrożelu z podłożem, gdyż pozostawiony na powierzchni gleby lub nierównomiernie rozmieszany z podłożem nie wykazuje skutecznego działania. Hydrożel należy stosować w formie suchej, gdyż w kontakcie z wodą pęcznieje, co uniemożliwia dokładne wymieszanie z glebą. Sadzonki w dole układa się niezbyt grubymi warstwa-

mi, ukośnie, oddzielając poszczególne warstwy glebą wymieszaną z hydrożelem. Każdą warstwę gleby trzeba silnie docisnąć do systemów korzeniowych i koniecznie nawodnić, jeżeli wcześniej nie została naturalnie nasyciona przez deszcz.

- **Uwaga dodatkowa.** Glebę przygotowaną według powyższych zaleceń można później wykorzystać do obsypywania sadzonek w trakcie sadzenia.

Wiata szkółkarska (szopy lub piwnice)

Do przechowywania najlepiej nadają się sadzonki z zażelowanym systemem korzeniowym. Korzenie (pojedynczo lub w pęczkach) należy kilkakrotnie zanurzyć w wodnym roztworze hydrożelu tak, aby pokryły się od 1,5 do 2,5 mm warstwą preparatu.

- **Przygotowanie preparatu.** Do naczynia (np. wiadra) wlać 10 litrów wody i stale mieszając (w celu uniknięcia zbrylenia) wsypać około 50 g hydroże-



Ryc. 48. System korzeniowy pokryty uwodnionym hydrożelem

lu (najlepiej w formie pylistej, granulacja do 0,8 mm). Gęstość preparatu powinna przypominać konsystencję śmietany lub rzadkiego kisielu. Po kilkunastu minutach w uzyskanym preparacie trzeba zanurzyć nagie korzenie rośliny (ryc. 48). Jeżeli okaże się, że na korzeniach pozostaje zbyt gruba warstwa, żel należy rozcieńczyć do pożądanej gęstości. Jeżeli żel jest zbyt rozcieńczony, do roztworu trzeba dodać suchy preparat. Tak przygotowane pęczki sadzonek najlepiej układać w niewielkie przyzmy, korzeniami do środka i od góry przykryć folią perforowaną lub jutą, która zabezpiecza przed nadmiernym przesuszaniem, a jednocześnie zapewnia niezbędną wymianę gazową. Co 2–3 tygodnie należy sprawdzać, czy korzenie nie uległy przesuszeniu i ewentualnie delikatnie je zwilżyć tak, by nie splukać hydrożelu.

Przechowywanie krótkoterminowe i transport

W przechowywaniu krótkoterminowym i transporcie sadzonki można zabezpieczyć na dwa sposoby:

- **Zabezpieczenie korzeni poprzez żelowanie.** Korzenie w żelu najlepiej moczyć bezpośrednio po wykopaniu roślin. Korzenie wyjętych sadzonek można moczyć pojedynczo lub zebrać w pęczki i zanurzyć w wodnej zawieszynie hydrożelu, a następnie umieścić w workach foliowych lub owinać folią. Tak zabezpieczone sadzonki najlepiej przechowywać krótkoterminowo, przewozić i wysadzać bezpośrednio na uprawie. Sposób przygotowania preparatu został omówiony przy długoterminowym przechowywaniu sadzonek w wiatach szkółkarskich. Według danych literatury, z jednego kilograma hydrożelu możemy sporządzić około 200 litrów preparatu, który wystarczy do zażelowania jednorocznych sadzonek: 3600 sosny, 3400 brzozy, 1400 dębu i 1800 sadzonek głogu. Dla innych gatunków wydajność kształtuje się zależnie od wielkości systemu korzeniowego.

Uwaga dodatkowa: W trakcie żelowania sadzonek z odkrytym systemem korzeniowym można je poddać mikoryzacji poprzez dodanie do wodnej zawiesziny hydrożelu grzybów mikoryzowych.

- **Zabezpieczanie korzeni substratem z dodatkiem hydrożelu.** Substrat należy wymieszać z hydrożelem w ilości około 2–4 g/dm³ i następnie nawodnić, żeby zawarty w nim superabsorbent zmagazynował maksymalną ilość wody. Wyjęty materiał sadzeniowy należy zapakować do pojemników (balotów, skrzynek, pudeł tekturowych) wyłożonych wilgotnym substratem tak, aby systemy korzeniowe stykały się z substratem. Sadzonki układa się warstwami, a korzenie przesypuje wilgotną mieszaniną substratu i hydrożelu. Biorąc pod uwagę aktualny stan wiedzy nie można jednoznacznie określić dawek hydrożeli, jakie powinny być stosowane w uprawie i prze-

chowania roślin. Zależy to od rodzaju hydrożelu, właściwości fizycznych podłoża oraz wymagań określonych gatunków roślin. Podane wartości dodatku hydrożelu zostały opracowane na podstawie doświadczeń autora oraz danych literatury.

Inne możliwości zastosowania hydrożeli

- **Nośniki nawozów.** Do wyprodukowania sadzonek o wysokiej jakości, zdolnych do przeżycia po przesadzeniu, niezbędne jest zapewnienie roślinom odpowiedniej ilości soli mineralnych. W tym celu nawozy, np.: azotan amonowy, azotan potasu i siarczan amonu można dodać bezpośrednio do gleby lub „wbudować” w przekaźniki polimerowe (hydrożele nawozowe), co jest efektywniejsze ze względów ekonomicznych, bo zmniejsza ilość stosowanych nawozów i chroni przed utratą składników odżywczych z gleby [Saraydin i in., 1998 i 2000]. Polimery po nawodnieniu powoli, stopniowo uwalniają substancje odżywcze na drodze dyfuzji i różnicy gradientów stężeń pomiędzy polimerem i glebą. Sole mineralne dostarczone roślinom pozytywnie wpływają na ich wzrost i rozwój, np. poprzez zwiększenie wzrostu pędów i korzeni, regulację podstawowych procesów fizjologicznych, takich jak: asymilacja CO₂, respiracja oraz synteza cukrów, białek i kwasów nukleinowych [Jacobs i in., 2005]. Efektywność działania polimerów i polimerów nawozowych jest ściśle związana z gatunkiem rośliny oraz rodzajem podłoża, co podane jest jako wynik badań [Benedycka i in., 1998]. Hydrożele nawozowe charakteryzują się mniejszą zdolnością absorpcji wody, która zmienia się w zależności od składu chemicznego pochłanianego roztworu oraz zawartości w nim elektrolitów i związków chemicznych, zdolnych do reakcji z grupami funkcyjnymi [Bereś i Kaładkowska, 1992; Hetman i in., 1998; Isikver i in., 2001; Mohan i in., 2005]. Im wyższe zasolenie roztworu, tym mniejsza chłonność hydrożelu [Salem i in., 1995; Omidian i in., 1999]. Jednym ze sposobów zwiększenia absorpcji wody jest dodanie kwasu do środowiska zewnętrznego lub wbudowanie polisacharydów oraz substancji nieorganicznych (kaolin, bentonit, silikon) w łańcuchy polimerowe [Yoshimura i in., 2005a; Zhang i in., 2005].
- **Nośniki szczepionek mikoryzowych.** Dodatek hydrożelu do wodnej zawiesiny grzybów mikoryzowych pozwala zapobiegać jej szybkiemu spływaniu i umożliwia dłuższy bezpośredni kontakt grzyba z systemem korzeniowym. Wodny roztwór hydrożelu przygotowuje się tak, jak ten do przechowywania w wiatach i transporcie sadzonek z odkrytym systemem korzeniowym. W końcowej fazie do uwodnionego hydrożelu dodaje się strzępki żywej grzybni – działanie natychmiastowe lub postać zarodniko-

wą grzybów – działanie opóźnione (kiełkowanie zarodników i rozwój grzybni). W tak przygotowanym biopreparacie moczy się przed wysadzeniem korzenie sadzonek. Można go również podawać poprzez iniekcję doglebową bezpośrednio w strefę systemów korzeniowych sadzonek na uprawach i odnowieniach, np. za pomocą lanc doglebowych.

- **Otoczkowanie i kondycjonowanie nasion.** Zastosowanie polimerów umożliwia utrzymanie wysokiego potencjału wodnego wokół kiełkujących nasion, dzięki czemu wilgotność nie spada poniżej poziomu krytycznego dla kiełkowania. Hydrożel zmniejsza ponadto parowanie z powierzchni nasion. Pozytywny wpływ otoczkowania potwierdzają wyniki badań kiełkowania nasion sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) zaprawianych hydrożelem [Pamuk, 2004] oraz nasion roślin ozdobnych zaprawianych superabsorbentem [Hetman i in., 1996].

Zmniejszanie stresu roślin wywołanego nadmiernym zasoleniem gleby

Korzystny wpływ hydrożelu na wzrost i rozwój roślin potwierdzają badania nad wpływem dodatku polimerów na wzrost i rozwój topoli *Populus euphratica* w warunkach silnego zasolenia gleby [Chen i in., 2004]. Wzbogacenie podłoża w hydrożel istotnie poprawiło wzrost sadzonek, 3,5-krotnie zwiększyło długość korzeni i ich powierzchnię w stosunku do grupy kontrolnej bez dodatku hydrożelu. Podobnie, dzięki dodatkowi superabsorbentu, zwiększyła się sucha masa krzewów i liczba liści młodych sadzonek *Deutzia* i *Ligustrum* [Winkelmann i Kendle, 1996]. Jest to wynikiem zdolności polimerów do buforowania soli, a przez to poprawy jakości roztworu glebowego, dostępnego dla roślin, zwłaszcza stosunku $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^{+}$ i zwiększenia poboru jonów wapnia przez korzenie. Hydrożel umożliwia kontakt korzeni ze źródłem jonów wapnia (Ca^{2+}) i zmniejsza kontakt z jonami sodu (Na^{+}) i chloru (Cl^{-}), a to z kolei prawdopodobnie zwiększa tolerancję roślin na zasolenie [Chen i in., 2004].

Hydrożele i ich wpływ na środowisko

Polimery pochłaniają wodę i rozpuszczone w niej składniki, dzięki czemu zatrzymują i przedłużają czas działania nawozów, środków ochrony roślin, hormonów i innych dodatków stymulujących wzrost roślin. W trakcie kolejnych nawodnień są one stopniowo uwalniane, a rośliny mogą je pobierać

i efektywnie wykorzystywać w czasie wegetacji [Lentz i Sojka, 1994; Trout i in., 1995; Hetman, Martyn, 1996; Chatzoudis i Rigas, 1998; Saraydin i in., 1998; Brandsma i in., 1999; Orts i in., 2000; Saraydin i in., 2000; Sady i in., 2002]. Możliwości ograniczenia zmniejszenia migracji nawozów i środków ochrony roślin do wód podziemnych oraz spływających z powierzchni kwater są bardzo korzystne nie tylko z punktu widzenia ekonomicznego, ale również ochrony środowiska przyrodniczego [Hetman i in., 1998; Usupbekov i in., 1998].

Dobre rady:

Hydrożel jest substancją higroskopijną, która bardzo szybko chłonie wilgoć, dlatego wymaga odpowiednich warunków przechowywania (suche miejsce i szczelne opakowania). Dokładne dawkowanie wilgotnego hydrożelu jest bardzo utrudnione, a często wręcz niemożliwe.

Nie należy zwiększać zalecanych dawek hydrożelu, gdyż może to pogorszyć warunki wzrostu sadzonek. Hydrożel nie jest nawozem, raz dodany do gleby działa przez co najmniej kilka lat.

Powierzchnie „świeżo” wzbogacane dodatkiem hydrożelu należy silnie nawodnić przed wysiewem nasion.

Z punktu widzenia gospodarki wodnej gleby, najbardziej optymalne byłoby wprowadzanie hydrożelu do gleby w okresie jesiennym, przed wiosennym wysiewem nasion. Pozwala to na naturalne zagęszczenie gleby wymieszanej z hydrożelem, a w konsekwencji zmniejszenie nadmiernej porowatości podłoża i przesuszania gleby.

Przydatne linki: <http://www.terracottem.pl>,
<http://www.artagro.pl>, <http://www.agroidea.com.pl/>,
<http://www.aquagel.pl/>, <http://hydrozel.pl/>,
<http://www.hydrogel.pl/>, <http://www.polymertech.eu/>,
<http://www.terra-pl.eu/>

K

Kompostowanie



MARIA HAUKE

Kompostowanie jest naturalnym procesem stale przebiegającym w środowisku, związanym ściśle z rocznym cyklem życia przyrody – porami roku. Sam proces jest znany ludzkości od wieków. Etnografowie uważają, że ludzie pierwotni wyrzucali resztki żywności na sterty w pobliżu ich obozów, gdzie śmieci gniły i były wspaiałym środowiskiem dla kiełkujących nasion roślin jadalnych. Prawdopodobnie wtedy rozpoczęto lokalizację stert śmieci w miejscach uprawy roślin i tam wysiewano nasiona. Słowo „compostum” wywodzi się ze średniowiecza. Z jego użyciem spotykamy się w dokumencie opisującym pewną winnicę w Bryzgavii (miejscowość w Niemczech, płd. część Badenii). Otóż na jej terenie było takie miejsce, gdzie układano warstwowo ziemię, słomę, trawę i liście. Właśnie ową mieszanekę nazywano „compostum” [Seitz, 1994]. Istota kompostowania wywodzi się od naturalnej zasady zamkniętego obiegu materii w środowisku naturalnym. Jest to proces ciągły i polega na rozkładzie substancji złożonej z resztek roślinnych i zwierzęcych, poddanych procesom biochemicznym i działaniu organizmów glebowych. Materia organiczna zostaje rozłożona w odpowiednich warunkach temperatury i wilgotności, przy dostępie powietrza, a otrzymany kompost jest najtańszym, najłatwiej dostępnym oraz odpowiednim dla wszystkich uprawianych roślin nawozem organicznym.

Wytworzony w procesie kompostowania humus charakteryzuje się znaczącą zawartością azotu, potasu, fosforu i wapnia. Jest on doskonałym nawozem dla roślin, a jego zawartość w glebie najlepiej świadczy o żyzności gleby. Dojrzały kompost można stosować bez żadnych obaw i ograniczeń ilościowych

do uzupełniania masy organicznej na kwaterze w szkółce. Zaopatrzenie gleby szkółki leśnej w próchnicę jest jednym z podstawowych warunków gwarantujących efektywną produkcję szkółkarską. Wszechstronna rola próchnicy jest podstawą zaleceń, aby zawartość materii organicznej gleb szkółek leśnych mieściła się w przedziale 3–8% (wg innych źródeł 2,5–4,0%), w zależności od frakcji, z jakich zbudowana jest gleba.

Proces kompostowania

Proces kompostowania jest zależny od właściwych warunków środowiskowych, występujących w pryzmie kompostowej. Dynamika zmian temperatury w kompostowanej masie jest najszybszym wskaźnikiem biochemicznych przemian substancji organicznej. Na skutek szybkiego rozkładu i mineralizacji związków organicznych, w początkowej fazie kompostowania wyzwalają się duże ilości energii cieplnej, w wyniku czego materiał kompostowany zagrzewa się niezależnie od warunków zewnętrznych. Jeżeli w pryzmie są warunki do rozwoju mikroflory, wysoka temperatura utrzymuje się przez kilka tygodni, po czym stopniowo spada do temperatury otoczenia. Fauna w kompoście potrzebuje powietrza, wody i żywności. Jeśli w pryzmach kompostowych znajdują się te składniki, jest przerabiana dość szybko, dlatego podczas przygotowywania należy mieć na uwadze następujące czynniki:

- **Powietrze.** Brak tlenu powoduje gnicie zgromadzonej substancji w pryzmie. Z tego powodu ważnym czynnikiem wpływającym na przebieg procesu jest napowietrzanie. Powinno być wykonane w okresie spadku temperatury, który następuje w zależności od zastosowanych substratów i ich rozdrobnienia po około 2–6 tygodniach kompostowania. Trudne warunki atmosferyczne, zwłaszcza intensywne opady oraz wysoka wilgotność początkowa substratów mogą powodować osiadanie pryzmy, a tym samym zmniejszenie ilości tlenu. Przełożenie (przerzucenie) pryzmy powoduje samoczynne napowietrzenie masy kompostowej oraz tworzy warunki do samoczynnej wymiany powietrza między rozluźnioną strukturą pryzmy i atmosferą. Mechaniczne przerzucanie dodatkowo powoduje przeniesienie szczepów bakterii i grzybów, które gromadzą się w większych ilościach w wierzchnich warstwach pryzmy. Dodatek słomy powoduje, że pryzma zachowuje dłużej porowatą strukturę, a tym samym większe ilości tlenu we wnętrzu pryzmy kompostowej. Minimalna zawartość tlenu w pryzmie powinna wynosić 5%.

Ilość powietrza w pryzmie można oznaczyć za pomocą specjalnie przystosowanego miernika tlenu (ryc. 49). Jeśli nie dysponujemy miernikiem, możemy wykonać pomiar przygotowując go „domowym” sposobem. Z ru-



Ryc. 49. Mierniki tlenu w pryzmie kompostowej. Z prawej strony miernik „domowej” produkcji

ry PCV o średnicy 10 cm wyciąć pojemnik o wysokości 22 cm i założyć zamknięcie, które będzie dnem pojemnika. Na wysokości 20 cm piłką wyciąć otwory tak, by w pojemniku mieściło się 2000 cm³ wody (2 litry). Następnie wiertarką wywiercić w dnie pojemnika 4 otwory o średnicy 8 mm, tak by można je było zatkać palcami dłoni (ryc. 49). Pojemnik pomiarowy napełnić do wysokości 20 cm kompostem pobranym z wnętrza pryzmy, zwracając uwagę na to, aby zbytnio nie zniszczyć struktury substratu. Następnie delikatnie zanurzyć pojemnik pomiarowy w wiadrze z wodą tak, by powierzchnia wody znajdowała się kilka milimetrów poniżej powierzchni kompostu w pojemniku, a substrat w nim nie pływał. Następnie wyciągnąć pionowo pojemnik i odczekać, aż odcieknie woda. Czynność tę powtórzyć trzy razy. Po trzecim odcieknięciu uzupełnić kompost do wysokości pojemnika lub usunąć nadmiar kompostu. Zanurzyć ponownie pojemnik z kompostem na kilka godzin tak, żeby poziom kompostu i wody w wiadrze był taki sam. Po upewnieniu się, że kompost w naczyniu pomiarowym namoczył się aż do górnej powierzchni, wsunąć palce do wody pod pojemnik i zamknąć otwory w dnie. Wyjąć ostrożnie pojemnik i cały czas, zamykając otwory, pozwolić obcieknąć wodzie z rąk i ścian zewnętrznych pojemnika. Ustawić pojemnik na podstawie (mogą być cegły) w innym wia-

drze i pozwolić na swobodne odciekanie wody z kompostu. Wiadro przykryć folią, co zabezpieczy przed parowaniem wody. Po zakończeniu odciekania wody wyjąć pojemnik i zmierzyć pojemność wody, która odciekła z pojemnika (można ją zważyć, pamiętając, że 1 ml wody waży 1 g). Objętość powietrza, jaka weszła do kompostu, jest taka sama jak objętość wody, która z niego wyciekła, co obliczamy ze wzoru:

$$\text{pojemność powietrzna} = \text{objętość odcieku} / \text{objętość pojemnika} \cdot 100\%$$

Aby oznaczenie pojemności było poprawne, trzeba je powtórzyć minimum 4 razy dla jednej pryzmy i obliczyć średnią. Korzystnie jest przygotować cztery zestawy i pomiary wykonywać jednocześnie dla danej pryzmy kompostowej.

Dobre rady:

Zwrócić uwagę na stopień rozdrobnienia poszczególnych składników. Częstym błędem jest zbytne rozdrobnienie masy organicznej, które negatywnie wpływa na zawartość tlenu w pryzmie kompostowej.

- **Woda.** Optymalna jej zawartość w masie kompostowej powinna wynosić od 50 do 60% pełnej pojemności polowej [Epstein, 1997]. Wilgotność jest czynnikiem limitującym intensywność przemian biochemicznych, czego wynikiem jest utrzymująca się na odpowiednim poziomie temperatura. Nadmierna zawartość wody utrudnia wzrost temperatury do wartości optymalnej. Jeśli wilgotność wynosi 40–45%, to cały proces biochemicznego rozkładu i humifikacji masy organicznej jest znacząco spowolniony z powodu braku odpowiedniego środowiska dla mikroorganizmów i zmniejszenia ich życiowej aktywności. Natomiast gdy wilgotność jest większa niż 65%, to składniki są rozmoczone, bardzo ciężkie i mają tendencję do zbijania się, co powoduje złe napowietrzanie wewnątrz pryzmy, spowalnia proces i wpływa na pojawienie się mikroorganizmów beztlenowych [Dach i Sęk, 1999]. Przy wilgotności poniżej 20% kompostowanie praktycznie nie przebiega [Bilitewski i in., 1994].

Korzystnie na proces kompostowania wpływają maty ochronne, przeznaczone do zastosowania w kompostowniach jako doskonale uzupełnienie procesu technologicznego. Zapewniają zachowanie właściwych parametrów wilgotności i temperatury oraz w znacznym stopniu przyspieszają przebieg procesu kompostowania. Zabezpieczają ponadto przed chwastami oraz ubytkiem składników mineralnych podczas przechowywania pryzmy [Wesoły i in., 2007].

- **Substancje pokarmowe.** Aby proces rozkładu przebiegał prawidłowo, w zgromadzonej masie organicznej powinien być odpowiedni ilościowy stosunek węgla do azotu. Za idealny uważa się stosunek C:N 25–30:1. Wraz ze wzrostem wartości wskaźnika C:N rośnie ilość powietrza niezbędna do prawidłowego przebiegu kompostowania [Sidełko, 2005]. Stosunek C:N może być uregulowany przez odpowiedni dobór składników masy kompostowej lub dodatek substancji bogatych w związki azotowe. Przygotowanie mieszanki kompostowej o określonym stosunku C:N nie jest łatwe, ponieważ w praktyce rzadko dysponujemy możliwością wykonania analiz pozwalających na dokładne oznaczenie zawartości azotu w poszczególnych komponentach. Stosunek C:N zależy nie tylko od gatunku i odmiany rośliny, lecz także od żywności gleby oraz intensywności nawożenia azotowego.

Przygotowanie przyzmy kompostowej

- **Surowce do przygotowania kompostu.** Komposty można przygotowywać ze wszystkich materiałów organicznych. Poszczególne składniki masy kompostowej powinny być rozdrobnione i dokładnie wymieszane podczas przygotowania przyzmy. Rozdrobnienie surowców, szczególnie zdrewniałych części roślin, jest konieczne ze względu na:
 - zwiększenie podatności na rozkład mikrobiologiczny,
 - wymieszanie (zintegrowanie) składników masy kompostowej o odmiennych właściwościach,
 - zwiększenia i uśrednienia dostępności powietrza atmosferycznego do wszystkich miejsc kompostowanej masy.
- **Trociny, zrębki drzewne, kora.** Są najcenniejszymi surowcami kompostowymi [Wróblewska, 1998]. Zawierają bardzo małą ilość azotu i dużą ilość węgla w formie ligniny. Biodegradacja ligniny wymaga znacznie dłuższego czasu niż celuloza i hemiceluloza, które przeważają w miękkim i soczystym materiale roślinnym. Lignina jest głównym surowcem próchnicotwórczym, ponieważ zawiera części składowe kwasów humusowych. Dodatek ligniny jest korzystny, jeśli dodamy do niego komponenty charakteryzujące się dużą zawartością azotu. Zrębki drzewne dostarczają masy, a przy ich odpowiedniej wielkości (rozdrobnieniu) wewnątrz przyzmy tworzą się wolne przestrzenie, które ułatwiają wymianę gazową podczas procesu. Surowiec pochodzący z drzew liściastych jest szybciej rozkładany niż z iglastych. Odpowiednie rozdrobnienie materiału powoduje, że proces rozkładu następuje szybciej, ponieważ zwiększa się powierzchnia, na którą działają drobnoustroje. Pożądane jest także, żeby rozdrobnienie drzewnych i zdrewniałych części roślin polegało nie tylko na ich pocięciu,

ale również zmiążdżeniu i poszarpaniu, co zwiększa wydajność powierzchni mikrobiologicznej aktywności. Równomierniejsze jest też natlenienie i nawilgocenie całego stosu [Gołębiowska, 1986]. Najlepsze są zrębki, np. przygotowane rębakami bębnowymi z odpadów pozrębowych, długości około 10 cm. Niestety, w kraju dysponujemy najczęściej rębakami tarczowymi, które nie rozdrabniają na części włókniste, najlepiej nadające się do kompostowania.

- **Słoma.** Sucha jest dobrym materiałem pomagającym utrzymać odpowiednią ilość powietrza w masie kompostowej, ponieważ tworzy dużą liczbę korytarzy dla powietrza w pryzmie kompostowej. Mokra słoma rozkłada się wolniej. Zawiera dużo suchej masy i węgla, jednak zbyt mało azotu, dlatego zdecydowanie wymaga jego dodatku, by przyspieszyć proces. Doświadczenia przeprowadzone w Katedrze Hodowli Lasu Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu z najtańszą i łatwą do zdobycia w dużej ilości słomą rzepekową, wskazują na jej przydatność do kompostów.
- **Pomiot (zwłaszcza kurzy), obornik, gnojówka.** Zawierają dużą ilość azotu. Świeży materiał dodany do masy kompostowej powoduje szybkie jej nagrzanie, co przyspiesza rozkład trocin czy zrębków drzewnych [Kuczewski i Łomotowski, 2002]. Najlepiej stosować stosunkowo łatwy do zdobycia „kurzeniec” pozyskiwany z ferm drobiarskich. Gnojówka ma bardzo korzystny stosunek C:N, ale wykorzystanie jej jest utrudnione ze względu na możliwość przesiąkania z przyzmy do gleby. Podstawową trudnością jest przygotowanie miejsca kompostowania z drenażem zbierającym odcieki do studzienek.
- **Masa roślinna:**
 - resztki roślinne (zdrowe, nieporażone przez choroby), chwasty (usunięte najpóźniej w fazie kwitnienia, bez nasion);
 - liście opadłe (świeże mają tendencję tworzenia zbitej warstwy, co wyklucza dostęp powietrza. Liście jesionu oraz topoli wykorzystane w kompostcie mogą powodować wzrost pH gleby. Materiał ten charakteryzuje się zawartością prostych węglowodanów rozkładanych w początkowej fazie procesu, które są czynnikiem energetycznym inicjującym powstanie warunków termofilnych. Brak zielonej masy znacznie wydłuża pierwszy etap kompostowania.

Złożenie przyzmy z dużej liczby surowców wyjściowych pozwala na zwiększenie zawartości tlenu w pryzmie.

Surowce, których nie powinno się kompostować

- **Rośliny porażone chorobami.** Wiele organizmów chorobotwórczych podczas procesu kompostowania jest niszczone w wysokiej temperaturze, ale

nigdy nie ma pewności, że cały materiał jest w pełni rozłożony, a tym samym pozostaje niepewność, czy nie zainfekujemy szkółki.

- **Chwasty: perz, skrzyp polny, babka zwyczajna, mietlica rozłogowa**, itd., mogą się rozmnożyć wegetatywnie przez korzenie i/lub łodygi w pryzmie kompostowej. Chwasty rozłogowe oraz z wykształconymi nasionami należy wysuszyć na słońcu i odłożyć na osobną pryzmę.
- **Drewno oraz trociny z drewna traktowanego chemicznymi preparatami do konserwacji**. Ponieważ są nasączone związkami chemicznymi, takimi jak arsenik, chrom i miedź.
- **Fekalia**. Bezpieczne ich kompostowanie wymaga wytworzenia wysokiej temperatury w pryzmie i utrzymania jej przez dłuższy czas, co jest trudne w przypadku kompostowania w warunkach szkółki.
- **Mięso, kości i resztki pokateringowe**. Tłuszcze zawarte w żywności spalniają cały proces, ponieważ do rozkładu wykorzystują tlen. Przepisy Unii Europejskiej (1774/2002) zabraniają kompostowania surowego mięsa i ryb.

Zestawienie substratów wyjściowych w pryzmie kompostowej

Orientacyjne możliwości doboru składników masy kompostowej, zapewniające optymalny stosunek C:N, przedstawione są w tabeli 15. Sposób wykorzystania danych zawartych w tabeli przedstawiono na poniższym przykładzie. Do dyspozycji mamy 1 m³ kory. Charakteryzuje się ona zbyt wysokim stosunkiem C:N. Aby obniżyć stosunek C:N, możemy dodać do niej 4 m³ torfu niskiego, albo – jeśli wykorzystujemy 2 lub więcej składników – to wartości odczytane z tabeli dla poszczególnych komponentów dzielimy przez ich liczbę. Na przykład: wykorzystując 2 komponenty, odczytane wartości dzielimy przez 2, tzn. do 1 m³ kory dodajemy 3 m³ słomy roślin strączkowych i 6 m³ obornika z fermi drobiu.

Przykładowa pryzma kompostowa, charakteryzująca się C:N = 25, składa się z następujących materiałów: kora – 5 m³, słoma roślin strączkowych – 30 m³, torf wysoki – 10 m³, zielona masa – 3,75 m³, trociny świeże – 10 m³, przegniły obornik – 215,9 m³, obornik z fermi drobiu – 475 m³. Utrzymanie odpowiedniego odczynu w masie kompostowej na poziomie 6,0–7,5 pH zapewnia właściwe warunki do rozwoju fauny i chroni przed znacznymi stratami azotu oraz suchej masy.

Po zebraniu materiałów zapewniających odpowiedni stosunek C:N, należy je zgromadzić w pobliżu miejsca budowy pryzmy kompostowej. Pryzmę układa się bezpośrednio na ziemi, na przepuszczalnym podłożu. Optymal-

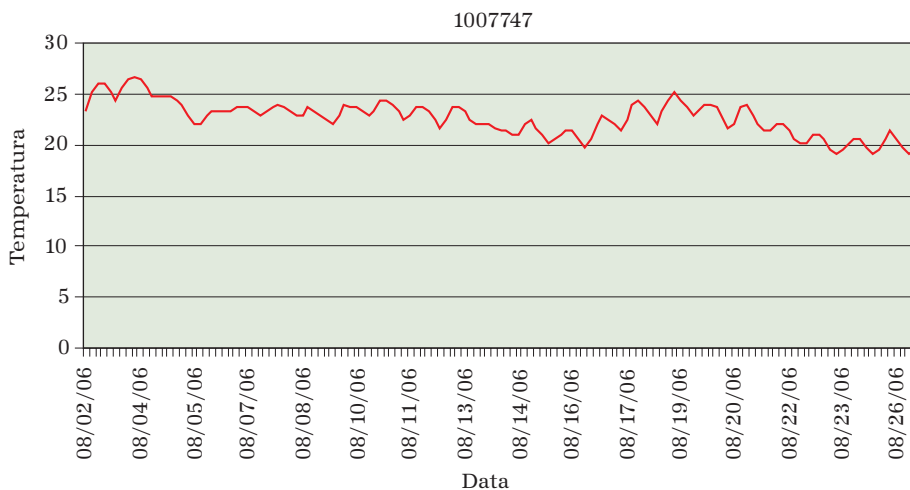
Tabela 15.

Przykładowa lista możliwości doboru składników masy kompostowej, zapewniające stosunek C:N na poziomie 25:1

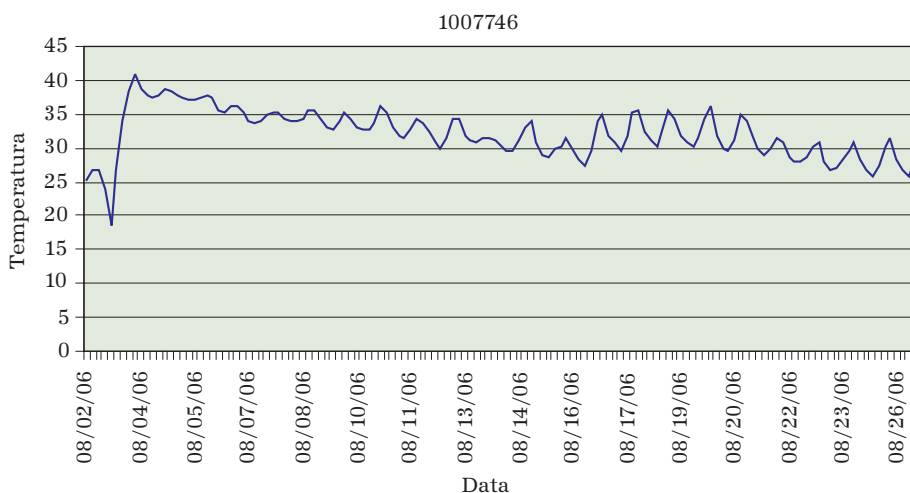
| Komponent (w m ³ na 1 m ³ substratu) | Gnojówka 2,5:1 | Próchnica, torf niski 10:1 | Ścięta trawa (z trawnika) 12:1 | Przegniły obornik 14:1 | Słoma roślin strączkowych 15:1 | Zielona masa 17:1 | Obornik z fermi drobiu 20:1 |
|--|----------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------|--------------------------------|-------------------|-----------------------------|
| Kora 85:1 | 2,66 | 4,00 | 4,61 | 5,45 | 6,0 | 7,500 | 12,0 |
| Liście buraczane (w fazie dojrzałości technicznej) 27:1 | 0,08 | 0,13 | 0,15 | 0,18 | 0,2 | 0,250 | 0,4 |
| Słoma kukurydzy (dojrzałej) 35-45:1 | 0,22 | 0,33 | 0,38 | 0,45 | 0,5 | 0,625 | 1,0 |
| Słoma pszeniczna 128:1 | 4,57 | 6,86 | 7,92 | 9,16 | 10,3 | 12,870 | 20,6 |
| Słoma rzepakowa 90:1 | 2,88 | 4,30 | 5,00 | 5,90 | 6,5 | 8,120 | 13,0 |
| Słoma żytnia 65:1 | 1,77 | 2,66 | 3,07 | 3,63 | 4,0 | 5,000 | 8,0 |
| Ściółka iglasta 30:1 | 0,22 | 0,13 | 0,18 | 0,45 | 0,5 | 0,625 | 1,0 |
| Ściółka liściasta 50:1 | 1,11 | 1,66 | 1,92 | 2,27 | 2,5 | 3,125 | 5,0 |
| Torf wysoki 30:1 | 0,22 | 0,13 | 0,18 | 0,45 | 0,5 | 0,625 | 1,0 |
| Trawy z łąk 25-30:1 | 0,22 | 0,13 | 0,18 | 0,45 | 0,5 | 0,625 | 1,0 |
| Trociny stare (ciemnobrązowe) 150:1 | 5,55 | 8,33 | 9,61 | 11,36 | 12,5 | 15,620 | 25,0 |
| Trociny świeże 500:1 | 21,11 | 31,66 | 36,53 | 43,18 | 47,5 | 59,370 | 95,0 |
| Zrębki 95:1 | 3,11 | 4,60 | 5,38 | 6,36 | 7,0 | 8,750 | 14,0 |

* W przypadku używania substratów, które nie są uwzględnione w tabeli, należy oddać próby do stacji gleboznawczej, w celu oznaczenia C:N.

ne wymiary pryzmy: szerokość u podstawy 2,5–3,0 m, wysokość 1,5 m, długość dowolna, ale nie mniejsza niż 1,5 m. W mniejszych pryzmach proces kompostowania jest zaburzony, ponieważ małe skupiska masy kompostowanej zwiększają swą temperaturę względem otoczenia, ale w stopniu nie warunkującym intensywnego procesu jej mineralizacji i humifikacji. Większe wymiary także nie są zalecane ze względu na osiadanie pryzmy, co skutkuje mniejszą ilością tlenu w jej wnętrzu. Komponenty należy układać luźno, aby do wnętrza mogło wnikać powietrze. Po ułożeniu pryzm korzystnie jest je okryć matami ochronnymi. Zapewniają one zachowanie właściwych parametrów wilgotności i temperatury, szczególnie w okresie zimowym oraz w znacznym stopniu przyspieszają proces (ryc. 50 i 51). Ponadto zapobiegają rozwojowi chwastów na powierzchni pryzm.



Ryc. 50. Przebieg temperatury w pryzmie bez maty okrywającej



Ryc. 51. Przebieg temperatury w pryzmie z matą okrywającą

Inokulacja

Celowość wprowadzenia preparatów bakteryjnych do kompostowej masy, łatwo podlegającej biodegradacji, jest sprawą dyskusyjną. Na ogół uważa się, że pryzma kompostowa zawiera dostateczną ilość mikroorganizmów do prawidłowego przebiegu kompostowania. W celu zintensyfikowania tego procesu, a zwłaszcza jego początkowych faz, w wypadku materiałów trudnych do biodegradacji niektórzy specjaliści proponują wzbogacić przerabiany ma-

teriał w mikroorganizmy poprzez zaszczepienie gotowym już kompostem lub przy użyciu przygotowanych szczepionek [Kargi i Ozmihi, 2002].

Proces rozkładu materii organicznej

Podczas kompostowania zachodzą dwa procesy biochemiczne:

- humifikacji, czyli synteza składników rozkładu w wielkocząsteczkowe substancje próchniczne;
- mineralizacji, czyli utlenienia substancji organicznej do dwutlenku węgla, wody, azotanów, siarczanów, fosforanów i innych składników, którym towarzyszą reakcje egzotermiczne, stąd proces samozagrzewania się pryzm (mineralizacja substancji organicznej występuje w całym okresie kompostowania, sukcesywnie zmniejsza się udział części organicznych, a zwiększa się ilość związków mineralnych – zależnie od podatności masy organicznej na mineralizację ubytek suchej masy wynosi 20–50%).

Proces rozkładu kompostu z właściwie dobranymi składnikami trwa około 8–10 tygodni. W wypadku stosowania zrębków przebiega on dłużej. Na jego początku następuje samozagrzewanie się pryzmy. Temperatura szybko się podnosi osiągając początkowo wartość około 35–40°C. W kolejnych dniach temperatura nadal wzrasta, nawet do 65–70°C. W tym czasie następuje powolny rozkład materii organicznej. Spadek temperatury lub brak jej wzrostu w pierwszych dniach procesu kompostowania, albo temperatura poniżej 40°C jest przejawem braku tlenu w pryzmie kompostowej. W tym wypadku pryzmę należy przerobić z dodatkiem substratów (np. słomy), przy zachowaniu odpowiedniego stosunku C:N, zapewniających porowatość we wnętrzu pryzmy. Przy przerabianiu należy szczególną uwagę zwrócić na to, by nie rozdrabniać składników pryzmy.

Wskaźniki dojrzałości kompostów

Wprowadzenie do gleby niedojrzałego kompostu powoduje, że drobno-ustroje rozkładające materię organiczną zaczynają czerpać azot z gleby, zmniejszając jego ilość dostępną dla roślin. W kompoście mało dojrzałym dominują składniki próchnicotwórcze, które dopiero po wprowadzeniu do gleby są przekształcane w próchnicę.

W pierwszej fazie kompostowania odczyn spada, a następnie, w czasie zachodzących procesów rośnie, by w fazie dojrzałości ustabilizować się na poziomie około 6 pH. Kwaśny odczyn pH wskazuje na krótki czas kompostowania

lub procesy beztlenowe w przyźmie. Na podstawie tych obserwacji stworzono test dojrzałości kompostu, przez badanie zmian pH w próbce przechowywanej w warunkach beztlenowych. Jeśli kompost po 24 godzinach przechowywania w temperaturze 55°C ma nadal odczyn zasadowy, to jest on dojrzały. Dojrzały kompost charakteryzuje się: dużą zawartością zhumifikowanej materii organicznej, brunatną lub czarną barwą i strukturą gruzelkową, a także spadkiem temperatury w przyźmie do poziomu otoczenia oraz obniżeniem stosunku C:N poniżej 19, oraz brakiem amoniaku i odczynem około 6 pH.

Podsumowanie

Wytworzony w procesie kompostowania humus charakteryzuje się znaczącą zawartością azotu, potasu, fosforu i wapnia. Jest on doskonałym nawozem organicznym dla roślin, a jego zawartość w glebie najlepiej świadczy o żyzności gleby. Dojrzały kompost można stosować bez żadnych obaw i ograniczeń ilościowych do nawożenia gleby. Podkreślając wartości kompostu jako nawozu organicznego, należy wymienić jego korzystne działanie rozluźniające na strukturę gleb ciężkich, wiązanie gleb lekkich i piaszczystych w szkółkach, a także powiększanie pojemności wodnej i cieplnej gleb. Gleba wzbogacana kompostami jest mniej podatna na erozję, a rośliny rosnące na takich glebach wykazują mniejsze potrzeby nawozowe.

Koszty produkcji szkółkarskiej



WIKTOR ILWICKI, STEFAN TARASIUŁ

Rodzaje kosztów

Każda działalność gospodarcza powoduje powstawanie kosztów. Ich znajomość jest niezbędna do obliczenia jednostkowych kosztów poszczególnych produktów. W produkcji szkółkarskiej koszty można podzielić w następujący sposób:

1. Koszty bezpośrednie:

- całej szkółki,
- pola siewnego.

2. Koszty pośrednie:

- ogólnogospodarcze,
- administracyjne,
- pozostałe.

1. Koszty bezpośrednie. Dotyczą nakładów ewidencjonowanych w toku produkcji:

- CAŁEJ SZKÓŁKI, jako ogólne, obejmują prace warunkujące trwałość i ciągłość produkcji szkółkarskiej. Do nich należy zaliczyć utrzymanie szkółki (w tym także infrastruktury, np. koszt amortyzacji środków trwałych oraz utrzymania maszyn i urządzeń), prowadzenie ugorów (czarnego i zielonego) oraz inne działania dotyczące całego obiektu.
- POLA SIEWNEGO to te, które związane są ze specyfiką technologii produkcji realizowanej na polu siewnym. Obejmują one: uprawę gleby, siew, koszt nasion, szkółkowanie, pielęgnowanie i wybieranie sadzonek. Przy czym koszt wybierania poszczególnych produktów jest uzależniony od ich liczby na polu siewnym.

2. Koszty pośrednie. Są ewidencjonowane poza zasadniczym planem produkcji i rozliczane w stosunku do kosztów bezpośrednich:

- OGÓLNOGOSPODARCZE dotyczą świadczeń na rzecz robotników: urlopów, nagród, a także wynagrodzeń za czas choroby oraz innych kosztów, które nie mogą być zakwalifikowane gdzie indziej, a które pokrywa pracodawca. W nadleśnictwie współczynnik narzutu kosztów ogólnogospodarczych oblicza się z ilorazu kosztów ogólnogospodarczych i wynagrodzeń zawartych w kosztach bezpośrednich. Suma kosztów bezpośrednich (wraz z rozliczeniem usług wewnętrznych) i narzutu kosztów ogólnogospodarczych stanowi koszt wytworzenia (KW).
- ADMINISTRACYJNE dotyczą wynagrodzeń pracowników administracji (w nadleśnictwie poza służbą leśną) i narzutów na wynagrodzenia (składki na ubezpieczenie społeczne pracodawcy), materiałów oraz usług biurowych i podatków. W Lasach Państwowych narzut kosztów administracyjnych jest rozliczany w stosunku do KW. Suma KW i narzutu kosztów administracyjnych jest kosztem sprzedaży (KS).
- POZOSTAŁE dotyczą wszelkich pozostałych wydatków ponoszonych pośrednio w związku z produkcją. W nadleśnictwie są nimi koszty służby leśnej (KL). Można je rozliczyć analogicznie jak koszty administracyjne w stosunku do KW. Suma KS i narzutu kosztów służby leśnej stanowi koszt produkcji (KP). Do pozostałych kosztów w nadleśnictwie powinno się także doliczyć podatek leśny dotyczący powierzchni szkółki. Podatek leśny od 1 ha za rok podatkowy wynosi równowartość pieniężną 0,220 m³ drewna, obliczoną według średniej ceny sprzedaży drewna uzyskanej przez nadleśnictwa za pierwsze trzy kwartały roku poprzedza-

jącego rok podatkowy. W 2007 roku za 1 ha szkółki (powierzchnia leśna związana z gospodarką leśną) podatek leśny wyniósł: $1 \text{ ha} \times 0,220 \text{ m}^3 \times 133,70 \text{ zł}/1\text{m}^3 = 29,41 \text{ zł}$. Podatek rolny (szkółki na gruncie nieleśnym) oblicza się na podstawie ceny 2,5 q żyta stosując indeks hektarów przeliczeniowych. Dla porównania, dla roli IVa (w III okręgu podatkowym) za 1 ha szkółki w 2007 roku podatek wynosił: $1 \text{ ha} \times 0,9 \times 80,00 \text{ zł}$ (cena 2,5 q żyta) = 72,00 zł.

Obowiązujący w Lasach Państwowych branżowy plant kont (BPK) do kosztów produkcji szkółkarskiej zalicza ponadto koszt zakupu sadzonek do zalesień i odnowień, który ewidencjonowany jest jako koszt bezpośredni.

Ewidencja zdarzeń gospodarczych

W systemie informatycznym Lasów Państwowych (SILP) szkółka leśna ma własny sposób adresowania. Adres zawiera numer szkółki i jest jednoznaczny w danym nadleśnictwie. Ma zastosowanie w module planu jako odpowiednik opisu taksacyjnego. Składa się z czterech dwucyfrowych kombinacji liczb przedstawionych w następujący sposób: (99)-(99)-(99)/(99). Pierwsza liczba (**99**) oznacza numer kolejnej szkółki (wszystkie szkółki w nadleśnictwie należy ponumerować). Druga liczba adresu (99)-(**99**) oznacza numer kwatery. W każdej szkółce można wyodrębnić do 99 kwatery. Trzecia i czwarta liczba adresu, występujące łącznie (99)-(99)-(**99**)/(**99**), oznaczają numer pola siewnego. Adres pola siewnego składa się z dwóch ostatnich cyfr roku i numeru pola. W kolejnym roku pola siewne każdej kwatery należy ponumerować. Podstawą planowania produkcji szkółkarskiej są prawidłowo założone pola siewne.

- **Pole siewne.** To czasowo wydzielony z kwatery obszar powierzchni produkcyjnej szkółki o jednolitym sposobie gospodarowania. Tworzone jest ono na okres uprawy jednego lub wielu gatunków. Kwatery na pola siewne użytkownik dzieli w zależności od potrzeb. Pole siewne nie może być zbyt małe, gdyż nadmiernie utrudniałoby to ewidencję prac przez rozbudowę ich planu. Powinno ono jednocześnie grupować gatunki o podobnej technologii produkcji, np. sosna różnych pochodzeń, czy też gatunki liściaste lekkonasienne (brzoza, olsza), wysiewane w podobny sposób i wymagające podobnych zabiegów pielęgnacyjnych. Pole siewne umożliwia przestrzenne umiejscowienie produkcji szkółkarskiej w SILP. Suma powierzchni pól siewnych powinna być równa powierzchni kwatery produkcyjnej. Jest to możliwe zawsze wtedy, kiedy przy adresowaniu pól siewnych będzie wpisywany dany rok gospodarczy jedynie tam, gdzie jest realizowany pełny roczny etap cyklu produkcyjnego. Pola siewne, które ugorowały i obsiewane są jesienią, powinny mieć w adresie następny rok

gospodarczy. Te pola siewne, na których wiosną jedynie wybiera się sadzonki, powinny mieć w adresie poprzedni rok gospodarczy.

- **Cykl produkcyjny.** Do ewidencji zdarzeń gospodarczych, prócz przestrzennego umieszczenia, konieczne jest także ich poprawne umiejscowienie w czasie. Dla jednoznacznego umiejscowienia zdarzeń gospodarczych w czasie należy posługiwać się w produkcji szkółkarskiej pojęciem „cykl produkcyjny” (suma zdarzeń gospodarczych realizowanych na polu siewnym w celu uzyskania sadzonek o określonych parametrach). Tak rozumiany cykl produkcyjny nie musi być realizowany na jednym polu siewnym (np. przy konieczności szkółkowania sadzonek). Zawsze jednak w procesie produkcji wystąpią „prace końcowe”, w zakresie których jest wybieranie sadzonek. Dla wyodrębnienia tego etapu prac proponuje się wprowadzenie pojęcia „cykl technologiczny” (suma zdarzeń gospodarczych realizowanych na jednym polu siewnym w okresie obejmującym prace od przygotowania gleby i siewu, albo szkółkowania do wybierania sadzonek – pełnej realizacji prac końcowych).

Roczne plany prac realizowane w gospodarstwie szkółkarskim obejmują okres od 1 stycznia do 31 grudnia danego roku. Planowanie i ewidencja prac szkółkarskich jest działaniem złożonym. Duża liczba zdarzeń i zmieniająca się sytuacja w przestrzeni szkółki powodują konieczność stosowania pewnych uogólnień w planowaniu i analizowaniu produkcji szkółkarskiej. Równocześnie toczy się wiele różnych cykli produkcyjnych, z których jedne się kończą, inne zaczynają, a jeszcze inne są w fazie pełnego rozwoju. Dzięki systemowi informatycznemu można je analizować równocześnie, bez względu na stopień ich zaawansowania, jako roczne etapy cyklu. Do wyodrębnienia interesujących zdarzeń do potrzeb analitycznych należy wprowadzić szczegółowe kody czynności.

Pierwszym etapem planowania produkcji szkółkarskiej jest projekt rozmieszczenia pól siewnych, które należy założyć w SILP (tabela 16). Na podstawie ich rozmieszczenia sporządza się graficzny plan prac (tabela 17), uwzględniając siewy jesienne na projektowanych ugorach (w adresie zakładanych pól siewnych wpisuje się rok następnego roku gospodarczego i przyjmuje symbole produkcyjne 1/0).

Po wstępnym zaplanowaniu prac, uwzględniając wiosenne wyjmowanie sadzonek, sporządza się wniosek gospodarczy, w którym każdemu adresowi pola siewnego przyporządkowuje się jedną pozycję planu prac. Pozycje planu prac w SILP są miejscem gromadzenia kosztów. Do ewidencji amortyzacji środków trwałych i kosztów ich eksploatacji w planie produkcji szkółkarskiej (SZKL) zakłada się pozycje z grupą czynności SL-UTRZYM, adresowane na numer inwentarzowy (I) tych środków. Wiosenne wybieranie sadzonek planuje się, stosując adresy pól siewnych z poprzedniego roku (grupa czynności SL-WYJM). Symbole produkcyjne produktów są identyczne

Tabela 16.

Projekt rozmieszczenia pól siewnych w gruntowej szkółce gospodarczej na powierzchni otwartej

| | | | | | | |
|---|---------------------------------------|---|---|---|--|---|
| d | 02-01-08/12 DB 2/0 → 3/0 (32 a) | d | 02-02-08/21 LP 2/0 → 3/0 (14 a) | d | 02-03-08/31 SO → 1/0 (46 a) | d |
| | | | 02-02-08/23 ugór zielony (75 a) | | | |
| | 02-01-08/11 SW → 1/2(28a) | | 02-02-08/22 ugór czarny (40 a) 02-02-09/22 DB - siew jesienny 2008 r. (40 a) | | 02-03-08/32 SW → 1/0 (10 a) MD → 1/0 (2 a) | |

d - drogi nawrotowe.

Tabela 17.

Graficzny plan prac w szkółce leśnej

| Kwarta (pow. w arach) | Wielolatki | | Szkółkowanie | | Siewy | | Ugory | |
|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------|----------------|--|------------------------|-------------------|-------------------|
| | nieszkół- kowane | szkółko- wane | wiosna 2008 | jesień 2007 | wiosna 2008 | jesień 2008 | czarny | zielony |
| I 60 | 02-01-08/12 DB 3/0 - 32 | 02-01-08/11 SW1/2 - 28 | | | | | | |
| II 129 | 02-02-08/21 LP 3/0 - 14 | | | | | 02-02-09/22 DB - 40 | 02-02-08/22 40 | 02-02-08/23 75 |
| III 58 | | | | | 02-03-08/31 SO - 1/0-46 02-03-08/32 SW 1/0 - 10 MD 1/0 - 2 | | | |
| Razem 247 | 46 | 28 | | | 58 | 40 | 40 | 75 |

z symbolami zamieszczonymi na polach siewnych (dla policzonych wyjętych produktów sporządza się wykazy odbiorcze i wprowadza do SILP jako produkty). Taki sposób planowania prac umożliwi jednakowe interpretowanie produkcji szkółkarskiej przez wszystkich leśniczych szkółkarzy i innych pracowników Lasów Państwowych, co znacznie uprości sporządzanie i kontrolę protokołów odbioru robót.

Koszt jednostkowy

Koszt jednostkowy produkcji szkółkarskiej jest ilorazem kosztów i liczby uzyskanych produktów, wyrażanym w zł/1 tys. szt. sadzonek. Przy jego wyliczaniu należy uwzględnić koszty całej szkółki i koszty pola siewnego. Kosz-

ty całej szkółki z każdego roku gospodarczego odnoszone są do powierzchni pól siewnych pod produkcją sadzonek (tych, które mają w adresie pola siewnego ten sam, co analizowany, rok gospodarczy i suma cyfr przy symbolu produkcyjnym sadzonek jest większa od zera). Koszty te przyjmuje się do obliczeń kosztów jednostkowych jako wartości wyrażone w zł/ar. Koszty pola siewnego ewidencjonowane są na polach siewnych. Dotyczą wszystkich produkowanych tam gatunków. Wśród zewidencjonowanych kosztów można wyodrębnić:

- specyficzne dla gatunku, odnoszone do powierzchni zajmowanej przez dany gatunek na polu siewnym (cena nasion);
- specyficzne dla gatunku, odnoszone do liczby produktów (koszt wybierania lub szkółkowania sadzonek);
- wspólne dla wszystkich produkowanych gatunków, odnoszone do powierzchni (koszt siewu i pielęgnowania).

Na tej podstawie przy obliczaniu kosztów produkcji poszczególnych gatunków tam, gdzie na polu siewnym występowało ich kilka, należy uwzględnić specyfikę kosztów. Koszty jednostkowe poszczególnych produktów są ilorazem sumy kosztów całej szkółki i pola siewnego (ze wszystkich lat cyklu produkcyjnego, przy uwzględnieniu wskaźnika inflacji) oraz liczby uzyskanych produktów (sadzonek objętych sprzedażą – zarówno wewnętrzną jak i zewnętrzną).

SILP umożliwia zewidencjonowanie częściowych kosztów rocznych etapów cyklu produkcyjnego, a także obliczenie rzeczywistego kosztu wytworzenia poszczególnych produktów. Zautomatyzowanie tych obliczeń jest jednak bardzo skomplikowane ze względu na rzeczywistą złożoność technologiczną procesu produkcyjnego (siew wiosenny lub jesienny, wiosenne lub letnie szkółkowanie, jesienne lub wiosenne wyjmowanie sadzonek). Do poprawnego wyliczenia jednostkowych kosztów wytworzenia niezbędna jest, prócz znajomości kosztów, znajomość liczby produktów. Rzeczywistą ich wartość uzyska się dopiero po wykonaniu prac końcowych (zazwyczaj w maju następnego roku). Znajomość kosztów jednostkowych poszczególnych produktów jest potrzebna do zaplanowania kosztów realizacji wiosennych prac odnowieniowych i zalesieniowych już w styczniu (możliwa weryfikacja planów finansowych nadleśnictw w zakresie kosztów odnowień i zalesień oraz spodziewanych przychodów ze sprzedaży sadzonek). Po zakończeniu roku gospodarczego znany jest zewidencjonowany koszt bezpośredni oraz koszty pośrednie produkcji szkółkarskiej. Nie zawsze jednak znane są koszty prac końcowych (te na ogół realizowane są wiosną następnego roku) oraz rzeczywista liczba produktów. W tej sytuacji właściwe jest obliczenie kosztu jednostkowego poszczególnych produktów metodą kosztu finalnego produktu danego roku. Podstawą do obliczeń jest wartość zewidencjonowanego rocznego kosztu produkcji szkółkarskiej (wytworzenia, sprzedaży lub produkcji)

oraz przewidywana liczba poszczególnych produktów (sadzonek dojrzałych – planowanych do zalesień, odnowień i sprzedaży, a także tych, które zakończyły cykl produkcyjny).

W produkcji szkółkarskiej na podobnym poziomie w kolejnych latach, na polach siewnych wiosną pozostaje do dalszej produkcji podobna liczba sadzonek. Średnio rocznie uzyskuje się także zbliżoną liczbę produktów. Koszt uzyskania sadzonek dojrzałych odpowiada zatem sumie rocznych kosztów produkcji: pola siewnego (siewu, pielęgnacji, ochrony, wybierania produktów) oraz kosztów całej szkółki. Można to wyrazić równaniem, w którym koszt produkcji szkółkarskiej jest równy sumie iloczynów kosztów jednostkowych poszczególnych produktów i ich liczby. Poprawne zapisanie takiego równania z jedną niewiadomą (umożliwiającego obliczenie wszystkich kosztów jednostkowych) stwarza konieczność uzależnienia kosztu jednostkowego poszczególnych produktów od kosztu jednostkowego wybranego produktu, np. jednorocznych sadzonek sosny, za pomocą współczynnika „k” (można go obliczyć po kilku latach ewidencji produkcji szkółkarskiej w SILP lub przyjąć na zasadzie założeń wstępnych). Współczynnik „k” to iloraz jednostkowego kosztu określonego produktu i kosztu jednostkowego wybranego produktu, np. SO 1/0. Po obliczeniu współczynników „k”, można obliczyć dowolny koszt jednostkowy poszczególnych produktów (odzwierciedlający koszt wytworzenia, sprzedaży lub produkcji), posługując się wzorem:

$$\sum_{i=0}^{i=z} K = x \cdot n_0 + k_1 x \cdot n_1 + k_2 x \cdot n_2 + \dots + k_z x \cdot n_z$$

gdzie:

x – koszt jednostkowy SO 1/0 ($k = 1$),

k_i – współczynnik uzależniający koszt jednostkowy i -tego produktu od kosztu jednostkowego SO 1/0,

n_0 – liczba sadzonek SO 1/0 (w tys. szt.),

n_i – liczba poszczególnych produktów (w tys. szt.),

$\sum_{i=0}^{i=z} K$ – całkowity koszt wytworzenia, sprzedaży lub produkcji (zakres sumowania od $i = 0$ do $i = z$).

W trakcie obliczania kosztów jednostkowych i współczynników „k” należy uwzględnić sytuacje incydentalne, dotyczące niektórych gatunków (np. częściowe przelegiwanie nasion) i wyrównać współczynniki „k” do istniejącego poziomu w nadleśnictwie. Zapobiegnie to wyliczeniu kosztów jednostkowych znacznie odbiegających od pozostałych wyliczanych wartości.

Obliczone jednostkowe koszty wytworzenia poszczególnych produktów stanowią podstawę do rozliczeń wewnętrznych w nadleśnictwie (we wzorze do obliczeń jednostkowych kosztów należy jako koszt całkowity podstawić zaewi-

dencjonowany koszt wytworzenia – KW). Jednostkowe koszty sprzedaży poszczególnych produktów są składowymi cennika do obrotu materiałem sadzeniowym pomiędzy jednostkami Lasów Państwowych oraz do rozliczeń z budżetem państwa (we wzorze do obliczeń jednostkowych kosztów należy jako koszt całkowity podstawić zaewidencjonowany koszt sprzedaży – KS). Do sprzedaży zewnętrznej w nadleśnictwach opracowywany jest cennik rynkowy. Przy założeniu, że produkcja szkółkarska nie powinna przynosić strat, ceny poszczególnych produktów z tego cennika nie powinny być mniejsze niż koszt produkcji (KP), uwzględniający również podatek leśny (w nadleśnictwie).

Uwagi:

Aż do roku 2008 nie opracowano jednoznacznych zasad planowania i ewidencjonowania produkcji szkółkarskiej w nadleśnictwie. „Instrukcja użytkownika” z 1995 roku przedstawia ogólny zarys zasad planowania w tej dziedzinie leśnictwa. Nie jest jednak wystarczająco jednoznaczna, by można było na jej podstawie, tak samo we wszystkich nadleśnictwach, planować produkcję szkółkarską. Zarządzenie nr 16 dyrektora generalnego Lasów Państwowych z 11 lutego 2002 roku w sprawie jednolitych zasad ewidencji kosztów produkcji szkółkarskiej w jednostkach organizacyjnych Lasów Państwowych komplikowało planowanie. Kolejna instrukcja użytkownika, napisana bardzo technicznie, w sposób mało zrozumiały dla przeciętnego użytkownika, zawiera wiele sprzeczności z cytowanym zarządzeniem oraz założeniami wstępnymi z 1995 r. Ewidencja zdarzeń także zatem nie mogła być porównywalna, a to z kolei uniemożliwiało efektywne korzystanie z algorytmów (nawet najstaranniej przygotowanych).

W produkcji szkółkarskiej występują dwie zasadnicze grupy kosztów. Wprowadzenie zasady wyróżniania 59 grup kosztów powoduje znaczną dowolność interpretacyjną, czego przykładem jest zaliczenie kosztów wyjmowania sadzonek do kosztów całej szkółki (są to w istocie koszty pola siewnego). Ponadto obowiązujące grupowanie kosztów powoduje niedogodności prowadzące do możliwych zniekształceń wyników obliczenia jednostkowego kosztu poszczególnych produktów.

Błędne wyliczenie kosztu poszczególnych produktów powoduje konsekwencje finansowe dla nadleśnictw, np. zaniżenie kosztów – powstawanie strat nadleśnictw przy refundacji kosztów przez fundusze celowe. Uzyskanie określonych informacji z zakresu produkcji szkółkarskiej w formie raportów SILP (np. w celu wyliczenia jednostkowych kosztów produkcji) jest uzależnione od sposobu planowania i ewidencjonowania zdarzeń gospodarczych. Warunkiem dowolnej analizy jest poprawnie i jednakowo skonstruowany plan prac we wszystkich szkółkach Lasów Państwowych.

Moduł SILP „szkółka leśna” umożliwia różne analizy, także do celów statystycznych. Możliwe jest roczne ustalenie spodziewanej liczby produktów, a nie tylko zapasu wszystkich sadzonek. Spodziewana liczba produktów umożliwia obliczenie spodziewanego przeciętnego jednostkowego kosztu wytworzenia. Znajomość powierzchni ugorowanej jest ważną wskazówką do analizy potrzebnej powierzchni produkcyjnej. Równie ważnym parametrem, umożliwiającym analizę produkcji szkółkarskiej, jest wskaźnik wykorzystania powierzchni produkcyjnej szkółki. Przez wskaźnik wykorzystania powierzchni produkcyjnej szkółki należy rozumieć liczbę arów powierzchni produkcyjnej, przypadającą na 1 tysiąc sztuk sadzonek dojrzałych (sprzedanych). Jest on uzależniony od długości średniego cyklu produkcyjnego oraz powierzchni ugorowanej. Dlatego też powinien być rozpatrywany w powiązaniu z ugorami. Wysokość wskaźnika jest uzależniona od rodzaju produkowanych sadzonek. Mniejszy będzie tam, gdzie na większej powierzchni produkuje się sadzonki jednorocznej sosny. Większy zaś tam, gdzie przeważa produkcja sadzonek wieloletnich, szkółkowanych. Wskaźnik ten, rozpatrywany w dłuższym okresie produkcji szkółkarskiej na podobnym poziomie ilościowym w kolejnych latach, zawiera informacje o jej stanie.

Nowelizacja zasad analizowania procesu produkcji szkółkarskiej

W celu korzystania z systemu do celów analitycznych wydane zostało zarządzenie nr 16 dyrektora generalnego Lasów Państwowych z 25 lutego 2008 r. w sprawie jednolitych zasad ewidencji kosztów produkcji szkółkarskiej w jednostkach organizacyjnych Lasów Państwowych. Zarządzenie to precyzuje sposób ewidencjonowania produkcji szkółkarskiej.

- **Sposób grupowania zdarzeń.** Następujące grupy czynności należy obowiązkowo uwzględnić w planowaniu produkcji:

1. Grupujące zdarzenia gospodarcze jako koszty całej szkółki (miejscem ich gromadzenia jest adres szkółki):

SL_UPR – grupuje wszystkie zdarzenia gospodarcze, dotyczące uprawy gleby oprócz utrzymania ugorów czarnych;

SL_NAW – grupuje wszystkie zdarzenia gospodarcze dotyczące nawożenia;

SL-UGÓRC – grupuje koszty utrzymania ugorów czarnych;

SL-DESZCZ – grupuje koszty deszczowania;

SL-PODC – grupuje koszty podcięcia korzeni;

SL_KONT – grupuje koszty produkcji w warunkach kontrolowanych;

SL_WYJM – grupuje koszty wyjmowania sadzonek;

- SL-ZAKUP – grupuje koszty zakupu sadzonek;
 - SL_POZ – grupuje koszty ogólne utrzymania obiektu.
2. Grupujące zdarzenia gospodarcze jako koszty pola siewnego (miejsce ich gromadzenia jest adres pola siewnego):
- SL_WYS – grupuje koszty dotyczące siewów;
 - SL_WEG – grupuje koszty dotyczące rozmnażania wegetatywnego;
 - SL_PIEL – grupuje koszty dotyczące pielęgnowania i ochrony;
 - SL_WIEL – grupuje koszty dotyczące produkcji wielolatek.

Zakładanie pól siewnych

Wszystkie pola siewne w danym roku w swoich adresach powinny mieć aktualny rok gospodarczy. Także te, na których sieje się nasiona jesienią. Podczas wprowadzania artykułów na polu siewnym należy kierować się ogólną zasadą mówiącą o tym, że podaje się tu kod symbolu produkcyjnego przewidywanego do uzyskania na dzień wykonania protokołu oceny produkcji szkółkarskiej. Jeżeli zakładamy pole siewne wiosną (ryc. 52) – za siewy wiosenne uważa się siewy zaksięgowane do 31 maja – to zakładamy na nim przykładowe artykuły: SO 1/0, DB 1/0 dla gatunków wschodzących w tym samym roku. Jeżeli zakładamy pole siewne na siew letni (za siew letni uważa się siew zaksięgowany od 1 czerwca do 31 sierpnia) to zakładamy na nim przykładowe artykuły: BRZ 0,5/0. Jeżeli zakładamy pole siewne na siew jesienny (za siew jesienny uważa się siew zaksięgowany po 31 sierpnia) to zakładamy na nim przykładowe artykuły: DB 0/0, JW 0/0. W ogólnym bilansie powierzchni produkcyjnej zmniejsza się powierzchnię ugorów (poprzez modyfikację pól siewnych) o powierzchnię siewów jesiennych.



Ryc. 52. Opis pola siewnego założonego wiosną

Obliczanie kosztu jednostkowego

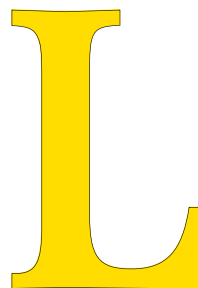
Do obliczenia kosztu jednostkowego wprowadzono zasadę kosztu ciągłego. Opracowany został raport, który wylicza ten koszt za pomocą algorytmu. Sumowane są ilorazy sumy kosztów całej szkółki (proporcjonalnie do powierzchni pola siewnego) i kosztów pola siewnego oraz liczby szacowanych produktów (wprowadzanych do SILP z protokołu produkcji szkółkarskiej) jako koszty jednostkowe tysiąca sztuk na polu siewnym z poszczególnych lat produkcji. W ten sposób otrzymywany jest koszt całkowity tysiąca sztuk danego produktu. Należy dodać, że w protokole oceny produkcji szkółkarskiej wprowadzono wyróżnik sadzonek dojrzałych (tych, które zakończyły cykl produkcyjny). Ta metodyka nie jest w pełni poprawna. Zawiera zbyt wiele uproszczeń. Koszt jednostkowy poszczególnych produktów nie jest sumą kosztów jednostkowych (tysiąca sztuk sadzonek danego produktu) z poszczególnych lat produkcji, lecz ilorazem sumy kosztów z całego cyklu produkcyjnego (całej szkółki i pola siewnego z poszczególnych lat produkcji) i liczby uzyskanych produktów na koniec cyklu produkcyjnego. Obliczenie to nie jest skomplikowane i można je wykonać bez posługiwania się raportem. Ewidencja kosztów w SILP umożliwiła rozgraniczenie kosztów pola siewnego i kosztów całej szkółki. Liczba przewidywanych produktów jest znana po ostatniej ocenie produkcji szkółkarskiej.

Podsumowanie

Aby można było uzyskać właściwe wyniki w raportach wyliczających koszty produkcji sadzonek, należy pamiętać o wprowadzaniu powiązań historycznych między polami siewnymi w poszczególnych latach produkcji. Ponadto protokół oceny produkcji szkółkarskiej powinien być zawsze wprowadzany do SILP z datą 15 listopada. W celu wygenerowania sprawozdania LPiR-3 (roczne sprawozdanie z produkcji szkółkarskiej), należy dodatkowo przy artykułach wprowadzać świadectwa pochodzenia, zakładane w SILP.

Analiza procesu produkcji szkółkarskiej jest dość skomplikowanym procesem. Po szkoleniach oraz korektach doskonalących wdrożoną metodykę w jednostkach organizacyjnych Lasów Państwowych, prawdopodobnie możliwe będzie jej poprawne prowadzenie.

Leśny materiał rozmnożeniowy (LMR)



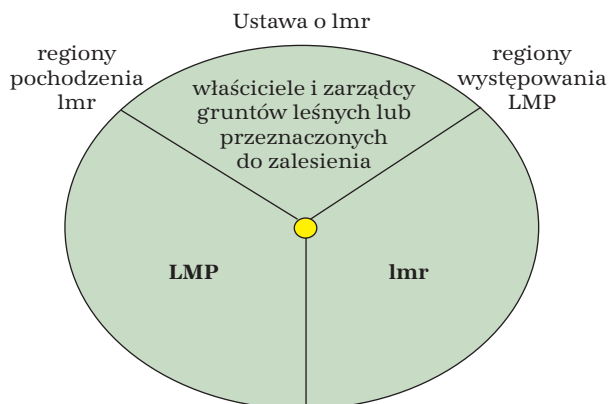
Ustawa o LMR a szkółkarstwo leśne

 TOMASZ DZIEMIDEK

Właściciele i zarządcy wartościowego leśnego materiału podstawowego, aby zalegalizować swoją bazę nasienną, muszą zarejestrować ją w Krajowym Rejestrze Leśnego Materiału Podstawowego. Obrót leśnym materiałem rozmnożeniowym wymaga zarejestrowania w rejestrze dostawców, uzyskiwania na pozyskany materiał świadectwa pochodzenia i stosowania etykiet. Przy zakładaniu upraw leśnych konieczne jest stosowanie zasad „regionalizacji nasiennej”.

Informacje ogólne, definicje

Polska przystępując do Unii Europejskiej zobowiązana była włączyć do prawa krajowego część przepisów unijnych. Zapisy dyrektywy 1999/105/WE z 22 grudnia 1999 roku regulują sprawę obrotu leśnym materiałem rozmnożeniowym. Dokument ten zawiera również ramowe wytyczne, dotyczące rejestracji i wymagań stawianych leśnej bazie rozmnożeniowej. Ustawa z 7 czerwca 2001 r. o leśnym materiale rozmnożeniowym (ustawa o LMR) wdraża wyżej wymienioną dyrektywę do przepisów obowiązujących w naszym kraju i obejmuje sprawę rejestracji leśnego materiału podstawowego, obrotu leśnym materiałem rozmnożeniowym, kontroli leśnego materiału podstawowego oraz leśnego materiału rozmnożeniowego wprowadzonego do obrotu, a także regionalizacji nasiennej (ryc. 53).



Ryc. 53. Główne regulacje ustawy o LMR: LMP, LMR i zakładanie upraw „spięte są” regionalizacją nasienną

Zapisy tej ustawy dotyczą wyłącznie gatunków drzew wymienionych w jej załączniku, podanych na końcu rozdziału. Ustawa z 24 sierpnia 2007 r. o zmianie niektórych ustaw w związku z członkostwem Rzeczypospolitej Polskiej w Unii Europejskiej, zmieniła od 10 października 2007 roku (kiedy to weszła w życie) kilka zapisów ustawy o leśnym materiale rozmnożeniowym, nowelizując ją. W ustawie o LMR stosuje się pewne pojęcia, których definicje zamieszczono poniżej.

1. Leśny materiał rozmnożeniowy (LMR) – jednostki nasienne, części roślin, materiał sadzeniowy.
 - **Jednostki nasienne** – szyszki, owocostany, owoce i nasiona przeznaczone do produkcji materiału sadzeniowego.
 - **Części roślin** – fragmenty rośliny przeznaczone do produkcji materiału sadzeniowego (głównie zręzy pędowe).
 - **Materiał sadzeniowy** – rośliny wyhodowane z nasion, części roślin lub samosiew.
2. Leśny materiał podstawowy (LMP) – przeznaczone do produkcji leśnego materiału rozmnożeniowego: źródło nasion, drzewostan, plantacja nasienna, drzewo mateczne, klon, mieszanka klonów; kiedyś baza nasienna; leśna baza rozmnożeniowa.
 - **Źródło nasion** – co najmniej dwa drzewa rosnące na określonym obszarze, z których pozyskiwane są jednostki nasienne lub spod których wykopywany jest samosiew; najlepiej biogrupa; obszar raczej nieprzekraczający 1 ha; nieoznaczone w terenie.
 - **Drzewostan** – zespół drzew, o zbliżonych cechach morfologicznych, rosnących w bezpośrednim sąsiedztwie i wzajemnie na siebie oddziałujących; populacja drzew o jednym pochodzeniu.
 - **Plantacja nasienna** – grupa wyselekcjonowanych klonów lub rodów, zagospodarowana lub izolowana w sposób zapobiegający zapyleniu ze źródeł zewnętrznych, prowadzona w celu uzyskania obfitych zbiorów

łatwo pozyskiwanych jednostek nasiennych; są dwa rodzaje plantacji nasiennych: klonowa – ze szczepów i rodowa – z potomstwa generatywnego.

- **Drzewo mateczne** – drzewo wykorzystywane do pozyskiwania: jednostek nasiennych powstałych poprzez kontrolowane lub niekontrolowane zapylanie określonego drzewa wykorzystywanego jako osobnik żeński pyłkiem jednego lub wielu drzew, części roślin lub samosiewu.
- **Klon** – grupa osobników o jednakowym składzie genetycznym, powstałych w drodze rozmnażania bezpłciowego; najczęściej w postaci karp.
- **Mieszanica klonów** – grupa różnych, zidentyfikowanych klonów zmieszanych w określonych proporcjach.
- **Rodzaje LMP** – źródło nasion, drzewostan, plantacja nasienna, drzewo mateczne, klon, mieszanica klonów.
- **Autochtoniczny drzewostan, źródło nasion lub drzewo mateczne** – powstałe z odnowienia naturalnego lub sztucznie z LMR powstałego z LMP znajdującego się w miejscu, w którym rośnie lub w bezpośrednim sąsiedztwie tego miejsca.
- **Rodzimy drzewostan, źródło nasion, drzewo mateczne lub plantacja nasienna** – drzewostan, źródło nasion, drzewo mateczne lub plantacja nasienna powstałe sztucznie z nasion lub sadzonek pochodzących z tego samego regionu pochodzenia.
- **Pochodzenie pierwotne** – miejsce, w którym rośli lub rosną „rodzice” źródła nasion, drzewostanu, drzewa matecznego lub plantacji nasiennej.
- **Pochodzenie nieznanne** – jeżeli nie mamy informacji ani przesłanek świadczących o pochodzeniu pierwotnym źródła nasion, drzewostanu lub drzewa matecznego.

Uwaga! Nie ma pojęcia „kategoria LMP” – są jedynie kategorie LMR: ze zidentyfikowanego źródła (ze znanego źródła), wyselekcjonowany, kwalifikowany, przetestowany.

Minister środowiska zadania narzucone mu przez ustawę o LMR wykonuje przy pomocy Biura Nasiennictwa Leśnego (www.bnl.gov.pl). Uszczegółowieniem zapisów ustawy są rozporządzenia ministra środowiska, dotyczące:

- LMP: z 23 kwietnia 2004 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakie powinien spełniać leśny materiał podstawowy; z 18 lipca 2005 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych wymagań, jakie powinien spełniać leśny materiał podstawowy; z 23 kwietnia 2004 r. w sprawie sposobu przeprowadzania testów leśnego materiału podstawowego; z 26 kwietnia 2004 r. w sprawie podmiotów upoważnionych do przepro-

wadzania testów i oceny leśnego materiału podstawowego oraz badań leśnego materiału rozmnożeniowego.

- LMR: z 18 lutego 2004 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakie powinien spełniać leśny materiał rozmnożeniowy; z 14 kwietnia 2003 r. w sprawie wzorów wniosków o wydanie świadectwa pochodzenia leśnego materiału rozmnożeniowego; z 14 kwietnia 2003 r. w sprawie wzorów świadectw pochodzenia leśnego materiału rozmnożeniowego; z 26 kwietnia 2004 r. w sprawie podmiotów upoważnionych do przeprowadzania testów i oceny leśnego materiału podstawowego oraz badań leśnego materiału rozmnożeniowego.
- Regionalizacji nasiennej: z 9 marca 2004 r. w sprawie wykazu, obszarów i mapy regionów pochodzenia leśnego materiału podstawowego; z 19 kwietnia 2004 r. w sprawie wykorzystania leśnego materiału rozmnożeniowego poza regionem jego pochodzenia; z 2 listopada 2006 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wykorzystania leśnego materiału rozmnożeniowego poza regionem jego pochodzenia; z 25 października 2006 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wykazu, obszarów i mapy regionów pochodzenia leśnego materiału podstawowego.
- Innych zagadnień: z 25 marca 2004 r. w sprawie struktury organizacyjnej Biura Nasiennictwa Leśnego; z 14 stycznia 2004 r. w sprawie wysokości opłat za wyszukiwanie informacji w Krajowym Rejestrze Leśnego Materiału Podstawowego, rejestrze świadectw pochodzenia leśnego materiału rozmnożeniowego i rejestrze dostawców, za sporządzanie odpisów i wyciągów i ich przesyłanie oraz sposobu uiszczenia opłat; z 23 kwietnia 2004 r. w sprawie sposobu prowadzenia przez dostawców dokumentacji w zakresie obrotu leśnym materiałem rozmnożeniowym.

Leśny materiał podstawowy

Leśny materiał podstawowy podlega rejestracji w, prowadzonym przez ministra środowiska, Krajowym Rejestrze (KR) Leśnego Materiału Podstawowego (LMP). Rejestracji tej należy poddać LMP gatunków drzew oraz ich sztucznych hybryd, których wykaz określa załącznik do ustawy o LMR, a których potomstwo będzie wykorzystywane na gruntach leśnych lub przeznaczonych do zalesienia. Minister kontroluje leśny materiał podstawowy pod względem spełniania wymagań określonych w ustawie i rozporządzeniach. Pracownicy Biura Nasiennictwa Leśnego, w ramach obowiązków służbowych, uprawnieni są do: kontroli i zabezpieczania LMP, pobierania próbek LMP, wstępu na teren upraw leśnych.

1. Krajowy Rejestr Leśnego Materiału Podstawowego składa się z czterech części.

- **Część I**, w której rejestrowane są źródła nasion i drzewostany przeznaczone do produkcji leśnego materiału rozmnożeniowego, należącego do kategorii ze zidentyfikowanego źródła.
- **Część II**, w której rejestrowane są drzewostany przeznaczone do produkcji leśnego materiału rozmnożeniowego należącego do kategorii selekcyjonowany.
- **Część III**, w której rejestrowane są drzewa mateczne, plantacje nasienne, klony i mieszanki klonów przeznaczone do produkcji leśnego materiału rozmnożeniowego, należącego do kategorii kwalifikowany.
- **Część IV**, w której rejestrowany jest leśny materiał podstawowy przeznaczony do produkcji leśnego materiału rozmnożeniowego należącego do kategorii przetestowany; testom potomstwa można poddać każdy rodzaj LMP.

Rejestracja LMP w II, III i IV części KR wymaga opinii Krajowej Komisji Nasiennictwa Leśnego, będącej organem opiniodawczo-doradczym, działającym przy ministrze środowiska. Krajowy Rejestr jest jawny i każdy może żądać z niego uwierzytelnionych wyciągów i odpisów. Za wyszukiwanie informacji, sporządzanie odpisów i wyciągów oraz ich przesyłanie pobierana jest opłata.

Leśny materiał podstawowy powinien charakteryzować się określoną jakością, szczególnie pod względem cech fenotypowych i genetycznych.

Wymagania dla LMP

Szczegółowe wymagania, jakie powinien spełniać leśny materiał podstawowy (LMP), są opisane w samej ustawie o LMR i rozporządzeniach do niej, wymienionych na początku niniejszego rozdziału. W rozporządzeniach tych dość szczegółowo opisane są cechy, jakimi powinny się charakteryzować: źródła nasion, drzewostany, drzewa mateczne, plantacje, klony i mieszanki klonów. Podano również zabiegi, jakim powinno poddawać się obiekty nasienne.

LMP musi znajdować się w jednym regionie pochodzenia, składać się z osobników, których cechy fenotypowe wskazują na przynależność do jednej populacji (I i II część KR) i być wolnym od organizmów szkodliwych. Ocenie podlega jakość dla tego samego gatunku w tym samym regionie pochodzenia, między innymi, pod względem: prostości strzały, ugałęzienia, stopnia oczyszczenia pnia, skrzywienia włókien i liczby drzew z rozwidlonym pniem.

Drzewostany, źródła nasion i drzewa mateczne muszą znajdować się w wieku umożliwiającym ocenę cech fenotypowych oraz produkcyjnych i być przystosowane do warunków środowiska panujących w regionie pochodzenia,

w którym się znajdują. Przy wyborze LMP powinno się wybierać obiekty o możliwości produkcyjnej nie mniejszej niż średnia możliwości produkcyjnych drzew tego samego gatunku, w tym samym regionie pochodzenia i w tych samych warunkach siedliskowych. Rodzajem LMP źródło nasion nie może być baza rozmnożeniowa gatunków: brzoza brodawkowata, buk zwyczajny, dąb bezszypułkowy, dąb szypułkowy, jodła pospolita, modrzew europejski, olsza czarna, sosna zwyczajna i świerk pospolity. W wypadku drzewostanu LMP musi zajmować powierzchnię co najmniej 1 ha, a w specjalnych przypadkach 2 ha i być odpowiednio oznaczony w terenie.

W II części KR rejestrowane są drzewostany, które dodatkowo są położone w miejscu uniemożliwiającym krzyżowanie się ze słabszym, o niższej bonitacji lub jakości drzewostanem tego samego gatunku oraz z drzewostanem spokrewnionych gatunków lub odmian, które mogą krzyżować się z gatunkiem, z którego składa się dany drzewostan. Składają się co najmniej ze 150 osobników, rozmieszczonych w sposób umożliwiający swobodny przepływ ich genów i zapobiegający lub ograniczający możliwość samozapylenia.

Klony i mieszanki klonów rejestruje się na 10 lat.

Obrót leśnym materiałem rozmnożeniowym

Przez produkcję leśnego materiału rozmnożeniowego rozumie się wszystkie etapy wytwarzania LMR z LMP w celu wprowadzenia go do obrotu. Należy tutaj rozumieć zbiór jednostek nasiennych i przetwarzanie ich w nasiona, pozyskanie zrzechów i samosiewu oraz hodowlę sadzonek. Osobą fizyczną, prawną lub jednostką organizacyjną nieposiadającą osobowości prawnej, zajmującą się produkcją leśnego materiału rozmnożeniowego, nazywa się producentem LMR. Dostawcą natomiast osobę lub jednostkę, której przedmiotem zarobkowej działalności jest obrót leśnym materiałem rozmnożeniowym, to znaczy zakup, sprzedaż lub pośrednictwo w zakupie i sprzedaży. Obrót LMP mogą prowadzić wyłącznie zarejestrowani przez ministra środowiska dostawcy.

Do obrotu może być wprowadzany LMR pozyskany wyłącznie z zarejestrowanego LMP i opatrzony świadectwem pochodzenia. Producent ubiegający się o wydanie świadectwa pochodzenia musi zgłosić ministrowi środowiska planowany termin pozyskania LMR na 14 dni przed tym terminem. Po zakończeniu jego pozyskania w danym roku dojrzewania (rok dojrzewania trwa od 1 maja do 30 kwietnia następnego roku kalendarzowego), producent występuje do ministra z wnioskiem o wydanie świadectwa pochodzenia. Wzory takich wniosków znajdują się w rozporządzeniu ministra środowiska.

Leśny materiał rozmnożeniowy, na który wydano świadectwo pochodzenia lub który takie świadectwo otrzyma, musi być wyraźnie oddzielony od innych partii LMR. Na wszystkich etapach produkcji LMR oznacza się etykietą. Są trzy rodzaje etykiet:

- **ETYKIETA „CZASOWA”**, stosowana do momentu otrzymania świadectwa pochodzenia, zawierająca: numer, pod którym w Krajowym Rejestrze zarejestrowano LMP, z którego pozyskano LMR, datę pozyskania LMR, ilość LMR (kg/sztuk), podpis producenta, a także warto dopisać numer producenta w rejestrze dostawców;
- **ETYKIETA „LMR W PRODUKCJI”**, stosowana na wszystkich etapach produkcji LMR, która powinna zawierać: numer świadectwa pochodzenia (stary dla zapasów, nowy dla zbiorów po 1 maja 2004 r.), nazwę botaniczną LMR (łacińską i polską), kategorię LMR, przeznaczenie LMR (leśnictwo wielofunkcyjne/zasób genowy/badania/inne), rodzaj leśnego materiału podstawowego, z którego został wyprodukowany LMR (drzewostan/źródło nasion/plantacja/drzewo mateczne/klon/mieszanka klonów), numer rejestrowy w Krajowym Rejestrze, symbol (numer) regionu pochodzenia, w którym został pozyskany LMR, pochodzenie LMP (nieznane/autochtoniczny/rodzimy/nierodzimy), w przypadku jednostek nasiennych - rok dojrzewania, wiek sadzonek i rodzaj sadzonek (szkółkowane/z podciętym systemem korzeniowym/z bryłką/ścięte na bezpieńkę/ze zrzewów lub inne), LMR modyfikowany genetycznie (tak/nie);
- **ETYKIETA DOSTAWCY**, stosowana w momencie wprowadzania do obrotu, powinna zawierać: imię i nazwisko lub nazwę dostawcy oraz jego adres, numer w rejestrze dostawców, ilość LMR w opakowaniu (kg/sztuk), LMR powstał w drodze bezpłciowego rozmnażania (tak/nie), mieszanka LMR - „leśny materiał rozmnożeniowy pochodzący ze zidentyfikowanego źródła” (jeśli dotyczy), mieszanka LMR - „leśny materiał rozmnożeniowy nieznanego pochodzenia” (jeśli dotyczy), mieszanka LMR - informacje o rzeczywistych okresach owocowania i proporcjach, w jakich nastąpiło mieszanie LMR z jednego obiektu LMP (jeśli dotyczy), wyrazy „tymczasowo zarejestrowany”, w przypadku LMR wyprodukowanego z LMP warunkowo (czasowo) zarejestrowanego w IV części Krajowego Rejestru oraz wszystkie dane z etykiety „LMR w produkcji”; dla nasion dodatkowo: procent wagowy czystych nasion będących przedmiotem obrotu, procent wagowy nasion innych gatunków, procent wagowy składników niebędących nasionami, procent kiełkowania lub, jeśli jego określenie jest skomplikowane, procent żywotności czystych nasion, masę 1000 czystych nasion wyrażoną w kilogramach, liczbę nasion zdolnych do kiełkowania w 1 kilogramie lub, jeśli jej określenie jest skomplikowane, liczbę żywych nasion w 1 kilogramie. Ustalono następujące kolory etykiet dostawcy: żółty dla LMR kategorii ze zidentyfikowanego źródła (część I KR: drzewostan, źródło nasion), zielo-

ny dla LMR kategorii wyselekcjonowany (część II KR: drzewostan), różowy dla LMR kategorii kwalifikowany (część III KR: drzewo mateczne, plantacja nasienna rodowa lub klonowa, klon, mieszanica klonów), niebieski dla LMR kategorii przetestowany.

Opakowanie dla jednostek nasiennych, będących w obrocie, należy zabezpieczyć w taki sposób, aby przy otwarciu opakowania nastąpiło uszkodzenie plomby. Jako plombę można potraktować samo opakowanie, którego po otwarciu nie da się zamknąć – ulegnie zniszczeniu.

Nie można wprowadzać do obrotu LMR: w postaci sztucznych hybryd lub wyprodukowanego w drodze rozmnażania bezpłciowego, jeżeli nie należy do kategorii wyselekcjonowany, kwalifikowany lub przetestowany, który w całości lub w części składa się z organizmów zmodyfikowanych genetycznie w rozumieniu przepisów o organizmach genetycznie zmodyfikowanych, jeżeli nie należy do kategorii przetestowany, należącego do kategorii wyselekcjonowany, rozmnażanego bezpłciowo więcej niż jednokrotnie. Leśny materiał rozmnożeniowy będący przedmiotem obrotu powinien spełniać wymagania fitosanitarne określone w przepisach o ochronie roślin uprawnych.

Leśny materiał rozmnożeniowy będący w obrocie powinien charakteryzować się dobrą jakością, szczególnie pod względem czystości, stopnia rozwoju, zdrowia i odporności oraz cech fenotypowych. W odpowiednim rozporządzeniu ministra środowiska uszczegółowione są wymagania, jakie powinien spełniać leśny materiał rozmnożeniowy, uwzględniając rodzaj tego materiału oraz normy obowiązujące w państwach członkowskich Unii Europejskiej, a także klasy leśnego materiału rozmnożeniowego w postaci części roślin, należącego do rodzaju topola. Dla nasion podane są: minimalny poziom czystości całkowitej (udział nasion czystych) w procentach i minimalna zdolność kiełkowania (żywołność) w procentach. Materiał sadzeniowy musi mieć zdrewniałą, wyraźną strzałkę ze zdrowym pączkiem szczytowym oraz prawidłowo rozwinięty system korzeniowy. Sadzonki mają mieć prawidłowe proporcje pomiędzy wielkością części nadziemnej i systemu korzeniowego.

Zezwala się na obrót leśnym materiałem rozmnożeniowym niespełniającym warunków określonych w ustawie, w postaci jednostek nasiennych, części roślin przeznaczonych do produkcji materiału sadzeniowego oraz materiału sadzeniowego wyprodukowanego z jednostek nasiennych pozyskanych przed dniem wejścia w życie ustawy, aż do wyczerpania zapasów. Właściciele zapasów LMR posiadają świadectwa pochodzenia materiału roślinnego, jako potwierdzenia pochodzenia tego materiału. Dla takiego materiału istnieje możliwość uzyskania świadectwa pochodzenia LMR, ale wydaje się je tylko przy sprzedaży poza Polskę.

Minister oraz upoważnieni przez niego pracownicy uprawnieni są do: wstępu na teren nieruchomości służących do produkcji LMR lub obrotu nim,

albo na którym taki materiał się znajduje; kontroli oraz zabezpieczania dokumentów związanych z produkcją leśnego materiału rozmnożeniowego lub obrotem nim; żądania od producentów, dostawców oraz nabywców leśnego materiału rozmnożeniowego niebędących dostawcami pisemnych lub ustnych informacji oraz okazania dokumentów, jeżeli jest to niezbędne do wyjaśnienia sprawy.

Ustawa o LMR wprowadza sankcje karne za niestosowanie się do przepisów i tak kto: prowadzi obrót LMR wyprodukowanym z LMP niezarejestrowanym w Krajowym Rejestrze, wprowadza do obrotu leśny materiał rozmnożeniowy bez świadectwa pochodzenia i nieoznaczony etykietą: „Nie dla leśnictwa”, prowadzi obrót leśnym materiałem rozmnożeniowym nie będąc wpisanym do rejestru dostawców podlega grzywnie, karze ograniczenia wolności lub karze pozbawienia wolności do lat 3. Natomiast kto: utrudnia lub uniemożliwia właściwym organom i upoważnionym przez nie pracownikom czynności służbowe, wprowadza w błąd nabywców podając nieprawdziwe informacje na etykietach oraz bez wymaganego pozwolenia przywozi leśny materiał rozmnożeniowy z państwa niebędącego członkiem Unii Europejskiej, podlega grzywnie.

Regionalizacja nasienna

Regionalizacja nasienna jest to podział na regiony pochodzenia oraz zasady wykorzystywania w nich leśnego materiału rozmnożeniowego określonych gatunków. Dotyczy ona 9 głównych gatunków lasotwórczych w Polsce: brzoza brodawkowata, buk zwyczajny, dąb bezszypułkowy, dąb szypułkowy, jodła pospolita, modrzew europejski, olsza czarna, sosna zwyczajna, świerk pospolity. Przez region pochodzenia rozumie się wyznaczony obszar lub grupę obszarów, na których obecnie rośnie dany drzewostan lub źródło nasion, stanowiące materiał podstawowy. Ustawowo granice regionów pochodzenia muszą:

- obejmować obszary, na których panują takie same lub zbliżone warunki ekologiczne i na których znajdują się drzewostany lub źródła nasion wykazujące zbliżone cechy fenotypowe lub genetyczne;
- być wytyczone na podstawie istniejącego podziału administracyjnego, biorąc pod uwagę występujące różnice w wysokości nad poziomem morza.

Pojęcie „region pochodzenia” oznacza „region pochodzenia leśnego materiału rozmnożeniowego” i „region występowania leśnego materiału podstawowego”. Określenia te są tożsame.

Rozdział 5. ustawy o LMR zatytułowany „Regionalizacja nasienna” wskazuje na to, że leśny materiał rozmnożeniowy gatunków objętych regionali-

zacja może być wykorzystywany do uprawy w lasach lub na gruntach przeznaczonych do zalesienia wyłącznie w regionie pochodzenia, w którym znajduje się źródło nasion, drzewostan lub drzewa mateczne, z których został wyprodukowany. Dodatkowo w rozporządzeniach określone są przypadki, w których dozwolone jest wykorzystywanie leśnego materiału rozmnożeniowego poza regionami jego pochodzenia, uwzględniając konieczność zachowania różnorodności biologicznej na obszarze kraju oraz wykaz, obszary i mapy regionów pochodzenia. Granice regionów występowania LMP wytyczone są wzdłuż granic gmin.

Leśny materiał rozmnożeniowy gatunków drzew objętych regionalizacją może być wykorzystywany poza regionem jego pochodzenia, jeżeli:

- w regionie pochodzenia, w którym ma być wykorzystywany, nie ma dostatecznej ilości własnego LMR i jest przemieszczany zgodnie z zasadami zawartymi w tabeli załącznika do rozporządzenia dotyczącego wykorzystania LMR poza regionem jego występowania;
- pochodzi z miejsca położonego nie dalej niż 10 km od granicy regionu pochodzenia, w którym ma być wykorzystywany – granica staje się strefą. W rozporządzeniu o przenoszeniu LMR wyszczególniono regiony występowania cennych populacji LMR poprzez bezwzględny zakaz wprowadzania LMR z innych regionów pochodzenia w odniesieniu do gatunków, dla których stworzono te specjalne regiony pochodzenia.

W regionach pochodzenia poza naturalnym zasięgiem występowania gatunków drzew dopuszcza się możliwość wprowadzania LMR danego gatunku, jeżeli pochodzi on z bazy nasiennej z regionów najbliższych położonych od granicy regionu pochodzenia, w którym ma być wykorzystywany ten materiał.

W górach, ze względu na konieczność zachowania wysokościowych pięter roślinnych, leśny materiał rozmnożeniowy może być wykorzystywany poza regionem jego pochodzenia, jeśli spełnia następujące warunki:

- pochodzi z miejsca, w którym średnia roczna temperatura powietrza jest nie niższa i nie wyższa niż 1 °C i odpowiada jej zakres wysokości związany z południową lub północną wystawą stoku w stosunku do średniej rocznej temperatury powietrza panującej w miejscu, w którym ten materiał ma być wykorzystywany;
- pochodzi z miejsca, w którym wysokość nad poziomem morza jest nie niższa i nie wyższa niż 200 m w stosunku do wysokości nad poziomem morza miejsca, w którym ten materiał ma być wykorzystywany.

Przepisy obowiązujące w Polsce, dotyczące przenoszenia LMR, nie narzucają żadnych zasad zachowywania pięter roślinnych, ani wystawy stoku w ramach jednego regionu występowania LMP. „Regionalizacja wysokościowa” dotyczy wyłącznie przemieszczania LMR poza region pochodzenia, w którym został pozyskany.

Kto wykorzystuje leśny materiał rozmnożeniowy do uprawy w lasach lub na gruntach przeznaczonych do zalesienia niezgodnie z zasadami regionalizacji nasiennej, podlega grzywnie, karze ograniczenia wolności lub karze pozbawienia wolności do lat 3.

Wykaz aktów prawnych związanych z produkcją szkółkarską w ramach ustawy o LMR

- Ustawa z 7 czerwca 2001 r. o leśnym materiale rozmnożeniowym (Dz. U. z 2001 r., nr 73, poz. 761)
- Ustawa z 24 sierpnia 2007 r. o zmianie niektórych ustaw w związku z członkostwem Rzeczypospolitej Polskiej w Unii Europejskiej (Dz. U. z 2007 r., nr 176, poz. 1238)
- Rozporządzenie ministra środowiska z 25 marca 2004 r. w sprawie struktury organizacyjnej Biura Nasiennictwa Leśnego (Dz. U. z 2004 r., nr 62, poz. 584)
- Rozporządzenie ministra środowiska z 14 kwietnia 2003 r. w sprawie wzorów wniosków o wydanie świadectwa pochodzenia leśnego materiału rozmnożeniowego (Dz. U. z 2003 r., nr 86, poz. 802)
- Rozporządzenie ministra środowiska z 14 kwietnia 2003 r. w sprawie wzorów świadectw pochodzenia leśnego materiału rozmnożeniowego (Dz. U. z 2003 r., nr 86, poz. 803)
- Rozporządzenie ministra środowiska z 14 stycznia 2004 r. w sprawie wysokości opłat za wyszukiwanie informacji w Krajowym Rejestrze Leśnego Materiału Podstawowego, rejestrze świadectw pochodzenia leśnego materiału rozmnożeniowego i rejestrze dostawców, za sporządzanie odpisów i wyciągów i ich przesyłanie oraz sposobu uiszczania opłat (Dz. U. z 2004 r., nr 20, poz. 190)
- Rozporządzenie ministra środowiska z 18 lutego 2004 r. w sprawie szczególnych wymagań, jakie powinien spełniać leśny materiał rozmnożeniowy (Dz. U. z 2004 r., nr 31, poz. 272)
- Rozporządzenie ministra środowiska z 19 kwietnia 2004 r. w sprawie wykorzystania leśnego materiału rozmnożeniowego poza regionem jego pochodzenia (Dz. U. z 2004 r., nr 84, poz. 791)
- Rozporządzenie ministra środowiska z 2 listopada 2006 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wykorzystania leśnego materiału rozmnożeniowego poza regionem jego pochodzenia (Dz. U. z 2006 r., nr 206, poz. 1519 i 1520)
- Rozporządzenie ministra środowiska z 23 kwietnia 2004 r. w sprawie sposobu przeprowadzania testów leśnego materiału podstawowego (Dz. U. z 2004 r., nr 94, poz. 928)

- Rozporządzenie ministra środowiska z 23 kwietnia 2004 r. w sprawie sposobu prowadzenia przez dostawców dokumentacji w zakresie obrotu leśnym materiałem rozmnożeniowym (Dz. U. z 2004 r., nr 94, poz. 929)
- Rozporządzenie ministra środowiska z dnia 26 kwietnia 2004 r. w sprawie podmiotów upoważnionych do przeprowadzania testów i oceny leśnego materiału podstawowego oraz badań leśnego materiału rozmnożeniowego (Dz. U. z 2004 r., nr 97, poz. 975)
- Rozporządzenie ministra środowiska z 23 kwietnia 2004 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakie powinien spełniać leśny materiał podstawowy (Dz. U. z 2004 r., nr 100, poz. 1026)
- Rozporządzenie ministra środowiska z 18 lipca 2005 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych wymagań, jakie powinien spełniać leśny materiał podstawowy (Dz. U. z 2005 r., nr 144, poz. 1212)
- Rozporządzenie ministra środowiska z 9 marca 2004 r. w sprawie wykazu, obszarów i mapy regionów pochodzenia leśnego materiału podstawowego (Dz. U. z 2004 r., nr 67, poz. 621)
- Rozporządzenie ministra środowiska z 25 października 2006 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wykazu, obszarów i mapy regionów pochodzenia leśnego materiału podstawowego (Dz. U. z 2006 r., nr 201, poz. 1481)

Wykaz gatunków drzew oraz ich sztucznych hybryd z załącznika do ustawy o LMR, których ta ustawa dotyczy:

1. Brzoza brodawkowata (*Betula pendula* Roth.)
2. Brzoza omszona (*Betula pubescens* Ehrh.)
3. Buk zwyczajny (*Fagus sylvatica* L.)
4. Cedr atlantycki (*Cedrus atlantica* Carr.)
5. Cedr libański (*Cedrus libani* A. Richard)
6. Czereśnia ptasia (*Prunus avium* L.)
7. Daglezja zielona (*Pseudotsuga menziesii* Franco)
8. Dąb bezszypułkowy (*Quercus petraea* Liebl.)
9. Dąb burgundzki (*Quercus cerris* L.)
10. Dąb czerwony (*Quercus rubra* L.)
11. Dąb korkowy (*Quercus suber* L.)
12. Dąb omszony (*Quercus pubescens* Willd)
13. Dąb ostrolistny (*Quercus ilex* L.)
14. Dąb szypułkowy (*Quercus robur* L.)
15. Grab zwyczajny (*Carpinus betulus* L.)
16. Grochodrzew (*Robinia pseudoacacia* L.)
17. Jesion wyniosły (*Fraxinus excelsior* L.)
18. Jesion wyniosły odmiana wąskolistna (*Fraxinus angustifolia* Vahl.)

19. Jodła grecka (*Abies cephalonica* Loud.)
20. Jodła hiszpańska (*Abies pinsapo* Boiss.)
21. Jodła olbrzymia (*Abies grandis* Lindl.)
22. Jodła pospolita (*Abies alba* Mill.)
23. Kasztan jadalny (*Castanea sativa* Mill.)
24. Klon jawor (*Acer pseudoplatanus* L.)
25. Klon zwyczajny (*Acer platanoides* L.)
26. Lipa drobnolistna (*Tilia cordata* Mill.)
27. Lipa szerokolistna (*Tilia platyphyllos* Scop.)
28. Modrzew europejski (*Larix decidua* Mill.)
29. Modrzew eurojapoński (*Larix × eurolepis* Henry)
30. Modrzew japoński (*Larix kaempferi* Carr.)
31. Modrzew syberyjski (*Larix sibirica* Ledeb.)
32. Olsza czarna (*Alnus glutinosa* Gaertn.)
33. Olsza szara (*Alnus incana* Moench.)
34. Sosna kanaryjska (*Pinus canariensis* C. Smith)
35. Sosna alepska (*Pinus halepensis* Mill.)
36. Sosna alepska odmiana kalabryjska (*Pinus halepensis* var. *brutia* Henry)
37. Sosna bośniacka (*Pinus leucodermis* Antoine)
38. Sosna czarna (*Pinus nigra* Arnold)
39. Sosna limba (*Pinus cembra* L.)
40. Sosna kalifornijska (*Pinus radiata* D. Don)
41. Sosna nadmorska (*Pinus pinaster* Ait.)
42. Sosna pinia (*Pinus pinea* L.)
43. Sosna wejmutka (*Pinus strobus* L.)
44. Sosna wydmowa (*Pinus contorta* Loud.)
45. Sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris* L.)
46. Świerk pospolity (*Picea abies* Karst.)
47. Świerk sitkajski (*Picea sitchensis* Carr.)
48. Topola (*Populus* spp.) oraz jej sztuczne hybrydy.

Rynek szkółkarstwa leśnego w Polsce - producenci LMR

Producent zarejestrowany w rejestrze dostawców, prowadzonym przez ministra środowiska, może prowadzić obrót leśnym materiałem rozmnożeniowym na terenie Unii Europejskiej.

Informacje ogólne

Zarządcą przeważającej powierzchni gruntów leśnych w Polsce jest Państwowe Gospodarstwo Leśne Lasy Państwowe. W związku z tym Lasy Państwowe są największym konsumentem leśnego materiału rozmnożeniowego. Jednocześnie, aby zaspokoić potrzeby własne i innych odbiorców, prowadzą produkcję nasion i sadzonek we własnych szkółkach leśnych.

W odniesieniu do gatunków objętych ustawą o LMR 92% zbieranych jednostek nasiennych, 92% produkowanych zrzeszeń i 98% pozyskiwanego samosiewu przypada na Lasy Państwowe. Pozostała produkcja LMR jest prowadzona przez dostawców prywatnych. Na dostawców tych przypada 4%, wydawanych przez ministra środowiska, świadectw pochodzenia LMR.

Do Polski z terenu Unii Europejskiej sprowadza się mało LMR, szczególnie z powodu regionalizacji nasiennej, która nie dopuszcza pochodzeń spoza naszego kraju. Najwięcej LMR przywieziono z Niemiec (75%) i Austrii (15%). Pozostałe kraje unijne, z których wwożono LMR to: Szwecja, Węgry, Litwa i Belgia. Polscy producenci najczęściej wysyłają LMR na Litwę (42%), do Szwecji (28%) i Niemiec (13%), a także na Słowację, do Danii, Holandii i Czech. Najwięcej wywozi się sadzonek oraz nasion świerka pospolitego i dębu szypułkowego.

W przypadkach, gdy LMR przemieszczany jest z jednego państwa członkowskiego UE do drugiego, urzędowy organ tego państwa, w którym znajduje się siedziba dostawcy, dostarcza informację urzędowemu organowi państwa członkowskiego, w którym znajduje się siedziba odbiorcy. Informacja ta jest dostarczana jako „Dokument informacyjny” w znormalizowanej postaci i przekazana (pocztą, telefaksem, pocztą elektroniczną lub za pośrednictwem innych nośników elektronicznych) nie później, niż trzy miesiące po dniu wyekspediowania LMR przez dostawcę. Takie wymagania narzuca Polsce nie ustawa o LMR, ale rozporządzenie Komisji nr 1598/2002 z 6 września 2002 roku ustanawiające szczegółowe zasady stosowania Dyrektywy Rady 1999/105/EC w zakresie wzajemnego świadczenia pomocy administracyjnej przez organy urzędowe.

Spoza Unii Europejskiej do Polski importowane są nasiona daglezi zielonej. Przywóz leśnego materiału rozmnożeniowego z terenu państw niebędących członkami Unii Europejskiej wymaga pozwolenia ministra środowiska. Pozwolenie to wydawane jest dla LMR pozyskanego z leśnego materiału podstawowego zarejestrowanego w państwie, w którym wyprodukowany został leśny materiał rozmnożeniowy oraz spełniającego przepisy dotyczące obrotu LMR, zawarte w ustawie o LMR (etykieta, świadectwo pochodzenia, odpowiednie opakowanie). We wniosku o wydanie pozwolenia określa się ilość importowanego leśnego materiału rozmnożeniowego.

Rejestr dostawców LMR

Obrót leśnym materiałem rozmnożeniowym może być dokonywany wyłącznie przez dostawców zarejestrowanych w rejestrze dostawców, prowadzonym przez ministra środowiska. Rejestracji dokonuje minister, na wniosek zainteresowanego dostawcy.

Wniosek powinien zawierać:

- imię i nazwisko lub nazwę dostawcy oraz jego adres;
- numer rejestrowy leśnego materiału podstawowego w Krajowym Rejestrze, jeżeli dostawca jest jednocześnie producentem;
- numer dostawcy w Krajowym Rejestrze Sądowym, chyba że dostawca nie podlega rejestracji w Krajowym Rejestrze Sądowym (do wniosku dołącza się odpis pełny z Krajowego Rejestru Sądowego).

Rejestracja, odmowa rejestracji oraz wykreślenie z rejestru dostawców następują w drodze decyzji administracyjnej.

Wszystkie czynności w zakresie obrotu leśnym materiałem rozmnożeniowym podlegają udokumentowaniu przez dostawców. Dostawcy prowadzą dokumentację w zakresie obrotu leśnym materiałem rozmnożeniowym, w sposób następujący:

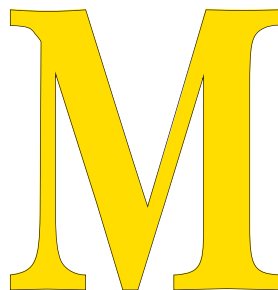
- **dział I:** dokumentacja czynności nabycia leśnego materiału rozmnożeniowego - zakup;
- **dział II:** dokumentacja czynności oferowania zbycia lub zbywania leśnego materiału rozmnożeniowego - sprzedaż;
- **dział III:** dokumentacja czynności pośrednictwa w nabyciu oraz oferowaniu zbycia lub zbywaniu leśnego materiału rozmnożeniowego - pośrednictwo - dostawca nie staje się właścicielem LMR, ani nie sprzedaje tego materiału, jedynie „kojarzy” sprzedającego i kupującego.

W każdym z działów dokumentacja gromadzona jest chronologicznie, z podziałem na kolejne lata kalendarzowe. Po zakończeniu kolejnego roku kalendarzowego dostawca sporządza zestawienie dokumentacji zgromadzonej w każdym z działów. Zestawienie to może zostać sporządzone w formie pisemnej lub w formie elektronicznych nośników informacji. Zachowane muszą być oryginały, a sama dokumentacja przechowywana przez dostawców w sposób zapewniający przechowanie jej do kontroli ministra środowiska. Najwygodniej jest co roku zamknąć całą dokumentację i na kolejny rok przygotować nową, z podziałem na trzy działy. Jeżeli w danym dziale nie ma żadnych dokumentów, to w zestawieniu należy wyraźnie zaznaczyć, że nie było transakcji danego typu. W dokumentacji dostawcy przechowuje się kopie dokumentów księgowych lub innych, dokumentujących zakup i rozchód LMR oraz przychody z pośrednictwa w obrocie.

W rejestrze dostawców zarejestrowane są wszystkie nadleśnictwa, a także parki narodowe, leśne zakłady doświadczalne, rolnicy indywidualni oraz inni dostawcy prywatni.

Numer nadawany dostawcy w rejestrze dostawców składa się z dwóch liter RD, kolejnego numeru oraz dwóch ostatnich cyfr roku, w którym wydano decyzję administracyjną o wpisie dostawcy do rejestru.

Maszyny w polowych szkółkach leśnych



KAZIMIERZ JAGIELSKI, MAREK WILCZYŃSKI

Ciągnik dla szkółek

W związku z powszechnym stosowaniem mechanizacji prac w szkółkach, ciągnik do prac w szkółkach leśnych powinien być odpowiednio dobrany oraz spełniać określone wymagania:

- **wymiary ciągnika** dopasowane do wymiarów grzędy siewnej, zalecanych przez zasady hodowli lasu (decydujące znaczenie ma w tym wypadku rozmiar oraz rozstawa kół);
- **moc ciągnika** (w wypadku stosowania tego samego ciągnika do wszystkich prac w szkółkach, zalecany byłby ciągnik o mocy powyżej 60 KM, gdyż jego moc jest szczególnie ważna przy używaniu takich maszyn jak wyorywacze grzędowe i asymetryczne);
- **prędkość jazdy ciągnika** (ma niekiedy decydujący wpływ na dokładność zabiegów, gdyż duży zakres prędkości, szczególnie małych, jest bardzo ważny przy stosowaniu sadzarek i maszyny do mieszania kompostu), ciągnik powinien być wyposażony w biegi pełzające, gwarantujące prędkość jazdy od 200 m/h wzwyż;
- **stabilność osiowa ciągnika** (ciągnik powinien zapewniać możliwość dociążenia kół przednich w celu zachowania sterowności układu kierowniczego - szczególnie jest to ważne przy pracy maszynami ciężkimi o rozbudowanej konstrukcji przestrzennej, takimi jak sadzarka do szkółkowania, wyorywacz asymetryczny, maszyna do mieszania kompostu, podnośnik widłowy itp.);
- **mały promień zawracania** (nowoczesne ciągniki mają kąt skrętu kół przednich dochodzący do 55-60 stopni; na łatwość kierowania ciągnikiem ma również wpływ wspomaganie układu kierowniczego);

- **układ hydrauliki zewnętrznej** (niezbędne jest wyposażenie ciągnika w minimum 4 gniazda hydrauliczne do napędu maszyn, takich jak: podcinacze korzeni, kultywatory aktywne, maszyny do mieszania kompostu, czy kombajny do wyorywania sadzonek);
- **walek odbioru mocy**, standardowo przygotowany do przekazywania momentu obrotowego podczas pracy maszyn (nominalna prędkość obrotowa: 540, 750 oraz 1000 obr./min. – nowoczesne ciągniki charakteryzują się tymi walorami).

Przygotowanie gleby w szkółce

Przygotowanie gleby w szkółce jest pierwszą, niezbędną czynnością produkcji roślinnej. Dotychczas glebę przygotowywano tradycyjnie, używając do tego celu pługa. Orka pługiem ma jednak wiele wad, które eliminuje przekopywanie gleby.

- **Łopata mechaniczna.** Korzyści wynikające z zastosowania tej maszyny to: likwidacja podeszwy płuźnej tworzonej przez pług, rezygnacja z operacji głęboszowania, możliwość uprawy gleby podczas suszy, zapewnienie bardzo dobrego napowietrzenia i głębokiego spulchnienia gleby, równa, bez bruzd, powierzchnia, niewyrzucanie martwej gleby na wierzch, zmniejszenie zużycia paliwa w porównaniu z pracą pługiem oraz możliwość stosowania ciągników o mniejszej mocy niż przy tradycyjnej orce. Maszyny te mają przedział szerokości roboczych od 0,45 do 4 m i zakres maksymalnej głębokości pracy od 20 do 45 cm (ryc. 54).



Ryc. 54. Łopata mechaniczna

Ryc. 55. Doglebowy aplikator środków chemicznych



- **Doglebowy aplikator środków chemicznych.** Istotnym elementem przygotowania gleby jest również zwalczanie znajdujących się w niej patogenów oraz nasion chwastów. Doglebowy aplikator środków chemicznych (ryc. 55) umożliwi umieszczenie pod powierzchnią gleby różnego rodzaju pestycydów w formie płynnej. Minimalna głębokość pracy pod powierzchnią gleby - 50 mm. Szerokość robocza warstwy nawilżanej - 1600 mm. Liczba dysz nawilżających - 11 sztuk. Pojemność zbiornika na ciecz - 300 litrów. Wydajność jednej dyszy od 0,27 do 0,66 l/min., uzależniona od ustawionego ciśnienia pracy. Zasadniczym elementem aplikatora jest nóż klamrowy z ostrzem w kształcie litery V. Wewnątrz noża umieszczone są dysze skierowane przeciwnie do jego ostrza. Kształt noża stwarza pustą przestrzeń w glebie, w którą dozowany jest środek chemiczny.
- **Maszyna do parowania gleby.** Znacznie bardziej ekologicznym sposobem zwalczania patogenów jest dezynfekcja gleby parą wodną przy użyciu maszyny do parowania gleby (ryc. 56). Parowanie jest zabiegiem, który niszczy w sposób totalny nie tylko patogeny i nasiona chwastów, ale także drobnoustroje i grzyby pożyteczne dla rozwoju rośliny. Po tym zabiegu konieczna jest odbudowa mikroflory gleby poprzez aplikację kompostów, a w razie konieczności uzupełnienie szczepionkami glebowymi. Parowanie polega na wtłaczaniu pod powierzchnię gleby pary wodnej o wysokiej temperaturze. Maszyny te mogą pracować jednocześnie na jednej, dwóch lub trzech grzędach. Para wytwarzana jest przez wytwornicę podgrzewaną przez palnik zasilany olejem opałowym. Przykładowe parametry dla parowania gleby na głębokość 5-8 cm, przy temperaturze pary 70-75 stopni Celsjusza: zużycie oleju opałowego 0,5 l/m², wody 5 l/m². Uzyskiwana wydajność pracy to 72 m²/h dla pracy na jednej i 144 m²/h dla dwóch jednocześnie parowanych grzęd. Wielkość powierzchni parowania na grzędzie: długość × szerokość - 4500 × 1200 mm. Gleba poddawana parowaniu



Ryc. 56. Maszyna do parowania gleby

musi być wcześniej odpowiednio uprawiona. W przypadku konieczności wywyższenia grzędy siewnej, zabiegi te należy wykonać na grzędzie wywyższonej.

Formowanie grzędy siewnej

Formowanie grzędy siewnej polega na wywyższeniu gleby w postaci pasa umożliwiającego w dalszym etapie siewy, uprawy międzyrzędowe, szkółkowanie, itp. Celem wywyższenia grzędy siewnej jest zapobieżenie tworzeniu się zastoisk wodnych po opadach, wymakaniu nasion po siewie, strat w sadzonkach, wymywaniu składników pokarmowych roślin i tworzeniu ich koncentracji w obniżeniu grzędy. Wywyższanie grzędy polega na przemieszczeniu części gleby ze ścieżek, po których porusza się ciągnik, na grzędę siewną.



Ryc. 57. Maszyna do formowania grzędy

W wyniku wywyższenia grzędy nadmiar wody spływa na ścieżki robocze. Wywyższona grzęda siewna nawilżana jest przez przesiąkanie wody z jej boków.

- **Maszyna do formowania grzędy.** Składa się z układu zgarniaczy do przemieszczania gleby (ryc. 57), przy tym może współpracować z rolką gładką lub kultywátorem sprężynowym. Szerokość grzędy siewnej regulowana jest w zakresie 1000–1200 mm, maksymalna wysokość wywyższenia wynosi 200 mm.

Uprawa gleby na grzędzie siewnej

Grzędę wywyższoną lub płaską należy przygotować do siewu. W przypadku stosowania łopaty mechanicznej w szkółkach, grzędę można uwałować rolką gładką celem zagęszczenia warstwy wierzchniej, a następnie wykonać siew. Na glebach ciężkich i niegłęboszowanych na grzędzie mogą znajdować się duże bryły gleby z podeszwy płuźnej, niedostatecznie rozdrobnione przez łopatę mechaniczną. Wówczas zalecane byłoby zastosowanie kultywátora sprężynowego z wałem strunowym (ryc. 58). Przed siewem grzędę należy również wałować rolką gładką. Maszyny te występują w przedziale szerokości roboczych od 1100 do 1500 mm.

Ryc. 58. Kultywátor sprężynowy z wałem strunowym



Siew nasion

- **Siewnik nasion lekkich, typ 83** (ryc. 59). Może być wykorzystywany do siewu na grzędach płaskich i wywyższonych. Przeznaczony jest do siewu nasion lekkich i drobnych, o rozmiarach od wielkości nasion róży, aż do na-



Ryc. 59. Siewnik nasion lekkich, typ 83

sion buka. Siewnik zaopatrzone w wymienne sekcje siejące, co umożliwia łatwe przebrojenie na dowolną liczbę sekcji siewnych. Standardowa liczba sekcji siewnych dla szkółek leśnych to 4 lub 5 sztuk, natomiast szerokość ścieżki siewnej 5 lub 8 cm. Siewnik może być również wyposażony w urządzenie pozwalające na siew pełny na całej szerokości grzędy. Ilość nasion wysiewanych na jednostkę powierzchni określa się na podstawie odpowiednich tablic podanych w instrukcji obsługi. Siewnik stwarza możliwość 160 ustawień ilości wysiewanych nasion.

- **Siewnik nasion ciężkich i dużych, typ COMBI** (ryc. 60). Umożliwia wysiew nasion w rzędkach lub na całej szerokości grzędy siewnej, na grzędach płaskich i wywyższonych. Przeznaczony jest do polowych szkółek leśnych, zadrzewieniowych, owocowych i ozdobnych. Przystosowany jest do wysiewu nasion: na sucho, zaprawianych, podkielkowanych, stratyfikowa-



Ryc. 60. Siewnik nasion ciężkich i dużych, typ COMBI



Ryc. 61. Siewnik nasion ciężkich z nadstawką do nasion lekkich

nych (razem z materiałem użytym do stratyfikacji), a także nasion skrzydlaków, owoców miękkich (w całości) oraz innych, wysiewanych na zielono. Po zainstalowaniu przystawki do nasion lekkich (ryc. 61), spełnia wszystkie funkcje siewnika typu 83. Pojemność skrzyni nasiennej dla nasion ciężkich to 280 l, dla nasion lekkich – 50 l. Liczba sekcji siejących – 4 lub 5 szt. Szerokość ścieżki siewnej wynosi 5 lub 8 cm.

Maszyny do okrywania grzędy po siewie

W przypadku siewów pełnych (na całej szerokości grzędy) na dużych powierzchniach konieczne jest przykrycie wysianych nasion. Służy do tego celu specjalna **maszyna, umożliwiająca wysiew pasowy lub rzędowy materiałów takich jak: piasek, torf, kompost i wszelkiego rodzaju mieszaniny tych składników z rozdrobnioną ściółką, trocinami itp.** (ryc. 62). Materiały okrywowe muszą mieć postać sypką. Maszyna zapewnia równomierny wysiew na całej długości grzędy. Może być wyposażona w przystawkę do okrywania nasion na ścieżkach siewnych oraz aplikacji substratów w międzyrzędzia roślin na grzędzie. Szerokość siewu, zależnie od wersji maszyny, wynosi od 1100 do 1500 mm. Pojemność zbiornika na materiał okrywowy – 0,8 oraz 2 i 2,5 m³. Obsługa jednoosobowa.

Istotnym uzupełnieniem w szkółce może być **maszyna do okrywania grzędy siewnej** (ryc. 63) folią, siatką cieniującą, lub agrowłókniną w celu cieniowania roślin, zabezpieczenia przed uszkodzeniami mrozowymi wschodów, wybieraniem nasion przez ptaki, itp. Standardowa szerokość rozwijanego materiału wynosi od 80 do 180 cm. Maksymalna średnica rolki tkaniny



Ryc. 62. Maszyna do okrywania siewów i dozowania kompostu na powierzchnię szkółki



Ryc. 63. Maszyna do okrywania grzędy siewnej folią, siatką cieniującą itp.

– 400 mm. Maszyna może pracować na grzędach płaskich i wywyższonych o maksymalnym wywyższeniu 200 mm. Zapotrzebowanie mocy – 25 kW. Obsługa jednoosobowa (traktorzysta). Maszyna ta może być przebrojona w celu zwijania wcześniej użytych materiałów.

Szkółkowanie sadzonek

Szkółkowanie sadzonek jest zabiegiem bardzo pracochłonnym, wymagającym jednocześnie bardzo dużej precyzji związanej z zachowaniem stałej odległości między rzędami sadzonek oraz sadzonkami w rzędzie. Jest to bardzo ważne ze względu na dalszą mechanizację prac związanych z uprawą międzyrzędzi, nawożeniem i zwalczaniem chwastów. Do szkółkowania najczęściej wykorzystywane są: **wyciskacz szkółkarski** (ryc. 64) z obracającymi się



Ryc. 64. Wyciskacz szkółkarski

Ryc. 65. Sadzarka chwytakowa 5-rzędowa



dyskami wyciskającymi bruzdy na grzędzie lub **sadzarki** (ryc. 65) wyposażone w chwytakowe tarcze sadzące. W przypadku wyciskaczy liczba wyciskanych szczelin na grzędzie wynosi 2-5 sztuk. Sadzonki umieszczane są w glebie ręcznie. Zastosowanie sadzarki umożliwia zachowanie powtarzalnej odległości między sadzonkami, a także między rzędami. Sadzarka może mieć 8-, 16-, 24- lub 36-chwytakowe tarcze sadzące, które zapewniają minimalną odległość między sadzonkami w rzędzie 25, 13, 8,5 i 5 cm. Do współpracy z sadzarką wymagany jest ciągnik z biegami pełzającymi i możliwością dociążenia kół przednich. Moc ciągnika - minimum 60 kW. Liczba sekcji roboczych 2-5 sztuk.

Maszyny do pielęgnacji szkółki

Pielęgnacja szkółki obejmuje takie zabiegi jak: mechaniczne zwalczanie chwastów i z użyciem herbicydów, spulchnianie gleby, nawożenie pogłównie oraz ochronę chemiczną roślin. Podstawową maszyną do tego typu zabiegów jest **kultywator do uprawy międzyrzędowej** (ryc. 66), który jednocześnie jest nośnikiem różnego rodzaju narzędzi roboczych, wyposażenia do nanoszenia herbicydów oraz rozsiewacza nawozów granulowanych. Kultywator może pracować na grzędach z sadzonkami rosnącymi w 2-7 rzędach. Może być wyposażony w gęsiostopki do podcinania chwastów, o szerokościach 70, 105, 135, 160, 190 i 200 mm, pazury do spulchniania gleby, pazury do opielania po wschodach nasion oraz do opielania w roślinach wieloletnich. Minimalna odległość między rzędami roślin na grzędzie wynosi 150 mm przy 7 rzędach, maksymalna do 500 mm przy 3 rzędach. Każda sekcja robocza indywidualnie kopiuje powierzchnię gleby, w wyniku czego utrzymywana jest stała głębokość pracy elementów roboczych.



Ryc. 66. Kultywator do uprawy gleby w międzyrzędziach roślin



Ryc. 67. Rozsiewacz nawozów granulowanych, nabudowany na kultywatorze

Do nawożenia upraw w szkółkach leśnych wykorzystywany jest **rozsiewacz nawozów granulowanych, nabudowany na kultywatorze** (ryc. 67). Dzięki temu można jednocześnie ze zwalczaniem chwastów i spulchnianiem gleby w międzyrzędziach roślin nawozić je pogłównie. Do rozsiewacza można załadować jednorazowo 100 kg nawozów granulowanych. Liczba sekcji rozsiewających 2–7 sztuk.

Opryskiwacz do herbicydów (ryc. 68) zamontowany na kultywatorze jest urządzeniem zamiennym z rozsiewaczem nawozów granulowanych. Przeznaczony jest do precyzyjnego nanoszenia herbicydów kontaktowych i do glebowych. Każda z sekcji opryskujących wyposażona jest w osłonę z regulacją wysokości położenia nad glebą. Osłony te zabezpieczają rośliny przed porażeniem przez herbicydy. Przy zabiegu należy stosować oprysk grubokroplisty. Zalecane ciśnienie cieczy na dyszach winno wynosić 1,5–3 bary. Każda sekcja ma własne kopiowanie gleby, dzięki czemu uzyskuje się stałą wysokość osłony oraz dyszy nad powierzchnią gleby. Szerokość osłon dobiera się w zależności od odległości między rzędami na grzędzie i najczęściej wy-

Ryc. 68. Opryskiwacz do herbicydów



nosi ona 160, 180, 200, 220, 240 mm. Opryskiwacz ma zbiornik na ciecz o pojemności 300 litrów.

Do ochrony chemicznej sadzonek z użyciem środków płynnych znajdują zastosowanie powszechnie używane w rolnictwie **opryskiwacze wyposażone w belkę polową**, pokrywającą opryskiem kilka grzęd jednocześnie. Ze względu na szerokość grzedy i wymagany rozstaw kół zaleca się stosowanie opryskiwaczy zawieszanych na ciągniku. W sprzedaży znajdują się opryskiwacze różnych firm, które wyposażone są w belkę opryskową o długości 8, 12, 16 i więcej metrów. Pojemność zbiornika – 300, 400, 600, 800 litrów. Ze względu na opryskiwanie sadzonek z góry, penetracja środka chemicznego od dołu sadzonki, przy powierzchni grzedy, może być niedostateczna, szczególnie w przypadku sadzonek wieloletnich. Lepszym rozwiązaniem jest opryskiwanie belką wyposażoną w pomocniczy strumień powietrza, który dodatkowo – poprzez zawirowanie wprowadza środek chemiczny pomiędzy rośliny, zapewniając większą skuteczność oprysku całej rośliny.

Na gleby ciężkie, które mają tendencję do zaskorupiania się podczas suszy, zaleca się stosowanie **kultywatora aktywnego** (ryc. 69). Kultywator ten usuwa chwasty, napowietrza glebę i udrażnia przenikanie wody do głębszych warstw gleby. Zęby spulchniające wykonują wahliwe ruchy w zakresie kąta 60 stopni. Amplituda wychylenia zębów w lewo i prawo jest regulowana. Standardowa liczba obrabianych rzędów wynosi 4–6 sztuk. Minimalna odległość między rzędami 27, 25, 20 cm. Maksymalna głębokość pracy zębów 150 mm. Wszystkie wymienione maszyny wyposażone są w układ precyzyjnego sterowania kierunkiem jazdy, w związku z czym powinny być mocowane na ciągniku na ciągnach luźnych. Maszyny te są obsługiwane przez dwie osoby: traktorzystę i operatora maszyny. Do mechanicznego zwalczania chwastów, oprócz wcześniej przedstawionych urządzeń, można stosować również inne maszyny charakteryzujące się dużą wydajnością pracy i dużą skutecznością niszczenia chwastów.



Ryc. 69. Kultywator aktywny



Ryc. 70. Opielacz karuzelowy

Opielacz karuzelowy (ryc. 70) przeznaczony jest do mechanicznego niszczenia wschodzących chwastów jednorocznych w szkółkach z wieloletkami. Zasada jego pracy polega na tym, że sprężyny wyrwijające chwasty umocowane są na obracającym się wirniku. W wyniku jazdy do przodu oraz ruchu obrotowego wirnika uzyskujemy pełne pokrycie odchwaszczanej grzędę. Maszyna usuwa chwasty na ścieżkę roboczą między grzędami. W przypadku wcześniejszego stosowania kultywatora do uprawy międzyrzędowej z gęsiostopkami, wzdłuż każdego rzędu sadzonek może tworzyć się wywyższenie gleby. Maszyna likwiduje te wywyższenia, wyrównując grzędę i likwiduje chwasty również w rzędach sadzonek. Połączenie odchwaszczania przy użyciu kultywatora międzyrzędowego GS oraz opielacza karuzelowego może całkowicie wyeliminować pracę ręczną. Średnica wirnika wynosi 1800 mm. Wirnik napędzany jest silnikiem hydraulicznym. Prędkość obrotowa wirnika jest regulowana. Obsługa maszyny – jednoosobowa. Prędkość robocza od 0,5 do 1,5 km/h.

Ryc. 71. Opielacz sprężynowy



Opielacz sprężynowy (ryc. 71) przeznaczony jest również do mechanicznego niszczenia chwastów w rzędach i międzyrzędziach roślin oraz powierzchniowego spulchniania gleby. Wyposażony jest w sekcje robocze, na których zamocowane są miękkie sprężyny. Każda sekcja pracuje na jednej grzędzie. Szerokość pracy maszyny w zależności od wersji mieści się w przedziale 1500–5000 mm. Długość sprężyn opielających 590 mm. Prędkość robocza 1,5–5 km/h, obsługa jednoosobowa.

Podcinanie korzeni

Do tego zabiegu wykorzystuje się podcinacze grzędowe, podcinające tylko korzenie palowe lub jednocześnie całą szerokość grzędy z sadzonkami oraz podcinacze aktywne, podcinające indywidualnie każdy rządki sadzonek.

- **Podcinacz grzędowy** (ryc. 72) zalecany jest do podcinania wielolatek. Nóż ułożony jest poziomo i podcina korzenie palowe sadzonek na jednakowej głębokości. Głębokość reguluje się za pomocą kół podporowych. Istnieje możliwość zastosowania hydraulicznej regulacji głębokości, co pozwala na korektę głębokości podcinania podczas pracy. W celu uzyskania dobrej jakości podcinania korzeni (bez ich podwijania), nóż podcinający odchyłony jest w stosunku do kierunku jazdy ciągnika o kąt 110° . Zakres głębokości podcinania 50–250 mm. Podcinacz produkowany jest z nożami podcinającymi o szerokości od 1100 do 1500 mm.
- **Podcinacz korzeni aktywny** (ryc. 73) zaopatrzony jest w ruchome noże, które wykonują podczas pracy ruchy wahadłowe, posuwisto-zwrotne w kierunku jazdy maszyny. Sadzonki podcinane są jednocześnie w pionie (bok



Ryc. 72. Podcinacz grzędowy

Ryc. 73. Podcinacz korzeni aktywny



korzenia) oraz poziomie (podstawa korzenia). Przy przejeździe w kierunku przeciwnym podcinany jest drugi bok i druga połowa podstawy korzenia. Między zabiegami należy stosować intensywne deszczowanie szkółki. Każda sekcja podcinająca ma własny system kopiowania gleby, który zapewnia stałą głębokość podcinania korzeni, niezależnie od nierówności jej powierzchni. Zakres regulacji głębokości podcinania 50–180 mm. Odległość między rzędami roślin na grzędzie dla tej maszyny nie może być mniejsza niż 150 mm.

Wyorywanie i wyjmowanie sadzonek

Jest to najbardziej energo- i pracochłonny zabieg spośród wszystkich wykonywanych w szkółce. Do maszyn przeznaczonych do tego celu musi być użyty ciągnik o mocy minimum 60 KM, a niekiedy – w przypadku gleb ciężkich, roślin silnie rosnących i wielolatek – powinien mieć moc 80 KM i napęd na 4 koła. Zapobiega to poślizgom kół, zwłaszcza przy dużej wilgotności gleby.

- **Wyorywacz kłamrowy** (ryc. 74) jest najprostszym urządzeniem tego typu. Przy jego użyciu zaleca się również stosowanie ciągnika z biegami pełzającymi. Wyorywacz ten produkowany jest w pięciu szerokościach roboczych od 1100 do 1500 mm. Głębokość pracy regulowana jest w zakresie 150–350 mm. W miejsce noża wyorywającego sadzonki można zainstalować nóż do podcinania korzeni i podcinać korzenie palowe wielolatek. Usuwanie gleby z systemu korzeniowego sadzonek, po wyoraniu tym wyorywaczem, wykonywane jest ręcznie.
- **Wyorywacz aktywny z rusztem wytrząsającym** (ryc. 75) jest bardziej zaawansowany technicznie, przez co znacznie obniża wysiłek ludzki. Praca

Ryc. 74. Wyorywacz kłamrowy



Ryc. 75. Wyorywacz aktywny z rusztem wytrząsającym



tą maszyną polega na jednoczesnym wyoraniu sadzonek i wytrząśnięciu gleby z systemu korzeniowego. Intensywność wytrząsania gleby można zwiększyć poprzez podwyższenie częstotliwości drgań rusztu wytrząsającego oraz zwiększenie kąta pochylenia rusztu w stosunku do powierzchni ziemi. Zależnie od rodzaju gleby oraz wielkości sadzonek można stosować ruszty o różnych gęstościach. Do gleb lekkich i małych sadzonek zaleca się ruszty zagęszczone, gdzie odległość między prętami wytrząsającymi wynosi 70 mm. W innych wypadkach można stosować ruszty standardowe - 105 mm oraz rozrzedzone - 140 mm przeznaczone na gleby ciężkie. Wyorywacz ten może również pełnić funkcję aktywnego podcinacza korzeni palowych po zamontowaniu w miejsce noża wyorującego - nóż podcinający. Szerokość noża wyorującego wynosi 1100, 1200, 1300, 1400 i 1500 mm. Zalecana głębokość pracy mieści się w zakresie 150-350 mm.

W przypadku dużej liczby wykopywanych sadzonek i znacznej powierzchni szkółek, można stosować wysokowydajne wyorywacze, które zapewniają szybkie wyjęcie sadzonek z gruntu, wytrząśnięcie gleby z systemu korzeniowego, wstępne sortowanie sadzonek na maszynie oraz wiązanie w pęczki z układaniem w paletach ustawionych na maszynie.

- **Wyorywacze przenośnikowe grzędowe typu BOT oraz PS** należą właśnie do tej grupy. Są wyposażone w drabinkowe przenośniki wytrząsające glebę oraz specjalne podesty dla osób sortujących sadzonki. Dodatkowo na podestach można ustawić maszynę do wiązania i palety do magazynowania sadzonek (ryc. 76). Obsługa maszyny składa się z pięciu osób, tzn. traktorzysty oraz minimum czterech osób odbierających i sortujących sadzonki. Szerokość wyorywania 1200 mm, głębokość pracy noża wyorującego regulowana w zakresie 50-300 mm. Ciągnik do napędu tej maszyny powinien mieć moc 80 KM i być wyposażony w biegi pełzające oraz napęd na cztery koła. Ze względu na dużą długość maszyny, około 5700 mm, wymagane jest pozostawienie na końcach grzęd szerokich uwroci.



Ryc. 76. Wyorywacz przenośnikowy, typ BOT (oraz PS)

Ryc. 77. Wyorywacz jednorzędowy, typ RO



Ryc. 78. Wyorywacz asymetryczny z nożem aktywnym (drgającym)



- **Wyorywacz jednorzędowy typ RO** (ryc. 77) jest wysokowydajną maszyną, służącą do selektywnego wyorywania sadzonek jednorocznych oraz wieloletnich. W odróżnieniu od wcześniej przedstawionych wyorywaczy, wyoruje on tylko jeden rząd sadzonek na grzędzie. Nóż wyorujący jest wymienny, a jego szerokość wynosi 25, 30, 35, 40 lub 45 cm. Maksymalna głębokość pracy noża 350–400 mm. Do obsługi maszyny potrzebne są trzy osoby – traktorzysta oraz dwie odbierające i układające sadzonki w paletach. Zasada pracy tej maszyny polega na tym, że nóż wyoruje jeden rząd sadzonek, które są chwytane przez dwa pasy transportujące i wyciągane z gleby. Pasy transportują sadzonki do miejsca odbioru, gdzie obsługujący maszynę je odbierają i układają na palecie. W czasie transportu korzenie sadzonek są otrząsane z gleby. Warunkiem podstawowym dla dobrej pracy maszyny jest to, aby część nadziemna sadzonki miała nie mniej niż 20 cm, natomiast wysokość maksymalna może wynosić około 1,5 m. Również do tej maszyny wymagany jest ciągnik o mocy minimum 80 KM, wyposażony w biegi pełzające i napęd na cztery koła.
- **Wyorywacze asymetryczne** zaleca się stosować do sadzonek wieloletnich wysokich, niemieszczących się w prześwicie ciągnika. Rozróżnia się dwa typy tych maszyn – z rusztem wytrząsającym lub aktywnym nożem drgającym (ryc. 78). Standardowe szerokości noży wyorujących wynoszą 500 lub 600 mm. Ciągnik do współpracy z tymi maszynami winien mieć

minimum 90–100 KM mocy i biegi pełzające, a także napęd na cztery koła. Obsługa jednoosobowa.

Transport sadzonek w szkółce

Wykopane sadzonki powinny być w bardzo krótkim czasie zabezpieczone przed przesuszeniem korzeni, a więc przewiezione w miejsce składowania i zadołowane lub przewiezione do przechowalni. Dla ułatwienia tego zadania proponujemy zastosowanie **ażurowej skrzyni, częściowo otwieranej, składającej się z typowej palety drewnianej EURO oraz nadstawki zapinanej na tej paletcie** (ryc. 79). Składana nadstawka na paletę umożliwia gromadzenie i transport wykopanego materiału szkółkarskiego oraz jego składowanie w przechowalni. Dodatkowo zaopatrzona jest w ściany boczne, które chronią materiał szkółkarski przed wypadaniem. Sadzonki (drzewka, krzewy) mogą być układane luzem, powiązane w pęczki lub zapakowane w worki. Ze względu na dużą nośność palet tak zapakowany materiał szkółkarski można składować w przechowalni wielopoziomowo, ustawiając palety jedna na drugiej. W okresach, kiedy palety nie są wykorzystywane, elementy konstrukcji nadstawek mogą być złożone i składowane na niewielkiej powierzchni. Wymiary skrzyni wynoszą: (długość × szerokość × wysokość) 1200×800×1200 lub 1200×800×1600 mm.

Ciągnikowy podnośnik widłowy służy do transportu sadzonek umieszczonych na paletach (ryc. 80). Podnośniki dobrej jakości cechuje: regulowany rozstaw widel, hydrauliczne pochylanie maszty podnośnika oraz hydrauliczny poprzeczny przesuw widel. Funkcje te ułatwiają precyzyjne podnoszenie i ustawianie palet. Zalecana minimalna wysokość podnoszenia



Ryc. 79. Ażurowa skrzynia na paletcie EURO do transportu i składowania sadzonek

Ryc. 80. Ciągnikowy podnośnik widłowy



winna wynosić 1800 mm (do ustawienia dwóch palet jedna na drugiej) do 2800 mm (do ustawienia trzech palet). Udźwig podnośnika około 1500 kg. Może być też używany do załadunku palet z sadzonkami na przyczepy rolnicze, samochody i inne środki transportowe. Do współpracy z podnośnikiem może być użyty każdy ciągnik rolniczy, powinien jednak mieć dociążenie kół przednich. Do obsługi wymagana jest jedna osoba – traktorzysta.

Wiązanie sadzonek

Czynność ta powinna być wykonana przed składowaniem sadzonek w przechowalni lub dołowniku. W trakcie wiązania można sadzonki posortować oraz zinventaryzować jakościowo i ilościowo.

Mechaniczne wiązalki sadzonek (ryc. 81) umożliwiają wiązanie pęczków o średnicy do 230 mm. Wiązalka ma podwójny napęd – elektryczny oraz ciągnikowy, co umożliwia jej użytkowanie w przechowalni, a także bezpośrednio w szkółce. Wiązalka może być dodatkowo wyposażona w napęd hydrauliczny.

Istotną rolę w szkółkarstwie leśnym spełniają komposty, których produkcja winna być również zmechanizowana. Podstawowy komplet maszyn i urządzeń składa się z: rozdrabniacza do przygotowania biomasy, maszyny do mieszania kompostu na pryzmach, przenośnego laboratorium do oznaczania parametrów fizykochemicznych pryzmy w czasie kompostowania i mat ochronnych.



Ryc. 81. Mechaniczna wiazatka sadzonek

Zaprezentowane w tym rozdziale maszyny pozwalają na zmechanizowanie większości prac w szkółkach leśnych. Spełniają również wymagania zasad hodowli lasu oraz bezpieczeństwa pracy.

Mechanizacja siewu w szkółkach leśnych



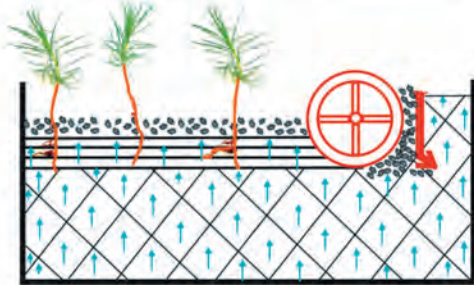
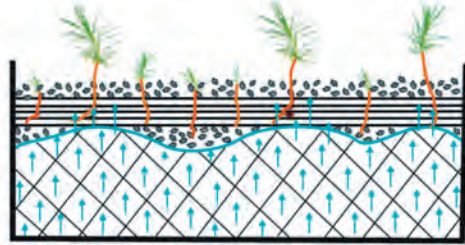
JÓZEF WALCZYK

Siew punktowy

Siew ma na celu odpowiednie, pionowe i poziome, rozmieszczenie nasion na jednostce powierzchni, w ilości właściwej dla danego gatunku. Cel ten może być realizowany przy zastosowaniu różnych technik. W czasie siewu można popełnić wiele błędów, które w sposób istotny wpłyną na udatność całej uprawy. Można podzielić je na błędy polegające na przedsięwzięciu przygotowaniu gleby, jak również na niewłaściwym wykonaniu samego siewu.

Gleba przed siewem powinna być spulchniona na taką głębokość, na jakiej będą wysiewane nasiona. Dla nasion drobnych może to oznaczać spulchnienie od 0,005 do 0,01 m. Ze względów technicznych spulchnia się glebę znacznie głębiej, dlatego do poprawienia tego błędu konieczne jest stosowanie ponownego zagęszczenia gleby, by wytworzyły się kapilary, umożliwiające pod-

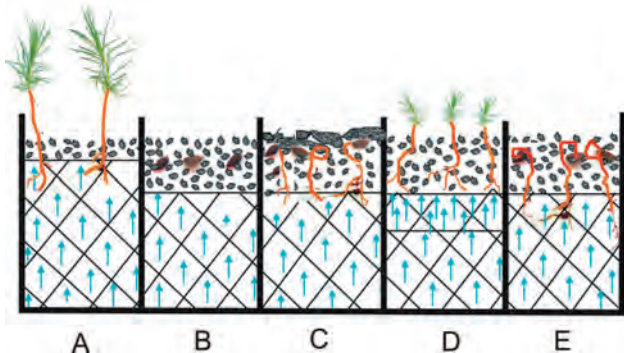
Ryc. 82. Przykład przedsiewnego przygotowania gleby: w części górnej wał strunowy stosowano oddzielnie - nierównomierną głębokość pracy kultywatora; rysunek na dole - kultywator w agregacie z wałem strunowym



siąkanie wody potrzebnej do kiełkowania nasion [Więsik, 1990]. Przesiewne spulchnianie powinno być więc połączone z równoczesnym stosowaniem wału strunowego, który zagęszcza głębsze warstwy gleby i stabilizuje głębokość pracy narzędzia spulchniającego (ryc. 82).

Tradycyjnie stosowany jest siew rzutowy, w którym nasiona wysiewane są ręcznie, a ich pionowe i poziome rozmieszczenie w glebie przypadkowe. W tej technice największym problemem jest głębokość przykrycia nasion. Nasiona po wysiewie są przykrywane za pomocą bronowania, grabienia, czy przysypywania piaskiem. Część z nich pozostaje na powierzchni nieprzykryta, część zaś przykryta zbyt głęboko. W obu wypadkach nasiona mają problemy z kiełkowaniem, a wschody są nierównomierne. W efekcie wymagana jest większa norma wysiewu, gdyż zdolność wschodów jest znacznie mniejsza od laboratoryjnej zdolności kiełkowania. Drugim problemem tej techniki jest nierównomierne wykorzystanie obsianej powierzchni szkółki, gdyż taki siew uzależniony jest od dużego doświadczenia siewcy - rozmieszczenie nasion na powierzchni zależy od jego umiejętności (ryc. 83).

Duże problemy powstają przy wysiewie nasion drobnych. Konieczne jest ich mieszanie przed wysiewem z piaskiem. W efekcie występują miejsca o du-



Ryc. 83. Siew na właściwej głębokości (A) oraz skutki siewu niewłaściwego, zbyt głębokiego, na niewałowanej grzędzie (B, C, D, E)

zym zagęszczeniu i puste, co nie sprzyja właściwemu wzrostowi siewek i powoduje spadek obsady dobrych klasowo siewek na jednostkę powierzchni. Siew ten wymaga też stosunkowo dużego nakładu pracy ręcznej i daje niepowtarzalne wyniki.

Z tych powodów zaczęto siew mechanizować. Najczęściej stosuje się następujące zespoły wysiewające: wałeczkowe, kołeczkowe, szczoteczkowe lub taśmowe. Najpowszechniej wykorzystywaną metodą jest siew rzędowy. Nasiona ze zbiornika dawkowane są przez zespół wysiewający, skąd przewodem nasiennym doprowadzane są do bruzdy wytwarzanej przez redlicę, a następnie przykrywane przez zespół zagarniający. Metoda ta zapewnia zachowanie normy wysiewu, nasiona umieszczane są na zbliżonej głębokości na dnie wytworzonej przez redlicę bruzdy, czyli uzyskuje się w miarę równomierne przykrycie nasion. W związku z tym lepsze jest ich kiełkowanie w porównaniu z siewem ręcznym. Problemem pozostaje jednak nadal poziome rozmieszczenie nasion. Wysiane nasiona rozmieszczone są dość gęsto w rzędzie, przez co muszą konkurować między sobą o światło, wodę i składniki pokarmowe, a szerokie międzyrzędzia są miejscem stwarzającym dobre warunki rozwoju chwastom. Dlatego do siewnika rzędowego (np. firma Egedal) zastosowano przystawkę do siewu całopowierzchniowego, jednak ma on, z wyjątkiem możliwości zachowania normy wysiewu i mechanizacji, prawie wszystkie wady siewu ręcznego. Istnieją również metody siewu taśmowego lub wstęgowego, przy których lepiej jest wykorzystana powierzchnia, nasiona są przykryte równomiernie przez redlice w formie gęsiostopek, ale ich powierzchniowe rozmieszczenie jest ciągle sprawą przypadku. Opisanych wad nie ma siew punktowy nasion.

SIEW PUNKTOWY. To taki siew, w którym każde nasionko dawkowane jest przez zespół wysiewający indywidualnie, w wyniku czego wszystkie nasiona mają odpowiednią, ustaloną poprzez nastawy siewnika, powierzchnię do rozwoju [Walczyk, Tylek, 2004]. Jest on znany od dawna i stosowany w rolnictwie i ogrodnictwie [Walczyk, 1971; Podleśny, 2006].

Zalety siewu punktowego:

1. Umożliwia precyzyjny dobór sztuk wysiewanych nasion na jednostkę powierzchni.
2. Gwarantuje równomierne pionowe i poziome rozmieszczenie nasion.
3. Zapewnia każdej roślinie zbliżoną przestrzeń potrzebną do rozwoju.
4. Zapewnia każdej siewce zbliżony dostęp do składników pokarmowych, wody i światła.
5. Ze względu na lepsze warunki kiełkowania i rozwoju, pozwala zaoszczędzić około 20% nasion.
6. Daje siewki bardziej wyrównane wymiarowo i jakościowo.
7. Korzenie siewek nie są ze sobą poprzerastane i w czasie wyjmowania mniej się je uszkadza.

8. Dzięki pojedynczemu umieszczeniu siewek w rzędach łatwiejsze jest pielnie.
9. Eliminuje mało precyzyjną i uciążliwą pracę ręczną.
10. Przyspiesza proces siewu, pozwalając na dotrzymanie terminów agrotechnicznych.

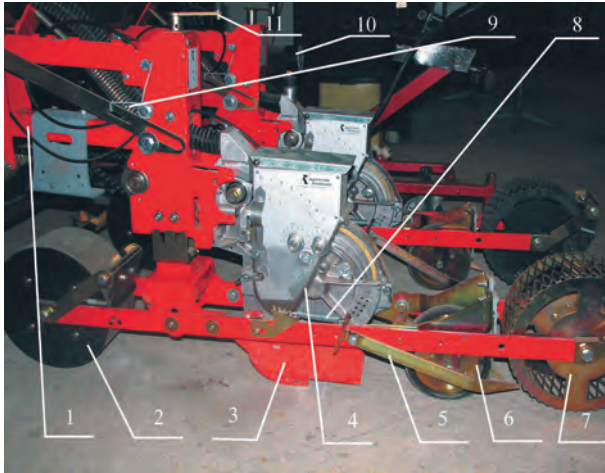
W tej technice siewu nasiona ze zbiornika wnoszone są pojedynczo, rozstawa rzędów jest regulowana, a odległość nasion w rzędzie można ustawić w dowolny sposób. W siewnikach punktowych konstruktorzy bardzo dużo uwagi poświęcili zespołowi do umieszczania nasion w glebie, które są równomiernie przykryte na jednakową głębokość spulchnioną glebą, co umożliwia dopływ powietrza i ciepła potrzebnego do kiełkowania.

Siewniki punktowe zbudowane są sekcyjnie, to znaczy, że każdy rząd obsługiwany jest przez samodzielny siewnik, zamocowany tylko na wspólnej ramie. Każda sekcja ma zbiornik nasion, z którego nasiona dostają się do zespołu wysiewającego, skąd wylatują bezpośrednio do wytworzonej przez redlicę bruzdy.

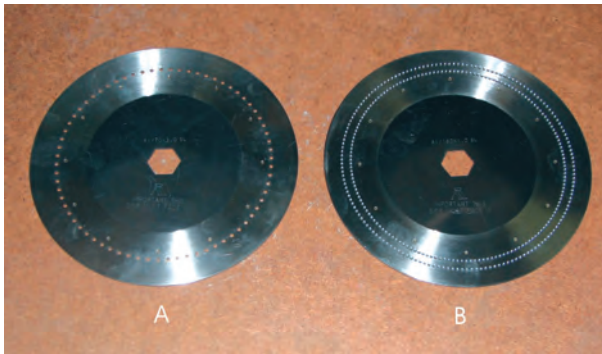
W siewnikach do siewu punktowego stosowane są zespoły wysiewające tarczowe lub taśmowe, do których niezbędne są nasiona kalibrowane, o kształcie zbliżonym do kuli oraz zespoły wysiewające pneumatyczne, gdzie nasiono przysysane jest do otworu tarczy, który jest dużo mniejszy od wymiarów wysiewanych nasion. Zespoły pneumatyczne są znacznie mniej wrażliwe na kształt wysiewanych nasion, a dostosowanie zespołu wysiewającego do wysiewu danego gatunku polega na doborze wielkości otworów na tarczy i podciśnienia, tak by nasiona były przysysane do otworów pojedynczo i żeby nie pozostawały puste otwory.

Specyfika siewu punktowego w szkółkach leśnych polega na tym, że stosowane są stosunkowo małe odległości wysiewu nasion w rzędzie, a jednocześnie zagęszczenie rzędów na powierzchni jest duże. Dotyczy to głównie uprawy w korytach, szklarniach, czy tunelach foliowych. W badaniach wysiewu punktowego nasion drzew leśnych w Katedrze Mechanizacji Prac Leśnych Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie z powodzeniem zastosowano i wdrożono w praktyce do punktowego wysiewu nasion drobnych pneumatyczny siewnik firmy *Agrocola Italiana*. Siewnik ten ma budowę sekcyjną, a liczba sekcji może być dobierana w zależności od stosowanej technologii uprawy (ryc. 84).

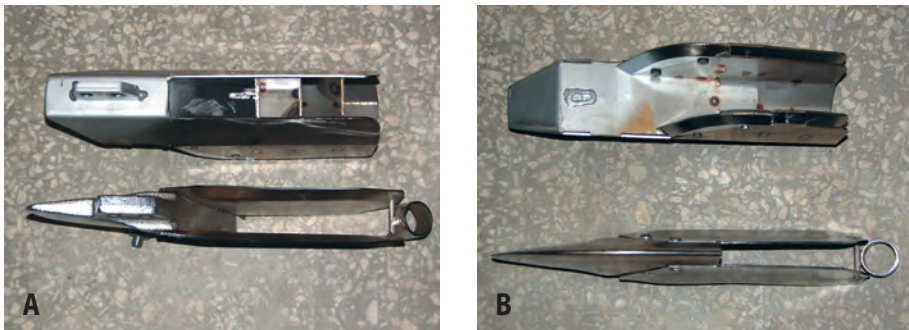
Zespół wysiewający sekcji w tym siewniku umożliwia jednorzędowy siew nasion dużych lub dwurzędowy nasion drobnych. W przypadku siewu jednorzędowego zakładana jest tarcza z jednym rzędem otworów (ryc. 85A) i redlica pojedyncza (ryc. 86 A i B). Do siewu dwurzędowego montuje się tarczę z dwoma rzędami otworów (rys. 85B) obsługującą dwie sekcje redlicy i, niezależnie od stosowanej redlicy (rys. 86B), wysiewające nasiona w rzędach oddalonych od siebie o 0,05 lub 0,07 m.



Ryc. 84. Sekcja siewnika punktowego: 1 - układ zawieszający, 2 - przednie koło ugniatająco-kopiujące z odgarniaczem brył, 3 - redlica, 4 - zespół wysiewający wraz ze zbiornikiem nasion, 5 - zagarniacz, 6 - koło dociskające, 7 - tylne koło zagarniająco-kopiujące, 8 - sprężyna odciążająco-dociążająca zagarniacz, 9 - sprężyna odciążająca sekcję, 10 - manometr podciśnienia, 11 - korba regulacji głębokości pracy redlicy



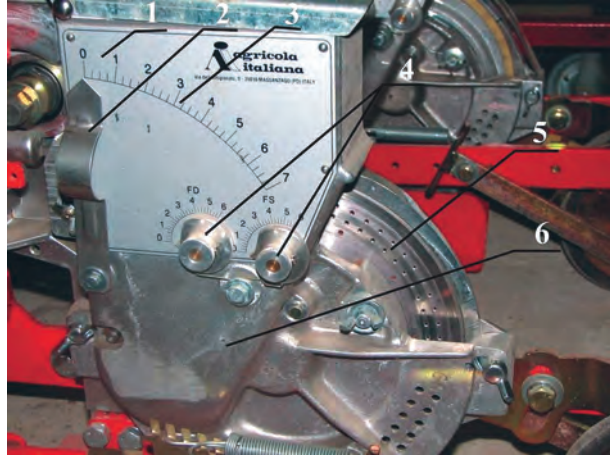
Ryc. 85. Tarcze siewnika punktowego: A - do siewu jednorzędowego, B - do siewu dwurzędowego



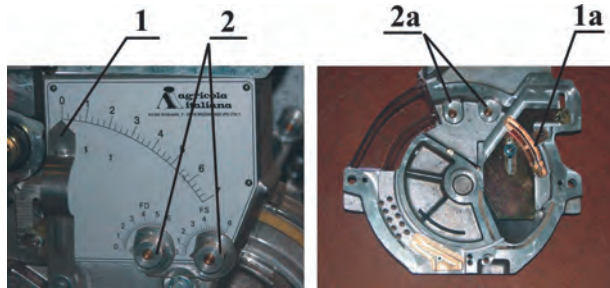
Ryc. 86. Jedno- i dwurzędowe redlice siewnika punktowego: A - widok od góry, B - widok od dołu

Zespół wysiewający siewnika na sześciokątnym wale napędowym ma zamontowaną tarczę, na której od wewnętrznej strony znajduje się kanał podciśnienia, a zewnętrzna wchodząc do zbiornika nasion przysysa je w czasie

Ryc. 87. Widok korpusu zespołu wysiewającego:
 1 - zbiornik nasion,
 2 - zgarniak górny,
 3 - podziałka zgarniaka górnego, 4 - pokrętła regulacyjne zgarniaków dolnych, 5 - tarcza wysiewająca, 6 - korpus zespołu wysiewającego



Ryc. 88. Widok zgarniaków umieszczonych w korpusie sekcji: 1 - dźwignia nastawy zgarniaka górnego, 1a - zgarniak górny, 2 - dźwignie nastawy zgarniaków dolnych, 2a - zgarniaki dolne



jej obrotu do otworów (ryc. 87). W celu usunięcia nadmiaru nasion przyssanych do otworów tarczy zamontowano trzy zgarniacze z precyzyjną regulacją ich położenia względem linii otworów tarczy wysiewającej (rys. 88).

Siew punktowy w szkółce otwartej

Do siewu w szkółce otwartej sekcje wysiewające siewnika Agrocila Italiana są montowane symetrycznie między kołami podporowymi ramy głównej siewnika, która zawieszona jest na trzypunktowym układzie zawieszenia ciągnika. Montuje się tyle sekcji, ile zakłada się rzędów na grzędzie (ryc. 89). Sekcje siewnika są mocowane do ramy głównej za pomocą uchwytu i zabezpieczane jedną śrubą. Rozstaw między rzędami jest regulowany przez przesuwanie sekcji na ramie głównej, a odległość wysiewu w rzędzie ustala się poprzez dobór tarcz z odpowiednią liczbą otworów wysiewających oraz odpowiednie przełożenie w skrzyni przekładniowej układu napędowego. Instrukcja siewnika zawiera tabelę odległości wysiewu w rzędzie oraz prosty



Ryc. 89. Siewnik punktowy do siewu w szkółce otwartej: 1 - koło podporowe ramy siewnika, 2 - sekcja wysiewająca, 3 - zbiornik do podciśnieniowego wysysania pozostałości nasion z sekcji, 4 - kompresor nadciśnienia, 5 - dmuchawa podciśnienia, 6 - rama główna siewnika, 7 - skrzynia przekładniowa układu napędowego sekcji siewnika, 8 - koło podporowo-napędowe ramy siewnika

program kalkulacyjny do obliczeń parametrów wysiewu. Zaleca się zawsze po doborze odpowiednich nastawień wykonać tak zwaną próbę kręconą. Przed rozpoczęciem próby należy wszystkie sekcje wyposażyc w takie same tarcze wysiewające i rozłączyć sprzęgła napędowe poszczególnych sekcji z wyjątkiem jednej, na której będzie przeprowadzana próba. Po podniesieniu siewnika, włączeniu napędu dmuchawy podciśnienia i ustawieniu właściwego podciśnienia zgodnie ze wskazaniem manometru, należy – obracając kołem napędowym ramy głównej – dobrać ustawienia zgarniaczy tak, by wszystkie otwory tarczy były napełnione pojedynczymi nasionami. Następnie wykonuje się, na przykład 10, obrotów koła napędowego i kolejno oblicza obwód tego koła, po czym mnożąc go przez liczbę obrotów uzyskuje drogę, jaką by przejechał siewnik w czasie próby. Pod redlicę kontrolowanej sekcji siewnika należy podstawić pojemnik, w którym zbierają się wysiewane nasiona. Po zakończeniu próby liczy się nasiona zgromadzone w pojemniku. Dzieląc obliczoną drogę siewnika przez liczbę wysianych nasion otrzymujemy odległość wysiewu w rzędzie dla tarczy jednorzędowej. Dla tarczy dwurzędowej otrzymaną odległość wysiewu należy pomnożyć przez dwa. Jeżeli wynik zgadza się z założeniami, korzystając z podziałek ustawia się zgarniacze pozostałych sekcji siewnika, włącza sprzęgła przenoszące napęd na te sekcje i siewnik jest gotowy do pracy. Przed rozpoczęciem siewu na grzędzie należy obrócić kołem napędowym ramy siewnika tak, by wszystkie otwory tarcz wysiewających zostały napełnione. W czasie siewu siewnikami pneumatycznymi nigdy nie należy wyłączać napędu dmuchawy siewnika, w przeciwnym razie nasiona odpadną od tarcz i początek grzędy nie będzie obsiany. Aby uniknąć niespodzianek po wschodach, w czasie wysiewu wskazana jest kontrola pracy sekcji wysiewających przez dodatkowego pracownika. Polega ona na obserwacji tarcz wysiewających, czy ich otwory napełnione są nasionami i kon-

Ryc. 90. Siew punktowy nasion sosny zwyczajnej za pomocą pięciu sekcji wysiewających, z wysiewem dwurzędowym, po dwóch miesiącach od daty wysiewu



troli redlic, czy nie zostały zapchane glebą. Siew wykonywany jest z prędkością do 8 km/h. Widok powierzchni obsianej punktowo nasionami sosny po dwóch miesiącach od wysiewu przedstawia rycina 90.

Siew punktowy w korytach

Dotychczas koryta obsiewane były ręcznie, niekiedy w celu lepszego rozmieszczenia nasion stosowano wygniatanie poprzecznych rzędów, następnie nasiona wsypywano do miarowych kieliszków w ilości odpowiadającej normie wysiewu dla jednego rzędu i, w miarę możliwości, rozmieszczano je równomiernie w rzędzie. Tak wysiane nasiona przykrywano piaskiem. Jest to metoda bardzo pracochłonna i nie daje efektów porównywalnych do siewu punktowego.

Aby umożliwić zastosowanie siewu punktowego w korytach, zmodyfikowano siewnik przez boczne przedłużenie ramy tak, by możliwy był przejazd siewnika obok koryt, a sekcje wysiewające mogły obsiewać koryta (ryc. 91). Minimalny rozstaw rzędów ze względu na wymiary konstrukcyjne sekcji wysiewających nie może być mniejszy niż 0,2 m. Z tego powodu, by uzyskać mniejszy rozstaw rzędów, w każdym korycie mają miejsce dwa przejazdy robocze. W pierwszym przejeździe obsiewanych jest 8 lub 10 rzędów, zależnie od liczby zamontowanych sekcji wysiewających siewnika (4 lub 5), w drugim natomiast przejeździe ciągnik jest prowadzony tak, by sekcje wysiewające poruszały się środkiem międzyrzędów utworzonych podczas pierwszego przejazdu. W efekcie przy rozstawie sekcji wynoszącej 0,2 m i stosowanej redlicy podwójnej o rozstawie 0,05 m, uzyskuje się rozstaw rzędów w korycie wynoszący 0,05 m. Na rycinie 92 przedstawiono koryto zasiane siewem punk-



Ryc. 91. Siew punktowy w korytach z modyfikowanym siewnikiem do siewu połowego



Ryc. 92. Widok koryta obsianego za pomocą czterech sekcji wysiewających, z wysiewem dwurzędowym, w dwóch przejazdach, po dwóch miesiącach od daty siewu

towym. W czasie wysiewu ciągnik prowadzony jest za pomocą znacznika zamocowanego na przednim zaczepie. Cały czas znacznik jest utrzymywany nad boczną ścianą koryta, w drugim zaś przejeździe skraca się go o połowę szerokości międzyrzędu.

Siew punktowy pod osłonami

W przypadku uprawy sadzonek pod osłonami niemożliwe jest stosowanie ciągnika. Skonstruowany do tych warunków nośnik narzędzi o elektrycznym napędzie sprawia, że może on być wykorzystany do pracy w szklarni, namiotach foliowych, korytach czy na małych powierzchniach w szkółce otwartej

Ryc. 93. Siewnik do siewu pod osłonami, produkowany przez OTL Jarocin



Ryc. 94. Obsiana punktowo nasionami sosny zwyczajnej grzęda siewna w szklarni po dwóch miesiącach od daty wysiewu



[Walczyk, Tylek, 2005; Walczyk, Tylek, 2005a]. Nośnik narzędzi zaopatrzonej jest w układ jezdny, który składa się z osadzonej na czterech kołach ramy głównej i zamocowanej na niej przesuwnej ramy pomocniczej. Rama główna ma dwa przednie koła napędzane przez reduktor za pomocą sterowanego pilotem silnika elektrycznego o zmiennej prędkości obrotowej. Tyłne koła ramy są kołami podporowymi (ryc. 93). Na przesuwnej ramie siewnika zamocowane są dwie sekcje wysiewające, opisanego wcześniej, siewnika Agricola Italiana tak, że jedna zaczyna siew od skraju grzędy, a druga od jej środka, dzięki czemu można dowolnie, bezstopniowo, regulować rozstaw między podwójnymi rzędami. Stosuje się do tego rodzaju siewu tarcze z dwoma rzędami otworów do obsiewania dwóch rzędów w jednym przejeździe. Zastosowana redlica daje rozstaw rzędów jednej sekcji wynoszący 0,05 m. Podczas ruchu sekcji siewnika obsiewane są 4 rzędy. Na końcu grzędy sekcje siewnika

podnoszone są elektryczną wciągarką do pozycji transportowej i następuje powrót siewnika do początku obsiewanej grzędy. Przed rozpoczęciem następnego przejazdu roboczego przesuwają się korbą sekcje wysiewające wraz z ramą ruchomą o dwie szerokości międzyrzędu (0,10 m). W ten sposób na całej szerokości grzędy otrzymuje się równy rozstaw rzędów wynoszący 0,05 m. Tak obsiana powierzchnia szklarni nasionami sosny zwyczajnej po dwóch miesiącach od daty wysiewu przedstawiona jest na rycinie 94.

Wyniki badań wskazują, że po 5 miesiącach od daty wysiewu rosło średnio 67,5% nasion przy siewie punktowym i tylko niecałe 46% wysianych nasion przy siewie ręcznym. Znaczący to, że przy tego rodzaju siewie tylko ze względu na lepsze warunki kiełkowania i wzrostu można zaoszczędzić ponad 20% nasion. Czas obsiania koryta o powierzchni 2,2 ara w rzędy poprzeczne przy wysiewie ręcznym wynosił 8 dni roboczych, czas zaś siewu tego koryta siewnikiem punktowym zamocowanym na ciągniku zajął zaledwie 15 minut [Walczyk, 2007].

Dobre rady:

Siew punktowy wymaga starannie przygotowanej, odchwaszczonej gleby i dobrej pielęgnacji uprawy, nie ma tutaj nadmiaru nasion, a ich niewykiełkowanie powoduje powstawanie przepustów.

Przed przystąpieniem do siewu siewnik musi być starannie wyregulowany, gdyż pomyłki w regulacji dają nieodwracalne i bardzo przykre skutki.

Nasiona stosowane do siewu powinny cechować się wysoką, gwarantowaną zdolnością kiełkowania i być czyste. Zanieczyszczenia będą traktowane przez zespół wysiewający jak nasiona i są przyczyną powstawania przepustów.

Oplaca się zatrudnienie dodatkowego pracownika kontrolującego pracę siewnika, gdyż uchroni to przed przykrymi niespodziankami, widocznymi dopiero po wschodach.

Szczególną uwagę należy poświęcić głębokości przykrycia nasion, bardzo bowiem szkodliwe jest zbyt głębokie ich przykrycie.

Ważne jest, aby deszczownia dawała małe krople niepowodujące wypłukiwania nasion i zaskorupiania gleby.

Mikoryza



MARIA RUDAWSKA, TOMASZ LESKI

Mikoryza w szkółkach leśnych

Sadzonki ze szkółek leśnych, zarówno kontenerowych jak i produkujących materiał z odkrytym systemem korzeniowym, powinny odznaczać się nie tylko doskonale rozwiniętą częścią nadziemną o mocnym pędzie i obfitych liściach lub igłach, lecz także bardzo dobrze ukształtowanym systemem korzeniowym. Kryteria dotyczące parametrów części nadziemnej są na ogół dobrze określone. Nieco mniej uwagi, jak dotąd, poświęcono ustaleniu jakości korzeni sadzonek pochodzących ze szkółek leśnych, szczególnie tych produkujących je z odkrytym systemem korzeniowym. Stanowi on przecież ważny element strukturalny, utrzymujący roślinę w glebie i zapewniający jej pobieranie wody oraz soli mineralnych, a jego nieodłącznym elementem jest dobrze ukształtowana mikoryza. Prawidłowy wzrost, rozwój i przeżywalność sadzonek są silnie uzależnione od obecności mikoryz. Świadczą o tym nieudane próby sadzenia sadzonek bez mikoryz na terenach pozbawionych grzybów mikoryzowych. Dlatego przy ocenie materiału szkółkarskiego, obok kondycji części nadziemnej, powinno się brać pod uwagę również rozwój systemu korzeniowego, w tym obfitość i różnorodność mikoryz, ponieważ mają one bezpośredni wpływ na stan zdrowotny roślin oraz udatność sadzonek po posadzeniu na uprawie.

W tym podrozdziale przedstawiono kolejno najważniejsze typy mikoryz spotykane na sadzonkach produkowanych w szkółkach leśnych, a także opisano krótko korzyści płynące z obecności mikoryz dla prawidłowego rozwoju i zdrowotności sadzonek w szkółce oraz bezpośrednio po posadzeniu na uprawie. Nieco szerzej przedstawiono ektomikoryzy, jako najbardziej rozpowszechniony typ symbiozy mikoryzowej na produkowanych w polskich szkółkach leśnych gatunkach drzew. Następnie omówiono czynniki wpływające na rozwój mikoryz w warunkach szkółki leśnej oraz zamieszczono kilka uwag praktycznych dla leśników-szkółkarzy, jak na bieżąco monitorować stan symbiozy mikoryzowej oraz zwiększyć korzyści płynące z obecności mikoryz na sadzonkach produkowanych w szkółkach leśnych. Nie przedstawiono natomiast różnych sposobów mikoryzacji naturalnej, odsyłając czytelnika do prac opublikowanych wcześniej [Rudawska, 1993, 2000; Rudawska i Leski, 2007].

CO TO JEST MIKORYZA? Mikoryza z greckiego znaczy dosłownie grzybo-korzeń (mykos = grzyb, rhiza = korzeń) i określa bardzo ściśle (symbiotyczny), wzajem-

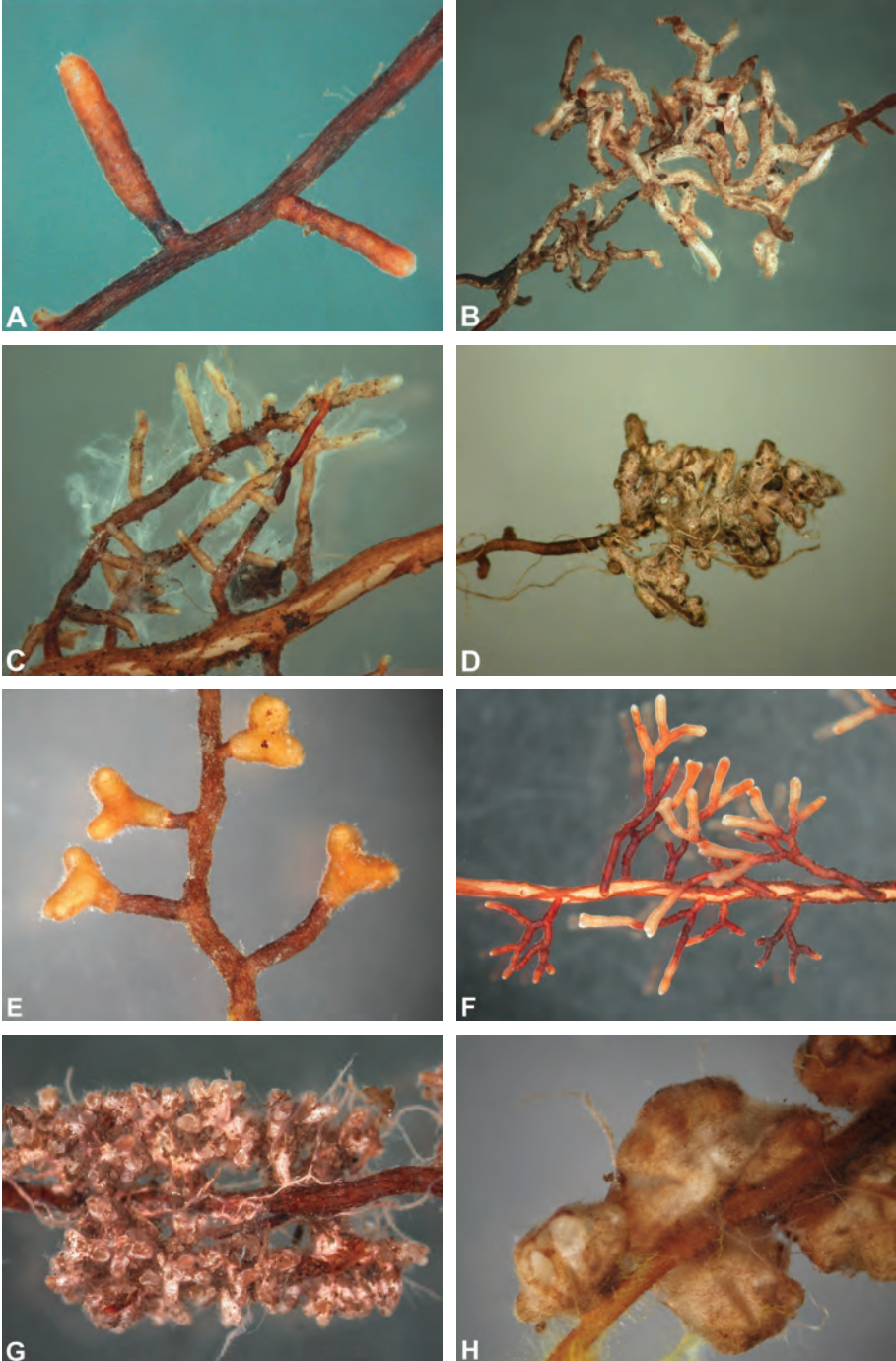
nie korzystny (mutualistyczny) związek między wyspecjalizowanymi grzybami glebowymi (tzw. grzybami mikoryzowymi) i korzeniami roślin. W świecie roślin występowanie mikoryz jest regułą, a brak mikoryz wyjątkiem.

Typy mikoryz

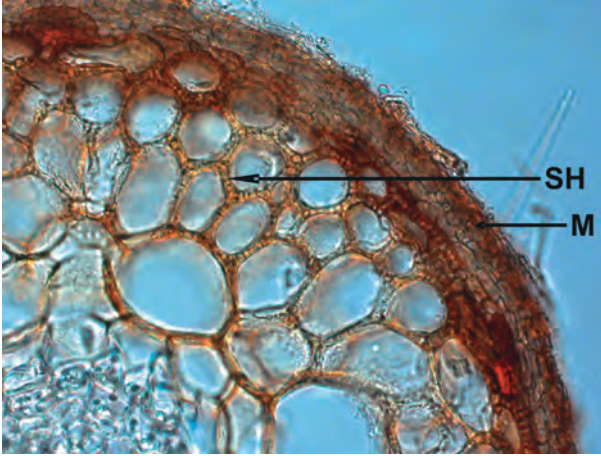
W zależności od rośliny gospodarza, grzybów tworzących związek mikoryzowy oraz struktur tworzonych w korzeniach wyróżniono kilka typów mikoryz [Peterson i in., 2004]. Do najważniejszych typów mikoryz, występujących u drzew leśnych produkowanych w szkółkach, należą ektomikoryza, ektendomikoryza i mikoryza arbuskularna.

1. EKTOMIKORYZA jest charakterystyczna dla drzew tworzących ekosystemy leśne półkuli północnej, w strefie umiarkowanej i borealnej. Ten typ symbiozy jest najważniejszy w naszych szkółkach leśnych, ponieważ tworzą go niemal wszyscy przedstawiciele z rodziny *Pinaceae* – sosna (*Pinus*), świerk (*Picea*), jodła (*Abies*), modrzew (*Larix*), daglezja (*Pseudotsuga*), a także ważne drzewa liściaste, takie jak: buk (*Fagus*), dąb (*Quercus*), brzoza (*Betula*), lipa (*Tilia*) i grab (*Carpinus*). Ektomikoryza rozwija się na tzw. krótkich korzeniach o przekroju ≤ 1 mm. Pod wpływem grzybni zmienia się wygląd korzeni, które ulegają skróceniu i licznym podziałom, tworząc (szczególnie u sosny) różne formy rozgałęzień: pojedyncze, nieregularne, dychotomiczne, wielokrotnie dychotomiczne, koralowate, a nawet bulwkowate (ryc. 95A–H). Symbiozę ektomikoryzową, szczególnie u iglastych, można rozpoznać nawet gołym okiem po występowaniu tzw. mufki grzybniowej, otaczającej korzeń. Ektomikoryzy tworzone przez różne gatunki grzybów różnią się barwą i grubością mufki grzybniowej, strukturą powierzchni, która może być gładka lub wełnista, a także występowaniem różnego rodzaju struktur, takich jak włoski, szczecinki, grzybnia zewnętrzna i sznury grzybniowe. Na przekroju poprzecznym, pod mikroskopem, widoczny jest także drugi, najbardziej charakterystyczny rys ektomikoryzy: strzępki grzybni, które penetrują pomiędzy komórkami kory pierwotnej korzenia, czyli tzw. sieć Hartiga (ryc. 96). Jest to strefa, gdzie grzyb i roślina wchodzi w ścisły kontakt i gdzie następuje wymiana metabolitów obu symbiontów (woda i sole mineralne vs węglowodany). Grzyby tworzące ektomikoryzy w szkółkach leśnych omówiono na str. 187–188.

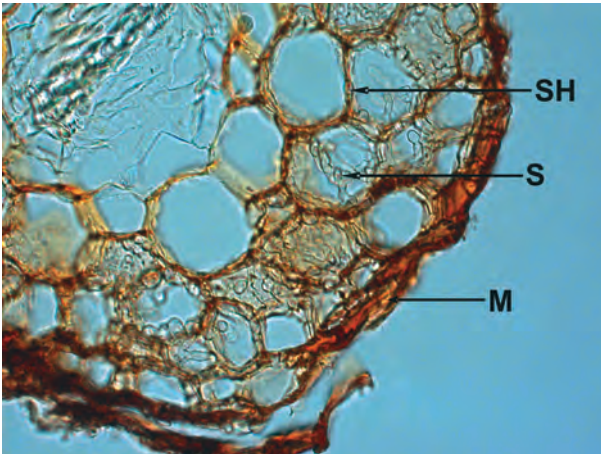
Ryc. 95. Różne typy morfologiczne mikoryz: A - pojedyncza (*Wilcoxina mikolae* - na sośnie), B - nieregularnie rozgałęziona (*Scleroderma sp.* - na dębie), C - pojedynczo, pierzaście rozgałęziona (*Hebeloma crustuliniforme* - na świerku), D - pojedynczo, piramidalnie rozgałęziona (*Paxillus involutus* - na buku), E - dychotomiczna (*Tuber sp.* - na sośnie), ►



F - wielokrotnie, dychotomicznie rozgałęziona (*Thelephora terrestris* - na sośnie),
 G - koralowata (*Suillus* sp. - na sośnie), H - bulwkowata (*Rhizopogon* sp. - na sośnie)



Ryc. 96. Przekrój poprzeczny przez ektomikoryzę jodły: M - mufka grzybniowa, SH - sieć Hartiga

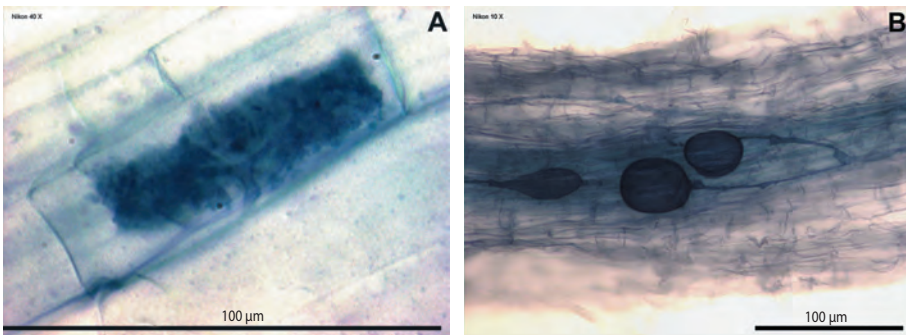


Ryc. 97. Przekrój poprzeczny przez ektendomikoryzę modrzewia: M - szczątkowa mufka grzybniowa, SH - sieć Hartiga, S - strzępki grzybniowe wewnątrz komórek kory pierwotnej korzenia

2. EKTENDOMIKORYZA jest częstym typem mikoryz, spotykanym na materiale szkółkarskim. Występuje na sośnie i modrzewiu, zwłaszcza w pierwszym roku hodowli. Ektendomikoryzy, w przeciwieństwie do ektomikoryz, nie mają tendencji do rozgałęziania, choć u sosny bywają niekiedy dychotomicznie wydłużone; odznaczają się cienką, gładką, niekiedy fragmentaryczną mufką, pozbawioną luźnej grzybni zewnętrznej (ryc. 95A i ryc. 97). Na przekroju poprzecznym pod mikroskopem widoczne są strzępki grzybniowe, które penetrują wewnątrz komórek, ale tworzą także niezbyt obfitą sieć Hartiga w przestrzeniach międzykomórkowych kory pierwotnej korzenia (ryc. 97). Ektendomikoryzy są charakterystycznym typem symbiozy dla wczesnych stadiów rozwojowych sosny oraz modrzewia i, w przeciwieństwie do dotąd uznawanych poglądów, wpływają korzystnie na ich odżywianie, wzrost i przeżywalność. Grzyby tworzące ek-

tendomikoryzę należą do workowców (*Ascomycota*). Najczęściej spotykanym symbiontem ektendomikoryzowym w polskich szkółkach leśnych jest grzyb *Wilcoxina mikolae*, który tworzy małe, miseczkowate owocniki na powierzchni gleby.

- **Mikoryza arbuskularna.** Spośród drzew hodowanych w naszych szkółkach leśnych mikoryza arbuskularna występuje przede wszystkim u okrytozalążkowych (*Angiospermae*), takich jak jesion (*Fraxinus*), klon (*Acer*), wiąz (*Ulmus*), topola (*Populus*), a także u wielu drzew owocowych. Wśród nagozalążkowych (*Gymnospermae*) mikoryzę arbuskularną mają np.: tuja, jałowiec, cis, cedr, miłorząb, sekwoja i metasekwoja. Niektóre drzewa, jak topola czy jałowiec, charakteryzują się równoczesnym występowaniem na korzeniach zarówno ektomikoryz jak i mikoryzy arbuskularnej. Mikoryza arbuskularna różni się zasadniczo od opisanych wcześniej ektomikoryz i ektendomikoryz. Tworzy ją mała grupa grzybów należąca do wydzielonej od niedawna nowej gromady *Glomeromycota* [Schüßler i in., 2001]. W tym typie symbiozy mikoryzowej nie zmienia się morfologia korzenia, który swoim wyglądem przypomina korzeń bez mikoryzy. Określenie stopnia zmikoryzowania oraz identyfikacja charakterystycznych struktur grzybniowych wymaga zastosowania różnicującego procesu barwienia i obserwacji mikroskopowej. Pozwala to na wyróżnienie we wnętrzu korzenia rozgałęziających się między- i wewnątrzkomórkowych strzępek grzybniowych oraz tworzonych przez nie charakterystycznych, drzewkowatych tworów, biorących udział w wymianie pokarmów tzw. arbuskul (ryc. 98A), od których ten typ mikoryzy wziął swoją nazwę. Stałym elementem mikoryzy arbuskularnej jest także grzybnia zewnętrzna, która stanowi łącznik pomiędzy korzeniem i środowiskiem glebowym oraz bezpośrednio z nią powiązane, stosunkowo duże, kuliste zarodniki. Niektóre grzyby arbuskularne tworzą we wnętrzu, a niekiedy i na zewnątrz korzenia, pęcherzyki (ang. vesicles) (ryc. 98B), które zawierają krople tłuszczu, a tak-



Ryc. 98. Mikoryza arbuskularna: A - utworzona z grzybni arbuskula wewnątrz komórki korzenia topoli, B - pęcherzyki wewnątrz korzenia olszy (fot. Monika Welc)

że liczne jądra i służą jako struktury zapasowe oraz przetrwalnikowe. W przeciwieństwie do większości grzybów ektomikoryzowych, grzyby arbuskularne nie tworzą dużych owocników, rozmnażają się za pomocą, wspomnianych wcześniej, dużych i stosunkowo ciężkich zarodników, które nie są przenoszone przez wiatr. Cecha ta wpływa na rozprzestrzenianie się mikoryzy arbuskularnej, które może odbywać się przede wszystkim poprzez mechaniczne przenoszenie gleby. Najłatwiejszą metodą inokulacji podłoża grzybami arbuskularnymi jest wprowadzenie gleby oraz fragmentów korzeni pobranych spod roślin z tym typem mikoryzy. Jest to o tyle proste, że grzyby arbuskularne charakteryzują się bardzo małą specyficznością w stosunku do gospodarza. Te same grzyby arbuskularne, które tworzą mikoryzę z trawami, roślinami motylkowatymi oraz niektórymi krzewami, mogą wchodzić w symbiozę z produkowanymi w szkółkach drzewami takimi jak jesion, klon, jałowiec czy cis.

Korzyści wynikające z obecności mikoryz

Do najważniejszych korzyści wynikających z obecności mikoryz zalicza się zwiększanie powierzchni chłonnej korzeni oraz ochronę systemu korzeniowego przed patogenami.

- **Zwiększanie powierzchni chłonnej korzeni.** Dzięki rozwojowi przez grzyby gęstej sieci grzybni (tzw. ekstramatrykalnej), rozprzestrzeniającej się w glebie, sznurom grzybniowym oraz obfitym mufkom oplatającym korzenie (ryc. 95G) ektomikoryzy wielokrotnie zwiększają powierzchnię chłonną rośliny. Oceniono, że mikoryzy mają powierzchnię 1000 razy większą niż korzenie pozbawione symbiozy. Ektomikoryzy nie tylko zaopatrują drzewo w wiele składników odżywczych, ale także mają ważne znaczenie w pobieraniu oraz przewodzeniu wody. Głównym szlakiem jej transportu z gleby do rośliny są sznury grzybniowe. Wykazano, że mikoryzy zwiększają wielokrotnie tolerancję roślin na suszę, gdyż w wypadku przerwania sznurów grzybniowych bardzo szybko spada turgor w komórkach i siewki więdną.
- **Wpływ symbiozy mikoryzowej na zwiększenie odporności drzew na czynniki chorobotwórcze.** Rola ektomikoryz w ochronie systemu korzeniowego drzewa przed atakiem patogenów uważana jest często za ich podstawową rolę ekologiczną, przewyższającą nawet pod względem znaczenia efekt odżywczy i pobieranie wody. Grzyby mikoryzowe chronią korzenie przed patogenami poprzez fizyczną barierę mufki grzybniowej, konkurowanie z patogenami o pokarmy (np. cukry wydzielane przez korzenie) oraz sprzyjanie rozwojowi antagonistycznych mikroorganizmów

związanych z mufką grzybniaową (żyjących w tzw. mikoryzosferze niektórych bakterii i promieniowców). Ektomikoryzy ograniczają także rozwój grzybów chorobotwórczych przez antybiotyki wydzielane przez symbionta grzybowego lub pobudzanie samej rośliny do produkcji i wydzielania pewnych substancji, np. fenoli, które mogą hamować wzrost lub nawet zabijać potencjalnego patogena. W szkółkach ektomikoryzy odgrywają szczególną rolę w ochronie systemu korzeniowego sadzonek przed patogenami powodującymi zgorzel i zgniliznę korzeniową, tj.: *Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia* i *Phytophthora*. Ektomikoryzy zwiększają także odporność drzew na wiele czynników abiotycznych, jak np.: mróz, susza i wysoka temperatura, a także wiele elementów skażenia środowiska jak tlenki siarki i azotu, kwaśne deszcze, zwiększona dostępność glinu i metali ciężkich w glebie itp. [Rudawska, 1997, 2000].

Grzyby ektomikoryzowe, które tworzą owocniki w szkółkach leśnych

Intensywne prace pielęgnacyjne na terenie szkółki nie sprzyjają zawiązaniu i rozwojowi owocników grzybów mikoryzowych. Negatywny wpływ na ten proces mają przede wszystkim zabiegi mechaniczne (orka, spulchnianie gleby, odchwaszczanie, podcinanie korzeni itp.). Dlatego w obrębie kwater hodowlanych, pod uprawianymi tam sadzonkami (najczęściej dwuletnimi i starszymi), owocniki wytwarza zaledwie kilka gatunków grzybów mikoryzowych. Do najczęściej spotykanych grzybów należą: *Hebeloma crustuliniforme* - włośnianka rosista (ryc. 99A), *Laccaria laccata* - lakówka pospolita (ryc. 99B), *L. tortilis* - lakówka drobna, *Suillus luteus* - maślak zwyczajny (ryc. 99C) oraz *S. grevillei* - maślak żółty (ryc. 99D). Sporadycznie pojawiają się w polskich szkółkach leśnych owocniki grzybów: *Paxillus involutus* (krowiak podwinięty, olszówka), *Rhizopogon* sp. (piestrówka), *Scleroderma* sp. (tęgoscór), *Xerocomus subtmentosus* (podgrzybek zajączek) i *Inocybe* sp. (strzępiak).



Ryc. 99. Owocniki grzybów ektomikoryzowych, najczęściej spotykanych w polskich szkółkach leśnych: A - *Hebeloma crustuliniforme*, B - *Laccaria laccata*, C - *Suillus luteus*, D - *Suillus grevillei*

Zbiorowiska grzybów ektomikoryzowych występujących w szkółkach leśnych

Badania prowadzone od kilku lat w Pracowni Badania Mikoryz Instytutu Dendrologii PAN w Kórniku pozwoliły na dokładne określenie składu gatunkowego grzybów mikoryzowych, tworzących mikoryzy na podstawowych gatunkach drzew lasotwórczych, takich jak: sosna, świerk, modrzew i dęby (szypułkowy i bezszypułkowy) [Rudawska i in., 2001; Iwański i in., 2006; Rudawska i in., 2006; Trocha i in., 2006; Leski i in., 2008, 2009]. Znana jest również ogólna struktura zbiorowisk grzybów mikoryzowych towarzyszących sadzonkom buka, brzozy, lipy czy grabu (Rudawska i Leski, dane niepublikowane, tabela 18).

Stopień zmikoryzowania sadzonek w polskich szkółkach leśnych produkujących materiał z odkrytym systemem korzeniowym jest bardzo duży i sięga najczęściej 100% (nawet na sadzonkach 1/0 pod koniec sezonu). W przeciwieństwie do dziesiątków czy setek gatunków występujących na niewielkim

Tabela 18.
Gatunki grzybów tworzące ektomikoryzy i ektendomikoryzy w szkółkach leśnych

| Drzewo | Grzyby |
|-------------------------|--|
| Sosna | ASCOMYCOTA: <i>Cenococcum geophilum</i> (czarniak), <i>Phialocephala fortini</i> , <i>Tuber</i> sp.1 (trufła), <i>Wilcoxina mikolae</i> BASIDIOMYCOTA: <i>Hebeloma crustuliniforme</i> (włosnianka rosista), <i>H. longicaudum</i> (w. kępkowa), <i>Rhizopogon luteolus</i> (piestrówka żółtawa), <i>R. roseolus</i> (p. różowawa), <i>Suillus bovinus</i> (maślak sitarz), <i>S. luteus</i> (m. zwyczajny), <i>S. variegatus</i> (m. pstry), <i>Thelephora terrestris</i> (chropiatka pospolita) |
| Świerk | ASCOMYCOTA: <i>C. geophilum</i> , <i>Phialophora finlandia</i> , <i>Pulvinulla constellatio</i> , <i>Tricharina ochroleuca</i> , <i>Tuber</i> sp. 2, <i>W. mikolae</i> , <i>Wilcoxina</i> sp. 1 i 2 BASIDIOMYCOTA: <i>Amphinema byssoides</i> (strzępkoblonka włóknista), <i>H. crustuliniforme</i> , <i>H. longicaudum</i> , <i>Paxillus involutus</i> (krowiak podwinięty), <i>T. terrestris</i> , <i>Xerocomus subtomentosus</i> , <i>Tomentella</i> sp. |
| Modrzew | ASCOMYCOTA: <i>Pezizales</i> 1-3, <i>Tuber</i> sp. 2 i 3, <i>W. mikolae</i> BASIDIOMYCOTA: <i>Suillus grevillei</i> (m. żółty) |
| Dęby | ASCOMYCOTA: <i>C. geophilum</i> , <i>Hymenoscyphus ericae</i> , <i>Pezizales</i> 4-6, <i>P. fortini</i> , <i>Tuber</i> sp. 4 BASIDIOMYCOTA: <i>Alnicola</i> sp., <i>A. byssoides</i> , <i>Hebeloma helodes</i> , <i>H. sacchariolens</i> , <i>Hebeloma</i> sp., <i>Inocybe</i> sp. (strzępiak), <i>Inocybe curvipes</i> , <i>Laccaria tortilis</i> (lakówka drobna), <i>L. proxima</i> (l. okazała), <i>P. involutus</i> , <i>Scleroderma verrucosum</i> (tegoscór brodawkowy), <i>Tricholoma</i> sp. (gaska) |
| Buk, brzoza, lipa, grab | ASCOMYCOTA: <i>C. geophilum</i> , <i>P. fortini</i> , kilka gatunków z rzędu <i>Pezizales</i> , kilka gat. z rodzaju <i>Tuber</i> BASIDIOMYCOTA: <i>H. crustuliniforme</i> , <i>H. helodes</i> , <i>H. sacchariolens</i> , <i>Laccaria</i> sp., <i>P. involutus</i> , kilka gat. z rodzaju <i>Scleroderma</i> , kilka gat. z rodzaju <i>Pseudotomentella</i> i <i>Tomentella</i> , <i>Xerocomus</i> sp. (podgrzybek) |

nawet obszary lasu, w szkółkach leśnych sadzonki skolonizowane są przez małą liczbę, tzw. pionierskich, gatunków grzybów mikoryzowych, zaadaptowanych do specyficznych warunków szkółki leśnej. W nich najmniejszą liczbę partnerów mikoryzowych ma modrzew, największą zaś dęby. Mikoryzy w szkółkach tworzone są przez grzyby reprezentujące zarówno grzyby workowe (*Ascomycota*) jak i podstawczaki (*Basidiomycota*). Charakterystyczną cechą związków mikoryzowych na jednorocznych sadzonkach sosny i modrzewia jest dominacja ektendomikoryz utworzonych przez grzyb *Wilcoxina mikolae* (ryc. 95A). Udział ektendomikoryz *W. mikolae* na tych gatunkach zmniejsza się wraz z wiekiem roślin. Na dwuletnich sadzonkach sosny zastępowane są one głównie przez mikoryzy suilloidalne (ryc. 95G i H), tworzone przez grzyby z rodzaju *Suillus* i *Rhizopogon*, natomiast u starszych sadzonek modrzewia zaczynają dominować mikoryzy grzyba *Suillus grevillei*. Warto zaznaczyć, że na sadzonkach świerka grzyb *W. mikolae* nie tworzy ektendomikoryz, ale typowe ektomikoryzy. Dominują one na sadzonkach jednorocznych, a na sadzonkach dwu- i trzyletnich zastępowane są przez gatun-

ki z rodzaju *Hebeloma*, *Amphinema*, *Paxillus* i *Xerocomus* (ryc. 95). Najczęściej występującymi mikoryzami w szkółkach leśnych są mikoryzy tworzone przez grzyby z rodzaju *Hebeloma* (ryc. 95C). Można je spotkać na wszystkich gatunkach drzew, z wyjątkiem modrzewia. U gatunków liściastych mikoryzy *Hebeloma* należą do mikoryz dominujących pod względem obfitości występowania. W szkółkach leśnych bardzo często, ale z niewielką obfitością, pojawiają się także mikoryzy grzybów z rodzaju trufla – *Tuber* (ryc. 95E). Podziemne owocniki grzybów z rodzaju *Tuber*, jak dotąd, nie zostały znalezione na kwaterach hodowlanych. Liczną grupę mikoryz spotykanych na sadzonkach modrzewia i gatunków liściastych stanowią mało zróżnicowane pod względem cech morfologicznych mikoryzy kilku, niezidentyfikowanych dotąd, grzybów z rzędu *Pezizales* (*Ascomycota*).

Stymulowanie rozwoju mikoryz w szkółkach leśnych powinno należeć do podstawowych zadań leśników szkółkarzy. Stąd niezwykle ważne jest, by szkółki otoczone były drzewami tworzącymi ektomikoryzę z najbardziej pożądanymi gatunkami grzybów, dzięki czemu jesienią gleba w szkółce może zostać zasilona zarodnikami, z których rozwinię się nowa grzybnia, będąca w stanie utworzyć cenne mikoryzy na korzeniach rozwijających się w szkółce sadzonek. Warto tutaj dodać, że we wczesnych stadiach rozwojowych drzewa wykazują małą specyficzność w stosunku do grzybów. Dlatego w szkółkach leśnych ten sam gatunek grzyba może tworzyć ektomikoryzy z wieloma gatunkami drzew.

Czynniki wpływające na rozwój mikoryz

Mikoryza należy do bardzo ważnych ekologicznych uwarunkowań uprawy sadzonek w szkółkach leśnych, obok takich czynników jak: mikroklimat, żyzność, wilgotność, równowaga biologiczna w glebie, obecność grzybów patogenicznych, owadów i chwastów. Wszystkie te czynniki wzajemnie na siebie wpływają, decydując w ostatecznym efekcie o kształcie symbiozy mikoryzowej w danej szkółce. Szkółka leśna jest uproszczonym układem ekologicznym, przy czym w małych, czasowych szkółkach leśnych, użytkowanych przez 3–5 lat układ ten był stosunkowo mało naruszany. Utworzenie szkółek stałych, produkujących sadzonki przez kilkadziesiąt lat na tym samym terenie, tak jak się to dzieje obecnie, czyni zagadnienie bardziej złożonym i bardzo często powoduje zachwiania w strukturze symbiozy mikoryzowej.

Gleba szkółkowa na ogół jest dobrym podłożem do wzrostu sadzonek i tworzenia mikoryz pod warunkiem, że zawiera naturalne inokulum grzybnio-we. Do podstawowych czynników wpływających na kształtowanie się zbio-

rowisk mikoryzowych w szkółkach należą: rozwój korzeni drobnych, struktura gleby oraz jej wilgotność, temperatura, pH i skład chemiczny, nawożenie oraz zabiegi ochrony chemicznej.

Ponieważ mikoryzy powstają na najdrobniejszych odgałęzieniach systemu korzeniowego (tzw. korzenie drobne), dlatego wszelkie nieprawidłowości w jego rozwoju, a zwłaszcza ograniczenie tworzenia korzeni drobnych, wpływają negatywnie na zawiązywanie mikoryz. Tworzenie korzeni drobnych może być zakłócone przez zbytnią zwięzłość gleby, jej słabą przepuszczalność i napowietrzenie. Ważnym czynnikiem w ich rozwoju jest również poziom wilgotności. Powszechne zastosowanie deszczowni wyklucza w naszych szkółkach leśnych problem negatywnego wpływu suszy. Niebezpieczne natomiast jest zbyt silne nawadnianie, które powoduje obniżenie napowietrzenia gleby. Może to ujemnie wpływać na wzrost grzybów mikoryzowych, które są organizmami o dużych wymaganiach tlenowych. Zbyt silne nawadnianie wpływa również na powstawanie tzw. korzeni wodnych, silnie zgrubiałych, pozbawionych włóśników i bocznych, drobnych odgałęzień. Zachowują się one jak gąbka, intensywnie pobierając wodę z solami mineralnymi i nie wchodzi w związki symbiotyczne. Ich funkcjonalność jednak zmniejsza się silnie po wysadzeniu na uprawę, gdzie szybko zamierają i ulegają dekompozycji.

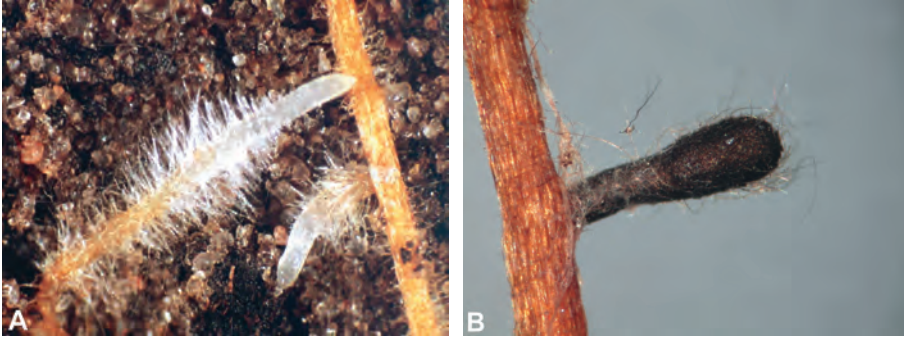
Grzyby ektomikoryzowe uznawane są na ogół za organizmy kwasolubne, czyli takie, które mają swoje optimum wzrostu przy umiarkowanie niskim pH. W szkółkach leśnych (na skutek nawożenia) mamy jednak często do czynienia z podwyższonym odczynem gleby, zbliżonym do obojętnego, lub lekko zasadowym. Nasze obserwacje wskazują jednak, że nawet w takich warunkach sadzonki charakteryzują się obfitą mikoryzą. Przyjęło się uważać, że nawożenie azotowe jest głównym czynnikiem regulującym tworzenie i funkcjonowanie mikoryz w szkółkach leśnych, przy czym jego zbyt wysoki poziom może negatywnie wpływać na stopień skolonizowania mikoryzowego. Dzieje się tak najczęściej przy drastycznym przekroczeniu zalecanych dawek, co w naszych szkółkach leśnych zdarza się niezwykle rzadko. Niemniej należy ograniczyć nawożenie azotowe iglastych (szczególnie sosny i modrzewia) tak, aby nie przekraczać zawartości azotu w tkankach powyżej 2%. Siewki dwuletnie nie powinny być wcale nawożone lub tylko w niewielkim stopniu i jedynie w wypadku zaobserwowania wyraźnych symptomów niedoboru jakiegoś pierwiastka. Wskazane jest stosowanie nawozów wolnorozpuszczalnych, unikanie najłatwiej dostępnych roślinom form nawozów, szczególnie mocznika, na który mikoryzy, głównie sosny, są wyjątkowo wrażliwe. Z naszych wieloletnich badań w szkółkach leśnych wynika następująca konkluzja dotycząca nawożenia: każda szkółka i każda gleba jest unikalna w swoim charakterze oraz właściwościach, dlatego poziom nawożenia, który może wpływać negatywnie lub pozytywnie na mikoryzę, powinien być wypracowany doświadczalnie dla każdej szkółki leśnej.

Stosowana w szkółkarstwie szeroko pojęta ochrona chemiczna (odkażanie gleby, fungicydy, herbicydy, nematocydy, insektycydy) powoduje nie tylko zamierzone efekty, ale może również wpływać na inne grupy organizmów, w tym również grzyby mikoryzowe. Większość zabiegów ochronnych wpływa ograniczająco lub negatywnie na wzrost grzybów mikoryzowych, dlatego należy ograniczyć ich stosowanie do niezbędnego minimum, a tam gdzie jest to możliwe, stosować środki ochrony biologicznej.

Trzeba podkreślić, że ze względu na specyfikę i silne zróżnicowanie warunków w szkółkach leśnych, czynniki wpływające na rozwój mikoryz powinny być rozpatrywane kompleksowo. Negatywne bowiem działanie jednego elementu może być kompensowane poprzez inne. W efekcie nie prowadzi to do ograniczenia stopnia kolonizacji mikoryzowej, a do ukierunkowanej zmiany składu symbiontów mikoryzowych. Zaczynają wtedy dominować gatunki najlepiej przystosowane do danych warunków. Przykładem są grzyby z rodzaju *Hebeloma*, które przejawiają skłonność do podwyższonego poziomu azotu i pH gleby. Z glebą o wysokim pH związane są grzyby z rodzaju *Tuber*, a z niskim grzyb *T. terrestris*.

Jak rozpoznawać ektomikoryzę na sadzonkach w szkółkach leśnych?

Ektomikoryza może zawiązywać się od pierwszych tygodni rozwoju siewki i w warunkach szkółki leśnej już 8-tygodniowa sosna może być bardzo obficie zmikoryzowana. Jednakże w większości szkółek, na skutek intensywnego nawożenia, szczególnie azotowego, tworzenie mikoryz w pierwszym etapie intensywnego wzrostu i rozwoju bywa na ogół zahamowane. Stąd stopień zmikoryzowania sadzonek w szkółkach leśnych powinno się oceniać pod koniec pierwszego sezonu wegetacyjnego, na ogół we wrześniu lub na początku października. W celu oceny rozwoju mikoryz należy bardzo delikatnie pobrać sadzonki z gleby, aby nie uszkodzić korzeni, na których rozwijają się mikoryzy. System korzeniowy należy następnie przemyć delikatnie pod bieżącą wodą, usunąć resztki podłoża i umieścić w wodzie na dużej szalce Petriego. Tak przygotowane korzenie ocenia się na obecność mikoryz, stosując powiększenie od 10 do 40 razy. Służyć do tego może dobra lupa lub prosty mikroskop stereoskopowy. Dużo łatwiejsze w ocenie są drzewa iglaste, gdyż mikoryzy tworzą się u nich na korzeniach drobnych o przekroju około 1 mm. Drobne korzenie u drzew liściastych mają mniejszą niż 1 mm średnicę, dlatego są trudniejsze w obserwacji. Wstępem do oceny mikoryz jest oddzielenie korzeni bez mikoryz od tych skolonizowanych przez grzyby mikoryzowe. Podstawowym kryterium kolonizacji mikoryzowej jest brak włóśników



Ryc. 100. Niemikoryzowy korzeń z włosnikami (A) i pojedyncza mikoryza sosny (B), utworzona przez grzyb *Cenococcum geophilum*

korzeniowych (ryc. 100A), które należy odróżnić od pojedynczych strzępek grzybniowych, obecnych na powierzchni korzeni (ryc. 100B) oraz różnych wytworów mufki grzybniowej, np. cystyd (ryc. 95E).

Przy wyróżnianiu ektomikoryz należy wziąć pod uwagę następujące kryteria:

- zakończenia korzeni są nabrzmiące, pozbawione włosników korzeniowych (ryc. 95A-H);
- na powierzchni obecna jest mufka grzybniowa, najczęściej różniąca się barwą od korzeni bez mikoryz: biała, żółta, beżowa, różowa, szara lub czarna (ryc. 95B-H, 100B);
- powierzchnia mufki ma często luźną, wełnistą strukturę (ryc. 95G);
- od powierzchni mufki rozgałęzają się liczne strzępki oraz sznury grzybniowe (ryc. 95G);

EKTENDOMIKORYZY są trudniejsze do odróżnienia, gdyż często mają tylko fragmentaryczną mufkę i mogą przypominać brązowy, zsuberyzowany korzeń (ryc. 95A). Dlatego ostateczna diagnoza może być postawiona dopiero po analizie anatomicznej i wykazaniu strzępek grzybni we wnętrzu komórek kory pierwotnej (ryc. 97).

MIKORYZA ARBUSKULARNA wymaga skomplikowanego procesu barwienia i mikroskopu o dużej rozdzielczości, dlatego o ocenę tej mikoryzy należy zwrócić się do specjalistów z tej dziedziny.

Konkluzje

Nieodłącznym warunkiem prawidłowego wzrostu i rozwoju drzew leśnych jest symbiotyczny związek z grzybami mikoryzowymi. Założenie to dotyczy w równej mierze drzew dorosłych, jak i siewek oraz sadzonek produkowa-

nych w szkółkach leśnych. Rozpoznawanie różnych typów mikoryz, a także braku symbiozy mikoryzowej na produkowanych sadzonkach, a także świadomość wpływu różnych zabiegów hylotechnicznych na kształtowanie się zbiorowisk grzybów mikoryzowych w szkółkach leśnych powinno stać się niezbędną częścią nowoczesnej praktyki szkółkarskiej, zapewniającą produkcję zdrowego materiału sadzeniowego do odnowień i zalesień. Stałe zainteresowanie leśników szkółkarzy zagadnieniem mikoryzy oraz wsparcie naukowe, jakie otrzymaliśmy w trakcie naszych wieloletnich badań w polskich szkółkach leśnych, przekonuje nas o tym, że problem mikoryzy jest w Polsce odpowiednio rozumiany i doceniany.

Dobre rady (sposoby skuteczniejszego zastosowania zjawiska mikoryzy w praktyce szkółkarskiej):

Poznać podstawy biologii mikoryz, zrozumieć i uznać, jak ważne są dla prawidłowego wzrostu i rozwoju sadzonek w szkółkach leśnych.

Nauczyć się rozpoznawać korzenie niemikoryzowe z włośnikami, rozróżniać różne typy mikoryz (ektomikoryzę, ektendomikoryzę, mikoryzę arbuskularną) oraz oszacować stopień zmikoryzowania siewek i sadzonek.

Brać pod uwagę, że takie praktyki szkółkarskie, jak deszczowanie, nawożenie i stosowanie pestycydów mogą źle wpływać na rozwój mikoryz.

Regularnie kontrolować rozwój korzeni drobnych oraz mikoryz na różnych gatunkach drzew hodowanych w szkółkach leśnych. Korelować uzyskane wyniki z wykonanymi zabiegami, aby lepiej zrozumieć, jak one wpływają na rozwój symbiozy mikoryzowej.

W sytuacji, gdy stan mikoryz w szkółce jest niezadowolający, wykonać ekspertyzę stanu mikoryz w konsultacji ze specjalistami w dziedzinie badania mikoryz i spróbować dociec przyczyn złej kondycji symbiozy mikoryzowej.

Spróbować różnych opcji inokulacji mikoryzowej, począwszy od najprostszych (ściotowanie, rozrzucanie owocników na kwatery) do najbardziej zaawansowanych, opartych na mikoryzacji sterowanej (patrz: następny rozdział). Rozpocząć od dobrze przygotowanych doświadczeń na małą skalę. Stosować kontrolę, aby ocenić skuteczność mikoryzacji.

Być zorientowanym w aktualnych nowościach w dziedzinie technologii mikoryzowej poprzez śledzenie literatury, uczestnictwo w warsztatach i seminariach lub okresowe konsultacje ze specjalistami.

Do oceny materiału szkółkarskiego włączyć także informację dotyczącą kondycji mikoryz.

Informować potencjalnych nabywców materiału szkółkarskiego o zabiegach zmierzających do intensyfikacji mikoryz.

Mikoryzacja

 STEFAN KOWALSKI

Sterowana mikoryzacja sadzonek w szkółkach leśnych

Szkółkarstwo leśne coraz częściej stosuje nowoczesne, intensywne metody i technologie produkcji materiału sadzeniowego z wykorzystaniem różnego rodzaju substratów hodowlanych, najczęściej pozbawionych grzybów ektomikoryzowych, właściwych dla danego gatunku hodowanej rośliny drzewiastej. Szczególnym problemem w tym zakresie jest produkcja sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym w szkółkach kontenerowych, w których używany do produkcji sadzonek substrat pozbawiony jest grzybów ektomikoryzowych [Szabla, Pabian, 2003]. Podobne uwarunkowania występują również w szkółkach otwartych, w hodowli materiału sadzeniowego na substratach torfowych, w skrzyniach lub inspektach, zwłaszcza gdy szkółka zlokalizowana jest w pewnym oddaleniu od kompleksu leśnego i nie można liczyć na naturalny proces mikoryzacji. W takich sytuacjach należy wprowadzić mikoryzację kontrolowaną, przy użyciu wyselekcjonowanych w laboratoriach grzybów ektomikoryzowych [Pachlewski, 1983].

Mikoryzacja sadzonek drzew leśnych pożądanym zabiegiem hodowlanym

Jakość materiału sadzeniowego powinna być oceniana nie tylko z uwagi na mierzalne parametry hodowlane, ale również z punktu widzenia zaopatrzenia systemu korzeniowego we właściwą dla danego gatunku drzewa mikoryzę. Jest to ważne, głównie z tego powodu, że sadzonki rosnące w środowisku, w którym brakuje partnerów grzybowych, zdolnych do nawiązania właściwego kontaktu mikoryzowego z odpowiednim gospodarzem, wykazują zakłócenia fizjologiczno-rozwojowe, chorują, a nawet giną. Potrzeby mikoryzacji sadzonek drzew leśnych wynikają zatem z:

- przyrodzonych właściwości roślin drzewiastych związanych z mikotroficznym, a nie autotroficznym sposobem odżywiania;
- kształtowaniem predyspozycji chorobowej gospodarza w stosunku do organizmów patogenicznych;

- różnorodnych zakłóceń mikrobiologicznych w miejscach produkcji materiału sadzeniowego;
- zapewnienia optymalnych warunków wzrostu i rozwoju podstawowym gatunkom lasotwórczym w środowisku, w którym brak naturalnego występowania grzybów ektomikoryzowych.

Mikoryzowane sadzonki drzew leśnych powinny więc być produkowane głównie na potrzeby zalesiania nieużytków, gruntów porolnych oraz gleb rekultywowanych, zdegradowanych przez imisje przemysłowe, zdegradowanych przez pożary wielkopowierzchniowe, itp. Mając na uwadze program zwiększenia lesistości kraju, który ściśle związany jest z przejmowaniem i zalesianiem gruntów porolnych i zdegradowanych, konieczna staje się hodowla materiału sadzeniowego, zaopatrzonego już w szkółce we właściwe dla danego gatunku drzewa ektomikoryzy [Grzywacz, 2007].

Sposoby mikoryzacji sadzonek można, w zasadzie, podzielić na trzy grupy, które w syntetycznym i historycznym ujęciu przedstawiła Rudawska i Leski [2007]. W praktyce szkółkarskiej w sytuacjach, w których materiał sadzeniowy produkowany jest w niewielkiej liczbie na substracie torfowym, można zalecić stosowanie naturalnego inokulum w postaci humusu lub gleby pobranej z warstwy powierzchniowej, z głębokości 5-15 cm, ze zdrowych plantacji lub drzewostanów i zmieszać je z substratem hodowlanym w stosunku 5 do 10% jego objętości. Najlepiej taki humus pobrać z miejsc, w których w drzewostanie pojawia się obfity i zdrowy samosiew [Kowalski, 1997]. Można również stosować inokulum zawierające zarodniki grzybów mikoryzowych. Stosunkowo dobrze nadają się do tego grzyby wytwarzające duże masy zarodników w owocnikach gastralnych, w tzw. „glebie” [Marx i in., 1984]. Najlepsze wyniki można jednak uzyskać stosując inokulum wegetatywne z wyselekcjonowanych grzybów ektomikoryzowych i zróżnicowane techniki wprowadzania tego inokulum w obręb ryzosfery mikoryzowanych sadzonek. To właśnie ta grupa metod jest obecnie w centrum zainteresowania, jeżeli idzie o wytwarzanie inokulum komercyjnego [Marx i in., 1989].

W szkółkach Lasów Państwowych od roku 2001 wdrażana jest polska technologia sterowanej mikoryzacji sadzonek drzew leśnych. Jej rozwój, założenia technologiczne i uzyskiwane efekty zostały przedstawione w monografii „Ektomikoryzy - nowe biotechnologie w polskim szkółkarstwie leśnym” [Kowalski, 2007]. Stosowany w tej technologii biopreparat zawiera żywą, wegetatywną grzybnię włośnianki rosistej (*Hebeloma crustuliniforme*). Grzyb ten występuje pospolicie w Polsce w lasach iglastych i liściastych. Biopreparat produkowany jest w laboratoriach Lasów Państwowych, w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie (RDLP Katowice) i w Leśnym Banku Genów Kostrzyca. Ponadto w szkółce kontenerowej w Nędzy (Nadleśnictwo Rudy Raciborskie), oprócz technologii polskiej, stosowana jest również technologia mikoryzacji sadzonek z grzybem lakówka dwubarwna (*Laccaria bicolor*) według licencji fran-

Ryc. 101. Sadzonka świerka pospolitego poddana zabiegowi sterowanej mikoryzacji grzybem *Hebeloma crustuliniforme*



Ryc. 102. Sadzonki sosny zwyczajnej z hodowli kontenerowej, z widocznymi na powierzchni bryłki korzeniowej ektomikoryzami i owocnikami grzyba *Hebeloma crustuliniforme*



cuskiej firmy Robin Pepinieres. Lasy Państwowe mają stosunkowo bogate doświadczenie w stosowaniu biopreparatu z grzybem *H. crustuliniforme* we własnych szkółkach kontenerowych, w szkółkach otwartych, gdzie hoduje się gatunkowo zróżnicowany materiał sadzeniowy w pojemnikach, inspektach i korytach. Rocznie zabiegowi sterowanej mikoryzacji grzybem *H. crustuliniforme* poddawanych jest około 10 mln sadzonek różnych gatunków drzew iglastych i liściastych, ale głównie: sosny, świerka, modrzewia, buka i dębu, sadzonych następnie na uprawach leśnych o różnym stopniu degradacji środowiska (ryc. 101 i 102).

Substrat hodowlany (podłoże), na którym mają być hodowane sadzonki poddane zabiegowi sterowanej mikoryzacji biopreparatem z grzybem *H. crustuliniforme*, nie musi być substratem sterylnym (parowanym), ale wymagane jest, aby był sporządzony na bazie torfu sfagnowego wysokiego, charakteryzującego się: małym stopniem rozkładu (do 15%), pojemnością powietrzną powyżej 20% i dużą pojemnością wodną (powyżej 1100%). Stałym składnikiem substratu do hodowli sadzonek poddanych zabiegowi sterowanej mikoryzacji powinien być wermikulit o frakcji oznaczonej w handlu nr 3-8. Udział wermikulitu w substracie hodowlanym powinien wynosić co najmniej 15%. Dodatek wermikulitu, dzięki jego strukturze i właściwościom, polepsza warunki rozwoju i życia grzybni. Parametry powietrzne substratu hodowlanego powinny być regulowane przez dodanie 10% perlitu, a jego pojemność powietrzna utrzymana na poziomie nie mniejszym niż 20%. Poziom kwasowości substratu hodowlanego musi być systematycznie kontrolowany i odpowiedni do rodzaju hodowanego materiału sadzeniowego. Ważnym zagadnieniem jest właściwe nawożenie sadzonek. Optymalnego rozwoju ekto-mikoryz nie zakłócają nawozy powoli i stopniowo uwalniające składniki odżywcze do substratu hodowlanego, o zmniejszonej zawartości azotu, a także nawożenie dolistne, które powinno być preferowane, zwłaszcza w wypadku hodowli mikoryzowanego materiału sadzeniowego techniką kontenerową.

Fungicydy mogą wpływać negatywnie na proces zawiązywania się mikoryz, szczególnie w pierwszym miesiącu wzrostu i rozwoju siewek. Stosując substrat hodowlany o wymienionych parametrach nie ma potrzeby przed-siewnego zaprawiania nasion. Jednakże w wypadku wystąpienia pierwszych objawów chorobowych wymagających chemicznego zabiegu ochronnego, zabieg taki należy wykonać. W dotychczasowej praktyce szkółkarskiej nie wpływały negatywnie na przebieg sterowanej mikoryzacji grzybem *H. crustuliniforme*: Dithane, Euparen Multi 50 WG, Falcon 460 EC, Miedzian 50 WP, Polyam 70 WG, Previcur 607 SL, Sarfun 500 S.C., Siarkol Extra 80WP, Thiram Grannuflo 80 WG oraz Vondozeb 75 WG.

Technologia sterowanej mikoryzacji sadzonek drzew leśnych polskim biopreparatem z grzybem *H. crustuliniforme* została opracowana głównie na potrzeby mikoryzacji sadzonek hodowanych techniką kontenerową. Uzyskane wyniki w programie jej wdrażania wskazują, że biopreparat ten z równie pozytywnym skutkiem może być stosowany w hodowli materiału sadzeniowego na substratach torfowych w pojemnikach, jak też w inspektach i w korytach. W tym drugim przypadku raz wprowadzona szczepionka do substratu hodowlanego może skutecznie wpływać na tworzenie się mikoryz sadzonek hodowanych na tym substracie przez kolejne dwa lata. Przerośnięty grzybnią substrat hodowlany może być również użyty jako „inokulum inicjujące” proces mikoryzacji sadzonek hodowanych w nowo zakładanych inspektach lub korytach. Może być również użyty do mikrobiologicznej rewi-

talizacji gleby w szkółkach, w których w glebie nie ma właściwych grzybów mikoryzowych. W tym programie koncepcja biologicznej rekultywacji gleby w szkółce leśnej zakłada wykorzystanie torfowego substratu hodowlanego, na którym w poprzednich sezonach wegetacyjnych hodowano w inspektach lub korytach sadzonki drzew leśnych poddane zabiegowi sterowanej mikoryzacji grzybem *H. crustuliniforme*. Wynika z tego przyjęcie pewnego schematu produkcji materiału sadzeniowego w szkółce otwartej, który znacznie obniża koszty związane z sterowaną mikoryzacją sadzonek, a przy tym wyraźnie poprawia ich jakość. Schemat ten zakłada, że szkółka odpowiada pewnym kryteriom, a mianowicie, hoduje się w niej materiał sadzeniowy na substracie torfowym w inspektach lub skrzyniach i w glebie. Ta natomiast, wskutek wieloletniego użytkowania, wykazuje wyraźne objawy zmęczenia, których oznaką jest mała wydajność siewów, słaba jakość sadzonek, a zwłaszcza zakłócenia w symbiozie ektomikoryzowej. Zespół taki wskazuje na potrzebę mikrobiologicznej rekultywacji (remediacji) gleby. W tym celu najkorzystniej użyć substrat torfowy z koryt (inspektów), przerośnięty grzybnią ekstrapatrykalną *H. crustuliniforme*, po pierwszym sezonie wegetacyjnym spod sosny lub buka, albo substrat 2-letni, na którym wcześniej hodowano świerk w technologii sterowanej mikoryzacji, w cyklu 2/0. W jednym i w drugim wypadku substrat torfowy przerośnięty grzybnią *H. crustuliniforme* nie może przed użyciem w szkółce gruntowej ulec przesuszeniu.

Zasady postępowania hodowlanego, jak również sposoby zabiegu mikoryzacji przy stosowaniu polskiej technologii sterowanej mikoryzacji sadzonek drzew leśnych w szkółkach kontenerowych, a także w szkółkach hodujących materiał sadzeniowy na substracie torfowym z odkrytym systemem korzeniowym i szkółkach gruntowych, w których założono mikrobiologiczną rewitalizację gleby, zostały szczegółowo omówione w monografii „Ektomikoryzy – nowe biotechnologie w polskim szkółkarstwie leśnym” [Kowalski (red.), 2007].

Korzyści ze stosowania w praktyce szkółkarskiej biopreparatu z grzybem *H. crustuliniforme*

Biopreparat z grzybem *H. crustuliniforme* korzystnie wpływa na wzrost i rozwój sadzonek drzew iglastych oraz liściastych, zarówno w produkcji szkółkarskiej, jak i po wysadzeniu ich w uprawy, a w szczególności:

1. Zwiększa liczbę korzeni bocznych, a zwłaszcza krótkich ostatniego rzędu, obficie wyposażonych w ektomikoryzy.
2. Zwiększa powierzchnię chłonną korzeni poprzez obfitość grzybni ekstrapatrykalnej przerastającej substrat hodowlany.

3. Poprawia zaopatrzenie sadzonek w wodę i zwiększa tolerancję na suszę.
4. Poprawia bilans wykorzystania składników pokarmowych z nawożenia mineralnego.
5. Poprawia jakość handlową sadzonek, zwłaszcza ich wybarwienie.
6. Zwiększa odporność sadzonek na choroby korzeniowe.
7. W hodowli kontenerowej poprawia zwięzłość bryłki korzeniowej.
8. Zmniejsza ryzyko zamierania korzeni drobnych przy przesadzaniu.
9. Zwiększa przeżywalność sadzonek w uprawach.

Mikroklimat - kształtowanie mikroklimatu gruntowych szkółek leśnych



STEFAN TARASIUK, WOJCIECH OŻGA

W pierwszej dekadzie XXI wieku ponad 90% sadzonek na potrzeby polskiego leśnictwa hodowanych jest w wielkopowierzchniowych szkółkach gruntowych. Jednym z podstawowych czynników ograniczających efektywność produkcji leśnego materiału sadzeniowego są negatywne następstwa niewłaściwego mikroklimatu na kwaterach produkcyjnych. Zwłaszcza na etapie kiełkowania (spoczynek wtórny, zgorzel przedwzrostowa) oraz młodych siewek (przymrozki późne, zgorzel słoneczna), jest to częsta przyczyna obniżenia ilościowego i jakościowego wyniku produkcji szkółkarskiej.

Jednym z podstawowych elementów wpływających na wzrost młodych siewek jest klimat lokalny szkółki, modyfikowany przez odpowiednie zabiegi gospodarcze [Włoczewski, 1968]. Warunki klimatyczne określonego terenu kształtują się [Tomanek, 1966] pod wpływem czynników:

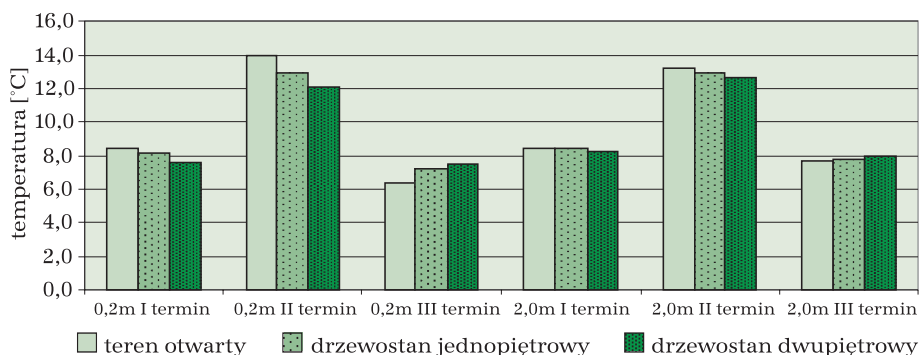
1. Radiacyjnych, związanych z natężeniem napromieniowania całkowitego, docierającego do danego podłoża oraz wypromieniowaniem i odbiciem energii od niego (bilans radiacyjny).
2. Cyrkulacyjnych, związanych z ruchem powietrza wywołanym przede wszystkim przez atmosferyczne procesy w makroskali, ale również lokalnie przez procesy w mikroskali.
3. Fizycznogeograficznych, związanych z położeniem terenu w zasięgu wpływów kontynentalnych, morskich lub oceanicznych (w tym wpływów prą-

dów morskich), oddziaływania rzeźby terenu, wysokości nad poziomem morza, ekspozycji i pokrycia terenu.

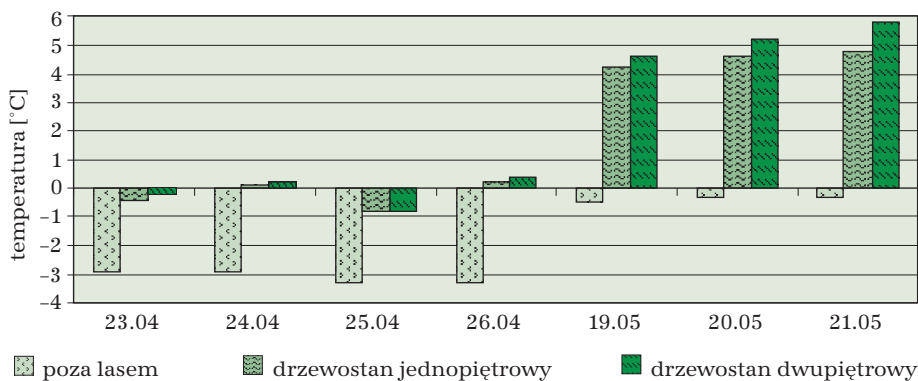
Na dużych, nieosłoniętych terenach otwartych powierzchnią czynną (pochłaniającą bezpośrednio promieniowanie słoneczne) jest grunt. Jego temperatura, a także powietrza, zmienia się wraz ze zmieniającym się natężeniem pochłanianego i oddawanego promieniowania, z opóźnieniem stosownym do głębokości lub wysokości mierzonej względem powierzchni czynnej. Duże wahania temperatury powietrza są łagodzone przez ruch powietrza. Wpływa on równocześnie na warunki wilgotnościowe, ponieważ przenosi parę wodną.

Warunki termiczne powietrza pod okapem drzewostanu są modyfikowane ze względu na znaczne osłabienie promieniowania słonecznego. Modyfikacja ta jest szczególnie widoczna w godzinach okołopołudniowych (ryc. 103 - dane oryginalne).

W przebiegu warunków termicznych powietrza w Polsce krytycznymi dla młodych roślin są spadki temperatury minimalnej w okresie późnej wiosny poniżej 0°C. Wiosna klimatyczna w Polsce rozpoczyna się średnio (poza obszarami górskimi i wysokich wyżyn, na których jest stosunkowo niewiele tradycyjnych szkółek gruntowych) w końcu marca lub na początku kwietnia i trwa do końca maja (wyjątkowo nad morzem do początku czerwca). W tym okresie występują dni z przymrozkami, które na standardowej wysokości pomiarów meteorologicznych (2 m) w terenie otwartym trwają przeciętnie do drugiej i trzeciej dekady kwietnia, a w skrajnych przypadkach do połowy czerwca. W warstwie przygruntowej (wysokość 5 cm) przymrozki mogą zdarzyć się o jeszcze 2-3 tygodnie później. Ostatnie (wiosenne) przymrozki w lesie kończą się znacznie wcześniej, szczególnie w izolowanej przez roślinność strefie przygruntowej. W terenie otwartym okres bez przymrozków zaczyna się nawet 3-4 tygodnie później niż wewnątrz lasu i trwa o blisko miesiąc kró-



Ryc. 103. Średnia temperatura powietrza w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym w Rogowie w okresie od 1.01.1988 do 31.12.1990 (I termin godz. 7:00, II termin godz. 13:00, III termin godz. 21:00 czasu miejscowego) - dane oryginalne



Ryc. 104. Minimalna temperatura powietrza w lasach doświadczalnych SGGW w Rogowie w wybranych dniach wiosny 1988 - dane oryginalne



Ryc. 105. Zabudowa biologiczna szkółki jest jednym z czynników kształtujących mikroklimat (szkółka Nadleśnictwa Wyszków, RDLP Warszawa)

cej. Istotna jest także liczba dni z przymrozkami w okresie wegetacyjnym oraz ich intensywność. Na otwartej przestrzeni występuje nawet 15 dni z przymrozkami więcej w okresie wegetacyjnym w przygruntowej warstwie powietrza niż w lesie. Przymrozki są tam ostrzejsze i ze znaczniejszymi spadkami temperatury niż w terenie zalesionym (ryc. 104).

W warunkach wielkopowierzchniowej szkółki otoczonej drzewostanem, stosunki mikroklimatyczne ulegają modyfikacji w porównaniu z klimatem terenu otwartego (ryc. 105). Zauważyć to można zarówno w wypadku temperatury minimalnej powietrza (tabela 19), jak i temperatury gruntu na głębokości 5 cm (tabela 20). Na stosunki termiczno-wilgotnościowe powietrza wpływają modyfikująco również warunki lokalne, powstające w szkółce (tabela 21).

Duże znaczenie dla zasiewów oraz młodych pokoleń drzew w warunkach klimatu Polski ma obecność pokrywy śnieżnej. Tworzyć się ona może w po-

Tabela 19.
Temperatura minimalna powietrza (°C) na stacji meteorologicznej oraz w szkółce w Rogowie - dane oryginalne

| Miejsce pomiaru | Wartość | | | Obszar zmienności | Odchylenie standardowe |
|-----------------|---------|-----------|-----------|-------------------|------------------------|
| | średnia | najniższa | najwyższa | | |
| Stacja | -3,4 | -25,1 | 9,4 | 34,5 | 6,2 |
| Szkółka | -4,9 | -19,5 | 4,5 | 24,0 | 4,9 |

Tabela 20.
Temperatura gleby (°C) na głębokości 5 cm na stacji meteorologicznej oraz w szkółce w Rogowie - dane oryginalne

| Miejsce pomiaru | Wartość | | | Obszar zmienności | Odchylenie standardowe |
|-----------------|---------|-----------|-----------|-------------------|------------------------|
| | średnia | najniższa | najwyższa | | |
| Stacja | -0,3 | -8,8 | 7,7 | 16,5 | 2,6 |
| Szkółka | 0,1 | -7,4 | 7,4 | 14,8 | 2,1 |

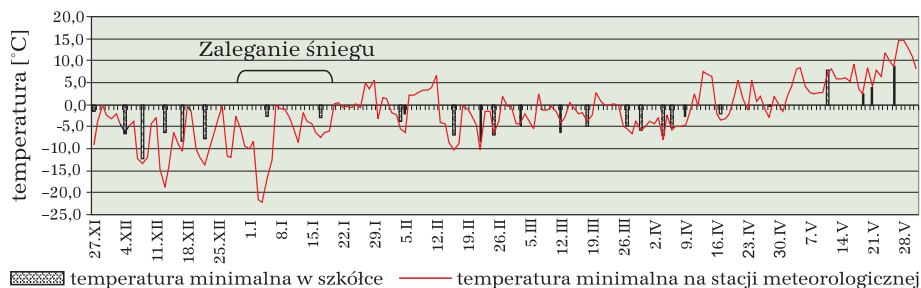
Tabela 21.
Średnie wartości temperatury (°C) oraz wilgotności względnej powietrza (%) na kwaterze szkółki w Rogowie w okresie 13-21.05.2005 - dane oryginalne

| Nazwa czynnika | Stanowisko pomiarowe | | | | |
|----------------------------------|----------------------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Temperatura 0,2 m n.p.g. | 14,9 | 15,7 | 15,8 | 15,6 | 16,2 |
| Temperatura 1,5 m n.p.g. | 14,9 | 14,9 | 14,9 | 15,1 | 15,3 |
| Wilgotność względna 0,2 m n.p.g. | 64,6 | 62,4 | 59,0 | 59,2 | 59,9 |
| Wilgotność względna 1,5 m n.p.g. | 59,8 | 63,2 | 54,2 | 54,9 | 58,3 |

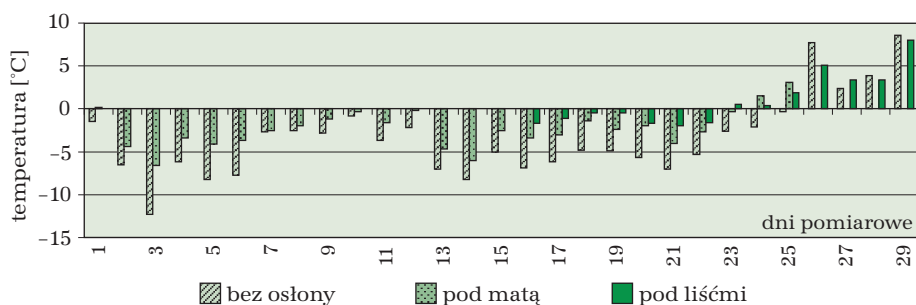
Objaśnienia położenia stanowisk: 1 - przy ścianie drzewostanu po południowej stronie kwatery, 2 - uprawa dębowa 6 m od ściany drzewostanu, 3 - czarny ugor 17 m od ściany drzewostanu, 4 - uprawa sosnowa 25 m od ściany drzewostanu; 5 - przy ścianie drzewostanu po północnej stronie kwatery

łowie listopada lub na początku grudnia, a zanika w 2-3 dekadzie marca. W Polsce zachodniej śnieg zalega średnio 30-40 dni, podczas gdy na Suwalszczyźnie nawet 100 dni. Występowanie pokrywy śnieżnej charakteryzuje się jednak dużą zmiennością z roku na rok. Śnieg, szczególnie świeży, jest ważnym naturalnym izolatorem termicznym, ograniczającym w istotny sposób spadki temperatury gruntu. Efekt działania śniegu można zaobserwować porównując przebieg temperatury minimalnej na stacji meteorologicznej (śnieg usunięto) oraz na terenie szkółki (ryc. 106, Oźga, Tarasiuk, 2005).

Doceniając efektywność izolacyjną śniegu warto zapobiegać jego zwiewaniu, pamiętać natomiast należy również o niekorzystnym oddziaływaniu zlodowacialej pokrywy śnieżnej, którą należałoby rozkruszać i przyspieszać jej



Ryc. 106. Przebieg temperatury minimalnej powietrza w szkółce Nadleśnictwa Chojnow w Sękocinie (RDLP Warszawa) w sezonie zimowym 2000/2001 - dane oryginalne



Ryc. 107. Temperatury minimalne pod wybranymi typami osłon w szkółce Nadleśnictwa Chojnow w Sękocinie w sezonie zimowym 2000/2001 - dane oryginalne

tajanie. W warunkach klimatu Polski, charakteryzującego się dużą zmiennością stanu pogody i niepewnością występowania korzystnych dla upraw sytuacji pogodowych, ważne są zabiegi modyfikujące mikroklimat. Szczególnie ważnymi są zabiegi zapobiegające spadkom temperatury powierzchni gruntu, roślin i powietrza w okresie wegetacji poniżej 0°C . Jedną z popularniejszych metod zapobiegania przymrozkom jest przykrywanie zasiewów i upraw osłonami - liście, gałęzie, trociny, maty trzcinowe, włókna itp. (ryc. 107, 108, 109 i 110). Przy prawidłowym zastosowaniu osłon tego typu można uzyskać odpowiedni efekt nawet przy kilkustopniowym mrozie [Gorzelał, Mikułowski, 1997]. Stosowanie osłon powoduje modyfikację nie tylko temperatury minimalnej pod osłoną (tabela 22), ale także temperatury gruntu na głębokości 5 cm (tabela 23, ryc. 111).

Wypromieniowaniu ciepła z roślin można zapobiegać przez ich zraszanie. W warunkach niewielkich spadków temperatury poniżej 0°C (podczas bezwietrznej pogody do -7°C) systematycznie deszczowane rośliny pokrywają się cienką warstwą lodu, pod którą panuje temperatura około 0°C .

Zmniejszenie nocnego wypromieniowania energii z podłoża można uzyskać poprzez wytwarzanie dymu i mgły nad uprawami. Zabieg ten jest jed-

Ryc. 108. Wykładanie gałęzi świerkowych: rzadko stosowana metoda osłony zasiewów - przy ich zdejmowaniu należy zachować szczególną ostrożność, aby nie uszkodzić mechanicznie wschodzących siewek; po usunięciu gałęzi na kwaterze pozostają opadłe igły, które sprzyjają obniżeniu pH wierzchnich warstw gleby (szkółka Nadleśnictwa Giżycko, RDLP Białystok)

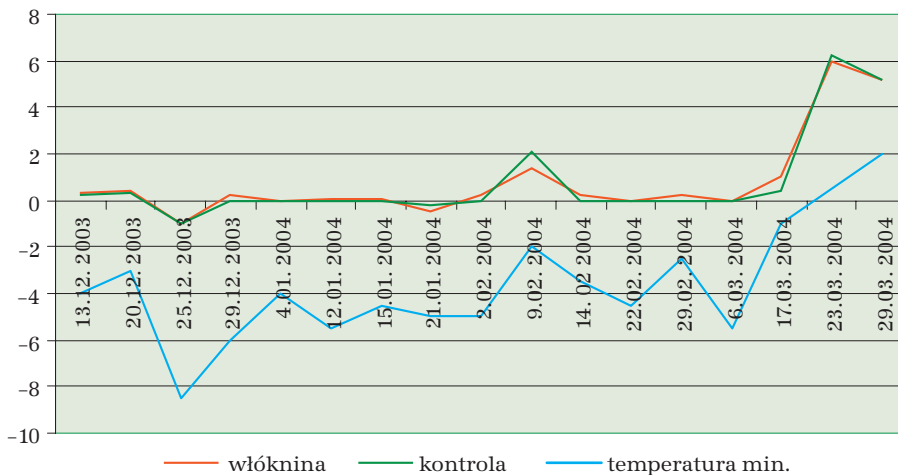


Ryc. 109. Minitunele jako osłony zasiewów i wschodów mogą pełnić swoją funkcję dłużej, gdyż nie powodują uszkodzeń siewek (szkółka Nadleśnictwa Giżycko, RDLP Białystok)





Ryc. 110. Agrowłóknina i maty trzcinowe jako osłona zasiewów gatunków lekko- i ciężkonasiennych (szkółka LZD Rogów)



Ryc. 111. Temperatura gleby na głębokości 5 cm oraz temperatura minimalna powietrza na wysokości 5 cm nad powierzchnią gruntu lub śniegu w Sarnakach w okresie 13.XII 2003-29.III 2004 - dane oryginalne

Tabela 22.

Temperatura minimalna powietrza (°C) w poszczególnych wariantach w szkółce w Rogowie w sezonie zimowym 2002/03 oraz 2003/04 (244 dni) - dane oryginalne

| Wariant przykrycia | Wartość | | | Obszar zmienności | Odchylenie standardowe |
|--------------------|---------|-----------|-----------|-------------------|------------------------|
| | średnia | najniższa | najwyższa | | |
| Włóknina | -2,9 | -17,5 | 6,0 | 23,5 | 3,9 |
| Matą | -2,2 | -12,5 | 5,4 | 17,9 | 3,1 |
| Podwójna włóknina | -2,2 | -12,5 | 6,0 | 18,5 | 3,2 |

Tabela 23.

Temperatura gleby (°C) na głębokości 5 cm w poszczególnych wariantach w szkółce w Rogowie w sezonie zimowym 2002/2003 oraz 2003/2004 (244 dni) - dane oryginalne

| Wariant przykrycia | Wartość | | | Obszar zmienności | Odchylenie standardowe |
|--------------------|---------|-----------|-----------|-------------------|------------------------|
| | średnia | najniższa | najwyższa | | |
| Włóknina | 0,4 | -6,4 | 7,2 | 13,6 | 1,9 |
| Matą | 0,0 | -6,0 | 6,4 | 12,4 | 1,7 |
| Podwójna włóknina | 0,3 | 6,6 | 7,8 | 14,4 | 2,1 |

nak skuteczny w warunkach ciszy lub słabego wiatru. Powinien być rozpoczęty dość wcześnie (np. wieczorem), przed prognozowanym przymrozkiem. Przed niezbyt silnymi przymrozkami możemy uchronić uprawy ogrzewając (stosy palne, piece lub promienniki) lub mieszając (wentylatory śmigłowe) przygruntowe warstwy powietrza. Ostatnie metody w warunkach klimatu Polski mają jednak znikome znaczenie. W celu uzyskania lepszego efektu zabezpieczenia zasiewów i upraw należałoby łączyć różne metody zapobiegające przymrozkom. Pamiętać należy, że stan gruntu i nawożenie wpływają również na efekt, jaki niosą przymrozki. Gleba spulchniana sprzyja powstawaniu przymrozków, a nawożenie nawozami azotowymi na ogół zmniejsza odporność roślin na spadki temperatury poniżej 0°C. Pamiętać należy, że przymrozki radiacyjne (miejscowe) powstają w zależności od pokrycia terenu i mikroreliefu. Mogą więc występować nieduże spadki temperatury poniżej 0°C na niewielkich fragmentach szkółki (w obniżeniach, nad spulchnioną glebą pozbawioną pokrywy roślinnej).

W badaniach szkółkarskich dotyczących szczególnie wrażliwego gatunku, jakim jest buk [Dziemidek, Tarasiuk, 2005], w terenie o najmniej korzystnych dla niego warunkach mikroklimatycznych północno-wschodniej Polski nie zaobserwowano znaczących szkód od słońca, takich jak zgorzel słoneczna czy wysychanie sadzonek. Silne cieniowanie wydaje się wręcz niewskazane, gdyż bez siatki cieniującej siewki były większe, a dodatkowo czasami zdarzało się, że źle napięta siatka opierała się o wierzchołki drzewek, powodując ich deformację. Zastosowanie deszczowania w wystarczającym stopniu chroniło młode buki przed negatywnymi skutkami nadmiernej insolacji. Zaobserwowano, że:

1. Przy zastosowaniu dostępnych technologii szkółkarskich nawet w najbardziej wysuniętych na północny-wschód Polski odkrytych szkółkach gruntowych możliwa jest produkcja pełnowartościowego materiału sadzeniowego buka. Bez względu na różny wpływ osłon modyfikujących warunki rozwoju siewek, średnie wartości cech biometrycznych dla osobników z poszczególnych wariantów doświadczenia mieściły się w normatywach.
2. Siew jesienny pozwala na otrzymanie większych siewek pod względem rozmiarów i suchej masy.
3. Stosowane w szkółkach sposoby deszczowania (belka zraszająca, zraszacze, węże zraszające) w wystarczającym stopniu zabezpieczają siewki buka przed negatywnym wpływem nadmiernej insolacji i niedoboru wilgoci, pomimo różnego przebiegu pogody.
4. Nie ma potrzeby stosowania cieniówek zabezpieczających siewki przed nadmierną insolacją.
5. Trociny zastosowane jesienią jako przykrycie gleby z wysianymi do niej nasionami buka wyraźnie wpływają na większą liczbową wydajność produkcji siewek, niż na powierzchni pasa siewnego bez ich rozłożenia.

6. Zastosowanie trocin do ściółkowania powoduje, że siewki mają mniejsze wymiary i charakteryzują się mniejszą biomasa niż te, które rozwijały się bez trocin.
7. Stosowanie trocin, których wierzchnia warstwa szybko przesyca, do przykrywania powierzchni gleby z zasiewem wydatnie ekspozuje wschody na niszczące działanie przymrozków późnych.
8. Głównym czynnikiem niszczącym siewki buka w szkółkach gruntowych są przymrozki późne.

Podstawowe cechy biometryczne jednoletniego buka zestawiono w tabeli 24.

Rola przykrycia gleby w szkółce odkrytej (ryc. 111) [Oźga, Tarasiuk, 2002] jest bardzo istotna, szczególnie przy bezśnieżnych i mroźnych zimach. W doświadczeniu z siewem jesiennym dębu (ryc. 112 i 113) i brzozy (ryc. 113 i 114) na dużej kwaterze stosowano jako przykrycie: liście, słomę, matę trzcinową oraz włókninę. Słoma okazała się dobrym izolatorem cieplnym - pod nią żołądździe przemarzły w znacznie mniejszym stopniu niż pod liśćmi, które ule-

Tabela 24.
Podstawowe cechy biometryczne jednoletnich siewek buka w latach 2001-2003 - dane oryginalne

| Cecha biometryczna | Zakres średnich wartości | Osłony i pora siewu, przy zastosowaniu których otrzymywano średnie wartości | |
|-------------------------------------|--------------------------|---|--|
| | | najniższe | najwyższe |
| Wysokość pędu (cm) | 7,4-33,4 | przykrycie gleby trocinami przy obu porach siewu; cieniówka | siew jesienny bez przykrycia gleby lub z włókniną |
| Grubość w szyi korzeniowej (mm) | 2,4-5,0 | przykrycie gleby trocinami | siew jesienny bez przykrycia gleby lub z włókniną bez cieniówki |
| Suma długości korzeni głównych (cm) | 17,9-55,1 | przykrycie gleby trocinami przy obu porach siewu | * |
| Sucha masa pędu [g] | 0,179-2,896 | przykrycie gleby trocinami | siew jesienny bez przykrycia gleby lub z włókniną, bez cieniówki |
| Sucha masa korzenia [g] | 0,703-4,704 | przykrycie gleby trocinami przy siewie jesiennym; siew wiosenny z cieniówką | siew jesienny bez przykrycia gleby lub z włókniną bez cieniówki; siew wiosenny bez osłon |
| Sucha masa siewki [g] | 0,882-7,600 | przykrycie gleby trocinami | siew jesienny bez przykrycia gleby lub z włókniną bez cieniówki, siew wiosenny bez osłon |

* W kolejnych doświadczeniach największe wartości otrzymywano dla różnych osłon i por siewu.

Ryc. 112. Zróznicowany wpływ zastosowania różnych osłon na termin wschodów dębu (szkółka Nadleśnictwa Sarnaki, RDLP Lublin - zdjęcie wykonane 1 czerwca 2004 r.)



Ryc. 113. Jednoletnie siewki dębu trzy miesiące po zdjęciu osłon (szkółka Nadleśnictwa Sarnaki, RDLP Lublin - zdjęcie wykonane 1 czerwca 2004 r.)



Ryc. 114. Opóźnione wschody brzozy wysianej jesienią i przykrytej matami – po zdjęciu osłon (szkółka Nadleśnictwa Sarnaki, RDLP Lublin - zdjęcie wykonane 1 czerwca 2004 r.)



gły częściowemu rozkładowi. Również pozostałe z zastosowanych osłon wpłynęły modyfikująco na temperatury minimalne powietrza (tabela 22) oraz na temperaturę gleby na głębokości 5 cm (tabela 23). Zaznaczył się także istotny statystycznie wpływ zastosowania wybranych typów osłon na niektóre cechy biometryczne zarówno w przypadku brzozy (tabela 25 - dane oryg.) jak i dębu (tabela 26 - dane oryg.).



Ryc. 115. Jednoletnie siewki brzozy trzy miesiące po zdjęciu osłon - widoczna niewielka wydajność wschodów (szkółka Nadleśnictwa Sarnaki, RDLP Lublin - zdjęcie wykonane w sierpniu 2004 r.)

Tabela 25.
Wybrane cechy biometryczne siewek brzozy w szkółce Nadleśnictwa Sarnaki

| Cecha | Typ osłony | Wartość średnia | P-value (p=0,05) |
|------------------------------------|---------------------|-----------------|------------------|
| Wysokość (cm) | pojedyncza włóknina | 11,5300 | 0,0638 |
| | kontrola | 13,8200 | |
| Średnia masa korzeni (g) | mata trzcinowa | 0,2710 | 0,0147* |
| | kontrola | 0,3919 | |
| Średnia masa liści (g) | mata trzcinowa | 0,3356 | 0,0060* |
| | kontrola | 0,4316 | |
| Średnia masa pędu (g) | pojedyncza włóknina | 0,2290 | 0,0978 |
| | kontrola | 0,3201 | |
| Stosunek wagowy pęd/korzenie (S/R) | pojedyncza włóknina | 1,4000 | 0,5696 |
| | kontrola | 1,6700 | |

* Różnica istotna statystycznie.

Tabela 26.

Wybrane cechy biometryczne dębu w szkółce Sarnaki.

Wybrane cechy biometryczne siewek dębu w szkółce Nadleśnictwa Sarnaki

| Cecha | Typ osłony | Wartość średnia | P-value (p=0,05) |
|---------------------------|---------------------|-----------------|------------------|
| H [cm] | pojedyncza włóknina | 17,70 | 0,0204* |
| | kontrola | 20,43 | |
| SM _{korzeni} [g] | mata trzciniowa | 2,64 | 0,0021* |
| | podwójna włóknina | 3,57 | |
| SM _{liści} [g] | pojedyncza włóknina | 0,86 | 0,0074* |
| | kontrola | 1,19 | |
| SM _{pedu} [g] | pojedyncza włóknina | 0,94 | 0,0972 |
| | kontrola | 1,16 | |
| S/R | pojedyncza włóknina | 1,19 | 0,0014 |
| | kontrola | 1,65 | |

* Różnica istotna statystycznie.

Objaśnienia: H - wysokość pędu; SM - sucha masa; S/R - stosunek wagowy pęd/korzenie.

N

Nasiona



BOLESŁAW SUSZKA

Przechowywanie nasion

Celem przechowywania jest tworzenie zapasów nasion przeznaczonych do siewu w szkółce. Najbardziej wartościowe są nasiona zebrane w roku dobrego ich urodzaju. Są one wtedy dobrze wykształcone i cechują się wysoką jakością. W latach nieurodzaju lub urodzaju słabego korzysta się wtedy z nagromadzonych zapasów. Przechowanie ma umożliwić spowolnienie lub powstrzymanie naturalnego procesu starzenia się nasion i zachowanie wysokiej ich jakości przez możliwie jak najdłuższy okres, najlepiej do następnego obfitego urodzaju. Szczegółowe opracowanie znajduje się w „Nowe technologie i techniki w nasiennictwie leśnym” [Suszka, 2000] i „Die Aufbewahrung des Saatgutes des Waldbäume” [Schönborn v. A., 1964].

- **Lata urodzaju.** Większość gatunków drzew i krzewów leśnych obradza nasiona w kilkuletnich odstępach, a tylko bardzo nieliczne corocznie. Sprawa to, że jeśli zachowana ma być ciągłość produkcji szkółkarskiej, konieczne staje się gromadzenie zapasów nasion. Zdarzają się lata całkowitego nieurodzaju, najczęściej w następstwie uszkodzenia pąków kwiatowych lub kwiatów przez mróz lub zakłócenia procesu kwitnienia przez niesprzyjające warunki atmosferyczne, uniemożliwiające zapylenie kwiatów przez wiatr lub owady. Najdłuższe przerwy pomiędzy latami urodzaju zdarzają się u gatunków ciężkonasiennych (buk, dęby, jodła, limba), gdyż każdy urodzaj pociąga za sobą znaczne zubożenie gleby o dostępne mikroelementy w zasięgu korzeni obradzających drzew. Ich ponowne uwolnienie i nagromadzenie wymaga znacznego czasu. Lata wysokiego urodzaju są zwykle przedzielone latami urodzaju słabego lub miernego, gdy znaczna część

nasion opanowana jest przez larwy owadów, a same nasiona są słabiej wykształcone lub puste.

- **Spoczynek nasion.** Niektóre gatunki drzew i krzewów obradzają nasiona wolne od spoczynku (np. sosna zwyczajna, świerk pospolity, wierzby, topole, rodzime wiązy). Kielkują one natychmiast po zaistnieniu warunków sprzyjających temu procesowi (wysoka wilgotność podłoża, podwyższona temperatura, krótkotrwały dostęp nasion do światła). Inne gatunki cechuje spoczynek względny lub bezwzględny, uniemożliwiający natychmiastowe skielkowanie nasion. Jego ustąpienie wymaga warunków, które (dotyczy to spoczynku bezwzględnego) muszą oddziaływać na nasiona zwykle przez kilkanaście tygodni lub, w zależności od gatunku, przez okres jeszcze dłuższy, by przysposobić je do skielkowania. W warunkach sztucznych osiąga się to przez zabieg zwany stratyfikacją. Przechowywanie nasion takich gatunków należy więc zakończyć na tyle wcześniej przed planowanym terminem ich siewu, by zapewnić właściwy przebieg procesu ustąpienia spoczynku. Możliwa jest również inna kolejność działań: do likwidacji spoczynku nasion przystępuje się natychmiast po zbiorze, po czym poziom ich wilgotności jest obniżany i następuje ich przechowanie. Przed siewem wystarczy ponownie je uwodnić [Suszka B., 1975; Tytkowski, 1988, 1989, 2006].
- **Kategorie nasion.** Nasiona poszczególnych gatunków drzew i krzewów różnią się odpornością na odwodnienie i oddziaływanie niskiej lub ultra niskiej temperatury. Pod tym względem dzielimy je na trzy kategorie:
 1. **ORTHODOX.** Znoszą znaczne odwodnienie i są odporne na niską i ultra niską temperaturę (np. świerk pospolity, sosna zwyczajna). W chłodni można je przechowywać przez kilkanaście lat (np. wiązy) [Roberts, 1973; Tytkowski, 1987], a nawet przez kilka dziesięcioleci [Suszka B. i in., 2005].
 2. **SUBORTHODOX (INTERMEDIATE).** Znoszą silne odwodnienie i niską temperaturę, giną w temperaturze ultra niskiej (np. czereśnia, buk, leszczyna). W chłodni można je przechowywać przez kilka lat [Ellis i in., 1990; Suszka B., 1974].
 3. **RECALCITRANT.** Nie znoszą znacznego lub jakiegokolwiek odwodnienia, giną w temperaturze o kilka stopni niższej od 0°C (np. dęby, kasztanowiec, kasztan, klon srebrzysty, jawor). Są krótkowieczne i w chłodni nie można przechowywać ich dłużej niż przez 1 lub 2-3 zimy [Roberts, 1973; Suszka B., Tytkowski, 1980; Tytkowski, 1984].
- **Postępowanie z nasionami po zbiorze.** Do zbioru owoców lub owocostanów przystępuje się w okresie pełnej ich dojrzałości lub na krótko przed nią, natomiast do zbioru szyszek jesienią lub zimą. Zastosowanie znajdują takie sposoby jak ręczne zrywanie, otrząsanie (za pomocą mechanicznych otrząsaczy lub helikoptera), zbiór z ziemi (żołędzie, bukiw) lub powierzchni wody (olsze), a w niektórych wypadkach korzysta się z zapasów nagromadzonych przez zwierzęta (leszczyna). Natychmiast po zbiorze

przystępuje się do dalszej obróbki nasion otoczonych soczystą osnówką (cis), nie zwleka się też z oczyszczeniem nasion z mięsistych lub soczystych owocni. Postępuje się tak ze względu na wysoki poziom ich uwodnienia i wynikającą stąd możliwość uszkodzenia, fermentacji, pleśnienia i psucia się, przy równoczesnym, znacznym nieraz, wzroście temperatury (samozagrzewanie się) nasion.

- **Prowizoryczne składowanie szyszek, owoców i owocostanów.** Zebrane partie owoców, owocostanów lub szyszek należy przed dalszą obróbką zgromadzić prowizorycznie w składach-magazynach. Są nimi pomieszczenia intensywnie wietrzone, chronione przed mrozem, wiatrem i światłem słonecznym, zabezpieczone przed gryzoniami i ptactwem, dokładnie zamknięte. Na ich cementowej posadzce ustawia się drewniane boksy podzielone poprzecznymi ściankami, z podłogą wyniesioną ponad posadzkę. Uniemożliwia to mieszanie poszczególnych partii, zapewnia więc zachowanie wiarygodności pochodzenia nasion z drzewostanu wybranego do zbioru. Materiał znajdujący się w boksach składu należy codziennie dokładnie mieszać, unikając deptania nasion.

Szczegółnej troski wymaga składowanie łatwo samozagrzewających się żołądź i bukwi. Prowizoryczne składowanie powinno trwać jak najkrócej i nie należy go niepotrzebnie przedłużać. Dotyczy to też szyszeczek brzoź i olsz.

Szyszki gatunków iglastych składa się aż do przystąpienia do wyłuszczenia z nich nasion, do czego przystępuje się zimą po zbiorze, a nawet wczesną wiosną. W Polsce, w składzie-magazynie wyłuszczeni Nadleśnictwa Jarocin (RDLP Poznań), szyszki przechowuje się w regulowanej temperaturze (6–8°C) i dużej wilgotności względnej powietrza (powyżej 80%) oraz stale utrzymywanej jego cyrkulacji w całej hali i pomiędzy poszczególnymi, metalowymi skrzyniami z perforowanym dnem. Dzięki temu szyszki w nich składowane nie otwierają się i nasiona pozostają w ich wnętrzu nie tracąc żywotności.

- **Czyszczenie nasion.** Zebranemu materiałowi nasiennemu towarzyszą zwykle liczne zanieczyszczenia. Zanim przystąpi się do przechowywania nasion, należy te zbędne domieszki wyeliminować. Czyszczenie prowadzi do usunięcia z partii nasion: pustych, niedokształconych, uszkodzonych, opanowanych przez larwy owadów oraz obcych gatunków. Należy się też pozbyć innych zanieczyszczeń organicznych (pędy, gałązki, liście) i mineralnych (kamienie, żwir, piasek).
- 1. **SPOSOBY CZYSZCZENIA.** Najprostszym sposobem czyszczenia nasion jest ich odwianie na wietrze lub spławianie w wodzie, w której świeże, pełne nasiona toną, a puste wypływają na jej powierzchnię. Spławianie znajduje zastosowanie przy czyszczeniu żołądź, bukwi, pestek niektórych gatunków (np. czereśnia, tarnina, czeremcha). Po usunięciu wypływających

na powierzchnię wody, nasiona w niej zanurzone i opadające na dno są wydobywane osobno i osuszone, po czym następuje ich dalsza obróbka. Nasiona pełne wymagają jeszcze sortowania i segregacji w celu wyeliminowania z partii nasion zbyt drobnych lub za dużych. Czynności te wykonuje się za pomocą maszyn czyszczących: wialni zwykłych pneumatycznych, albo sitowo-pneumatycznych oraz segregatorów wibracyjnych. Mniejsze partie można czyścić ręcznie na sitach o odpowiednich oczkach. Do przechowywania nadają się tylko nasiona oczyszczone.

- **Termoterapia i zaprawianie nasion.** Nasiona niektórych gatunków są szczególnie zagrożone przez grzyby pasożytnicze. Najgroźniejszym z nich jest grzyb *Ciboria batschiana*, atakujący nasiona dębów i kasztana jadalnego. Zwalcza się go przez zanurzenie owoców (żołędzi lub kasztanów) na 2,5 godziny w wodzie (termoterapia wodna) o temperaturze 41 °C [Delator, 1978] lub przez poddanie ich w tej samej temperaturze i przez taki sam czas oddziaływaniu strumienia wilgotnego powietrza (termoterapia powietrzna). Zniszczenie zarodników i grzybni innych gatunków grzybów, zwłaszcza pleśniowych, których termoterapia nie zabija, dokonuje się poprzez zaprawienie żołędzi np. fungicydem emulsyjnym Vitavax. Nasiona dębów i niekiedy buka (gdy pleśń pojawia się w trakcie stratyfikacji) są do tej pory jedynymi, które przechowuje się w obecności fungicydu. Po termoterapii i zaprawieniu fungicydem należy materiał nasienny osuszyć i schłodzić. Termoterapia znalazła też [Suszka J., 2002] zastosowanie do zwalczania grzybów pasożytniczych porażających orzeszki buka.
- **Ocena jakości nasion.** Informacji o jakości nasion dostarcza ich poddanie rutynowej ocenie w Stacji Oceny Nasion lub w Stacji Kontroli Nasion. Przed przystąpieniem do przechowywania pobiera się z ocenianej partii nasion próbkę średnią, którą przesyła się do oceny. W stacji określa się następujące parametry danej partii: gatunek, czystość oraz udział i rodzaje zanieczyszczeń, masę 1000 nasion, zdolność kiełkowania (w wypadku nasion niespoczynkowych) lub żywotność nasion (nasiona w stanie spoczynku). Tę ostatnią określa się również we własnym zakresie metodą krojenia (żołędzie), a w stacji przez barwienie chlorkiem tetrazoliowym zarodków wyizolowanych z nasion (np. buk, gatunki z rodziny różowatych, jodła). Udział w partii nasion pełnych można też określić nieinwazyjną metodą rentgenograficzną. Na podstawie takich parametrów jak czystość, zdolność kiełkowania lub żywotność i masa 1000 nasion oblicza się dla danej partii wartość użytkową nasion oraz wartość siewną, zalicza się je też do odpowiedniej klasy żywotności [Załęski i in., 1998; Suszka B. i in., 2000]. Dla przechowywania wielkie znaczenie ma określenie wilgotności nasion, odniesionej do ich świeżej masy.
- **Warunki przechowywania nasion.** Przystępując do przechowania należy zapewnić nasionom warunki zgodne z ich wymaganiami, odbiegający-

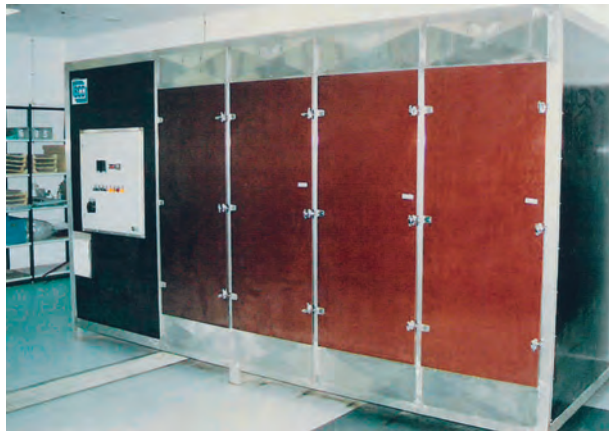
mi dla nasion z kategorii orthodox i suborthodox od wymagań nasion z kategorii recalcitrant. Szczegółne warunki należy zapewnić przechowywanym żołądziom. W Państwowym Gospodarstwie Leśnym Lasy Państwowe przechowuje się w Polsce obecnie znaczne ilości żołądzi w kilku przechowalniach, zgodnie z tymi wymaganiami.

1. TEMPERATURA PRZECHOWYWANIA. Nasiona gatunków liściastych z kategorii recalcitrant (np. dęby, kasztanowiec, kasztan, jawor, klon srebrzysty) przechowuje się krótkotrwale i w temperaturze nieznacznie niższej niż 0°C [Suszka B., 1966; Suszka B., Tylkowski, 1980; Tylkowski, 1984, 1989; Tylkowski, Grupa, 1994]. Do przechowania nasion obydwu pozostałych kategorii najbardziej przydatna jest temperatura zakresu od -3° do -20°C. Do ich dłuższego, kilkuletniego przechowywania (np. orzeszków buka i nasion innych gatunków liściastych oraz iglastych) najbardziej odpowiednia jest temperatura -10°C (ryc. 116). W leśnych bankach genów (np. Kostrzyca, Wyrchzadeczka) stosuje się temperaturę -10° lub -20°C. Unikać należy wielokrotnego otwierania pojemników z przechowywanymi nasionami w celu odsypania części przechowywanego zapasu danej partii, gdyż przyczynia się to do wzrostu poziomu ich wilgotności (kondensacja pary wodnej powietrza zewnętrznego na zimnych nasionach). W Polsce nasiona z kategorii recalcitrant, takie jak żołądzie, przechowuje się przez 1-2 zimy w temperaturze -3°C, przy jak najmniejszej amplitudzie jej wahań. Wysoko uwodnione nasiona w tej temperaturze jeszcze nie giną, wzrost ich korzeni jest skutecznie zahamowany, a epikotyle się nie rozwijają (żołądzie nie kielkują podczas przechowywania). W temperaturze nieznacznie wyższej, choć nadal bliskiej 0°C (np. w -1°, 1° lub 3°C), dochodzi w miarę jej wzrostu do coraz wcześniejszego i bardziej intensywnego wzrostu korzeni, kosztem rezerw pokarmowych, nagromadzonych w liścieniach [Suszka B., Tylkowski, 1980]. Wartość siewna takich nasion bardzo szybko maleje.
2. WILGOTNOŚĆ PRZECHOWYWANYCH NASION. Nasiona gatunków iglastych z kategorii orthodox lub suborthodox można odwołać do bardzo niskiego poziomu wilgotności, np. do 3%. W praktyce najczęściej podsusza się je do wilgotności 5-6%. W niskiej temperaturze zachowują żywotność nawet przez kilkadziesiąt lat [Suszka B. i in., 2005]. Nasiona gatunków liściastych z kategorii orthodox lub suborthodox dosusza się do wilgotności 8-10% [Suszka B., 1962, 1974]. Niektóre z nich (buk, leszczyna, orzech) cechuje znaczna zawartość związków tłuszczowych, co nie sprzyja długotrwałemu zachowaniu żywotności przez te nasiona (najwyżej przez 5-10 lat). Wilgotność żołądzi wszystkich występujących w Polsce gatunków dębów (dąb szypułkowy i bezszypułkowy oraz introdukowany dąb czerwony) powinna być doprowadzona do poziomu 38-45%. Jego przekroczenie sprzyja przedwczesnemu kielkowaniu tych nasion

Ryc. 116. Przechowalnia nasion i stratyfikatorium przy Stacji Nasiennictwa Leśnego w Nadleśnictwie Białogard (RDLP Szczecinek)



Ryc. 117. Suszarnia szafowa. Nasiona i szyszki są w niej osuszane na ruchomych szufladach z perforowanym dnem, cyrkulującym w niej i stale odwadnianym powietrzem o umiarkowanej temperaturze



w trakcie przechowania, natomiast obniżenie tego poziomu pociąga za sobą, w miarę jego postępu, coraz bardziej intensywne zamieranie nasion.

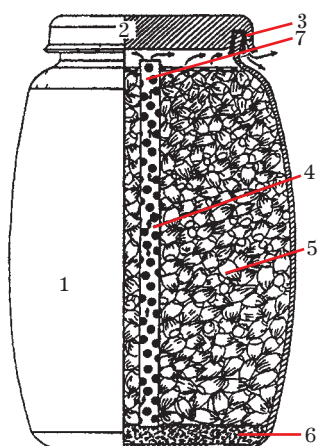
3. SUSZENIE ZEBRANYCH NASION (ODWADNIANIE). Następuje to bądź samorzutnie w magazynie prowizorycznego składowania, bądź w specjalnych urządzeniach suszących (ryc. 117). Nowoczesne, zautomatyzowane suszarnie cechuje umiarkowana temperatura suszenia (20–35°C), a przepływający przez nie strumień powietrza suszącego jest, w ciągłym wymuszonym obiegu, odwadniany przez kondensację pary wodnej z nasion na oziębianych chłodnicach. Suche powietrze przechodzi potem przez warstwy suszonych nasion, rozsypanych w skrzyniach, szufladach lub na tacach z perforowanym dnem, odbiera od nich wilgoć, a ponownie odwodnione wraca w nieustannej cyrkulacji do osuszania nasion.
4. WILGOTNOŚĆ NASION. Określano ją dawniej metodą suszarkową, dziś jednak korzysta się najczęściej z elektronicznie sterowanych wago-suszarek.

Na ich monitorze pojawia się wyliczona automatycznie wartość poziomu wilgotności nasion. Szczególnego postępowania wymaga określanie wilgotności nasion jodły [Suszka J., 2008], ze względu na obecność w ich okrywie pęcherzyków żywicznych, zawierających lotne olejki eteryczne. W zwykłej suszarce olejki te ulatniają się. Ich obecność przyczynia się do znacznego zafałszowania rzeczywistego poziomu wilgotności nasion. Nowa metoda polega na usunięciu z okryw nasion pęcherzyków żywicznych, a dopiero po tym na zastosowaniu wago-suszarki do określenia wilgotności nasion. Metoda ta ma dla postępowania z nasionami jodły wielkie znaczenie, gdyż umożliwia ich przechowywanie na podstawie znajomości rzeczywistego, a nie zniekształconego poziomu ich wilgotności.

5. WYMIANA GAZOWA NASION Z POWIETRZEM OTOCZENIA. Nasiona z kategorii orthodox i suborthodox przechowuje się w szczelnie zamkniętych opakowaniach. Łączne oddziaływanie obniżonej temperatury i znacznego odwodnienia nasion sprawia, że zapadają one w stan życia utajonego. Intensywność ich metabolizmu i towarzysząca mu wymiana gazowa są znikome.

Nasiona gatunków z kategorii recalcitrant innych niż dęby (kasztanowiec, kasztan, jawor, klon srebrzysty) przechowywane są co najwyżej przez jedną zimę, również w temperaturze -3°C , w pojemnikach zamkniętych nieuszczelnione lub z otworem obciążonym cienką folią polietylenową. Wymiana gazowa nasion z otoczeniem jest wtedy ograniczona, bez szkody dla ich żywotności.

Całkowicie odmienne warunki należy zapewnić przechowywanym żółodziom (ryc. 118) [Suszka B., 2000]. Przechowuje się je w plastikowych beczkach o pojemności 30–120 l. Ich dno należy pokryć warstwą suchych trocin z drewna iglastego (chodzi o wchłonięcie skroplonej wo-



Ryc. 118. Plastikowa beczka (o pojemności 30–120 litrów) do przechowywania żółodzi (1): 2 - wieko pojemnika z otworami wentylacyjnymi, 3 - mocowanie wieka umożliwiające wentylację, 4 - plastikowy (niekorodujący) perforowany kominek wentylacyjny, 5 - żółdzie, 6 - warstwa suchych trocin, 7 - płat włókniny lub perforowanej folii ułatwiającej cyrkulację gazów

dy wydzielanej przez oddychające żołądziejce). W środku masy żołądziejce ustawia się w każdej beczce plastikowy (niekorodujący), perforowany kominiek wentylacyjny. W wieku pojemnika wierci się z góry liczne otwory wentylacyjne, a powierzchnię żołądziejce w beczce nakrywa płatem włókniny lub perforowanej folii aluminiowej, z pozostawionym w niej otworem na kominiek wentylacyjny. Umożliwia to swobodną wymianę gazową pomiędzy żołądziejcami i powietrzem otoczenia, chroniąc je przed wyschnięciem. Samorzutnie ustala się wtedy w pojemniku wysoki poziom dwutlenku węgla, który jest dodatkowym czynnikiem konserwującym nasiona [Tylkowski, 1977].

- **Opakowania.** Do przechowania nasion z kategorii orthodox korzysta się z pojemników blaszanych, wykonanych z materiału niekorodującego lub z pojemników i beczek plastikowych. W ich wnętrzu umieszcza się najpierw worek lub torbę ze specjalnej, wielowarstwowej folii plastikowej, niewydzielającej par rozpuszczalnika plastiku, szkodliwych dla żywych tkanek. Worek z folii zamyka się przez zgrzewanie, a na pojemnik nakłada szczelnie wieko. Takie podwójne zabezpieczenie zapewnia utrzymanie, osiągniętego wcześniej przez suszenie, niskiego poziomu wilgotności przechowywanych nasion. Opisany sposób znajduje zastosowanie m.in. do przechowywania orzeszków buka.

Nasiona gatunków iglastych, ale też mniejsze partie orzeszków buka, przechowuje się w workach z folii wielowarstwowej, a napełnioną torbę wkłada bezpośrednio do kartonu o wymiarach standardowych 42×12××29 cm (mieści się w nim około 12 l, czyli blisko 6 kg nasion sosny lub świerka albo 5,5 kg orzeszków buka). Napełnione pojemniki i kartony umieszcza się w chłodni na półkach regałów. Nasiona gatunków wielkonasiennych umieszcza się najczęściej w większych, plastikowych beczkach o pojemności 30–120 l. Po napełnieniu zamyka się je szczelnie (w wypadku bukwi) lub nieszczelnie (żołądziejce).

Przystępując do długotrwałego przechowania nasion z kategorii orthodox, umieszcza się przy każdej przechowywanej partii od kilku do kilkunastu (w zależności od potrzeby) niewielkich torebek z laminatu aluminiowo-plastikowego, napełnionych pewną ilością nasion tej samej partii i szczelnie zamkniętych. Są to tzw. opakowania towarzyszące, a przechowywane w nich nasiona służą do okresowo powtarzanych ocen żywotności. Ma to na celu śledzenie ewentualnych zmian poziomu żywotności nasion podczas ich przechowania.

- **Sposoby rozmieszczenia pojemników w chłodni.** Pojemniki lub kartony z nasionami umieszcza się w chłodni na półkach regałów stałych lub ruchomych. Pojemniki z bukwią (najczęściej 30-litrowe) ustawia się lub układa na regałach na tyle wysokich, by na górną ich półkę można było pojemniki wstawiać ręcznie (ryc. 119). Większe beczki z żołądziejcami ustawia się



Ryc. 119. Regały stałe do przechowywania pojemników z orzeszkami buka (bukwi)

w dwóch poziomach na ruchomych regałach metalowych lub na dwóch poziomach palet drewnianych, z których każda mieści po 4–5 beczek. Palety ustawia się po dwie nad sobą na metalowych stelażach. Do chłodni, a także w niej, transportuje się je przenośnikiem widłowym. W wypadku regałów stałych lub palet należy pozostawić pomiędzy nimi ścieżki komunikacyjne, umożliwiające załadunek i rozładunek beczek. Regały ruchome zsuwa się blisko siebie pozostawiając tylko jeden pas wolnej przestrzeni jako dowolnie przesuwaną ścieżkę komunikacyjną. Pojemność komory chłodniczej znacznie wtedy wzrasta.

- **Nowe perspektywy przechowywania nasion.** Obecnie prowadzone są intensywne badania nad zastosowaniem metody kriogenicznej do długotrwałego przechowywania zasobów genowych gatunków produkujących nasiona trudne do przechowania sposobami klasycznymi. Korzysta się wtedy z ultra niskiej temperatury (-196°C), osiągananej przez zanurzenie opako-

wań z zamrażanym materiałem w ciekłym azocie [Chmielarz 1998, 2000; Walters i in., 2008]. Istotą tej metody jest tak szybkie zmrożenie nasion, by woda zawarta w ich tkankach nie zdołała zamienić się w kryształowy lod, niszczące żywe komórki, lecz by dochodziło do jej zeszklenia (witryfikacji) w formę amorficzną.

Metody kriogeniczne znajdują niewątpliwie zastosowanie w leśnych bankach genów, gdzie chodzi o przechowywanie nasion przez bardzo długi okres. Ich słabą stroną jest zależność od nieprzerwanych dostaw ciekłego azotu. Takie przechowywanie nasion i zasobów genowych może być poważnie zagrożone w sytuacjach kryzysowych (wojny, konflikty, klęski żywiołowe).

Spoczynek nasion i jego przezwyciężanie

Spoczynek jest genetycznie utrwaloną właściwością nasion, umożliwiającą im powstrzymanie się od kiełkowania w jakichkolwiek warunkach. Ich skiełkowanie pociągałoby za sobą zagładę siewek w warunkach uniemożliwiających ich dalszy wzrost i przeżycie. Takie niekorzystne warunki stwarzane są przez zbyt wysoką temperaturę i długotrwałe okresy suszy (stepy i pustynie). Taką samą rolę w strefie klimatu umiarkowanego odgrywa mroźna i śnieżna zima. W zjawisku spoczynku odzwierciedlają się więc właściwości klimatu, w którym bytują poszczególne gatunki drzew i krzewów i, by przetrwać, muszą zmagać się z jego ekstremami. Późne skiełkowanie nasion dojrzewających jesienią przyczyniłoby się w tym klimacie do zniszczenia niezdrewniałych jeszcze młodych roślin. Spoczynek nasion pozwala im przetrwać takie okresy, co sprawia, że ich kiełkowanie może nastąpić wiosną, a więc w porze najbardziej temu sprzyjającej. Proces ustępowania spoczynku wymaga znacznego upływu czasu, w jego przebiegu zakodowane jest trwanie pór roku na obszarze występowania danego gatunku. Szczegółowe omówienie tego zagadnienia znajduje się w opracowaniach pt.: „Nowe technologie i techniki w nasiennictwie leśnym” [Suszka B., 2000] oraz „Nasiona leśnych drzew liściastych – od zbioru do siewu” [Suszka B., Muller i in., 2000].

- **Typy spoczynku.** Do tej pory wszelkie, zidentyfikowane dotąd typy spoczynku nasion roślin zielnych i drzewiastych najbardziej wnikliwie rozpoznała i ujęła w całościowy system Nikolaeva [Nikolaeva, 1967]. W niniejszym opracowaniu korzystamy z systemu uproszczonego, ograniczonego wyłącznie do nasion gatunków drzewiastych, rozmnażanych w szkółkach leśnych w Polsce. W zależności od przyczyn warunkujących spoczynek nasion rozróżniamy następujące jego główne warianty:

1. BRAK SPOCZYNKU. Nie istnieją żadne przeszkody, które ograniczałyby dostęp wody i powietrza do zarodków we wnętrzu nasion. W korzystnych warunkach nasiona pęcznią natychmiast (świerk, sosna, brzozy, olsze, wierzby, topole, wiązy, klon srebrzysty) i rozpoczyna się proces ich kiełkowania [Suszka B. i in., 2000; Tylkowski, 1984, 1999]. Jego pierwszym przejawem jest wzrost korzenia, a w ślad za nim hipokotyłu, zazielenienie i powiększenie się liścieni oraz rozwój pierwszych liści. Roślina przechodzi wtedy przy dostępie światła na autotroficzny sposób istnienia. W nasionach niektórych gatunków (świerk, sosna) odkryto mechanizm uruchamiania kiełkowania lub jego blokady przez oddziaływanie na nie zakresu widma światła słonecznego w pasmach czerwień – daleka czerwień (fitochrom). Nasiona wyłuszczone z szyszek w pełnej ciemności i również w ciemności poddane kiełkowaniu nie są do tego zdolne bez uprzedniego naświetlenia. Naświetlenie nasion, nawet bardzo krótkotrwałe (np. po wypadnięciu z szyszek) światłem dziennym, eliminuje całkowicie blokadę tego typu. W praktyce zaliczamy takie nasiona do nasion wolnych od spoczynku.
2. SPOCZYNEK WZGLĘDNY. We wnętrzu nasion spoczywają zarodki gotowe do skielkowania. Przeszkodą jest struktura okryw nasiennych, niekiedy okrywa owocni, utrudniająca lub uniemożliwiająca, po osiągnięciu dojrzałości i odwodnieniu, swobodny dostęp wody do zarodka lub nasienia. Podobną przeszkodę okrywy te mogą stanowić dla dwukierunkowej wymiany gazowej żywych tkanek nasienia z otoczeniem. Wystarczy jednak tylko naruszyć integralność okryw, aby w warunkach sprzyjających kiełkowaniu (wilgotne podłoże, dostęp powietrza i podwyższona temperatura), natychmiast zostały zainicjowane takie procesy jak: pęcznienie żywych tkanek nasion oraz podziały komórek stożków wzrostu pędu i korzenia, a w efekcie kiełkowanie i wschody nasion. Przejawia się to wzrostem korzenia, wydłużaniem hipokotyłu i rozwojem epikotyłu. Następuje aktywacja i wzrost liścieni, potem rozwój liści. W naszej strefie klimatycznej takim spoczynkiem cechują się najczęściej nasiona gatunków drzew i krzewów z rodziny motylkowatych (np. grochodrzew, glediczja). Spoczynek nasion lipy drobnolistnej i szerokolistnej ma charakter złożony: owocnia, łupina nasienna i bielmo blokują wzrost zarodka. Opór okryw tych nasion wymaga wpierw usunięcia owocni sposobem mechanicznym (w naturze oddziałują na wilgotne owocki podwyższona temperatura i drobnoustroje glebowe). Nieprzepuszczalność łupiny nasiennej dla wody jest przewyżczana w glebie przez kolejne po sobie oddziaływania temperatury podwyższonej latem i obniżonej zimą lub – w warunkach sztucznych – przez długotrwałą stratyfikację ciepłą-chłodną. Jej ciepłą fazę można zastąpić krótkotrwałą skaryfikacją chemiczną, tj. potraktowaniem stężonym kwasem siarkowym. Zahamo-

wania o charakterze fizjologicznym, zachodzące między bielmem i zarodkiem, wymagają jeszcze oddziaływania chłodu (chłodna faza stratyfikacji), choć same zarodki wyizolowane z bielma są od spoczynku wolne [Tylkowski, 1998]. Okrywy nasion gatunków z rodziny motylkowych skaryfikuje się wrzątkiem, w którym pozostawia się je aż do całkowitego wystygnięcia wody i spęcznienia nasion.

3. **SPOCZYNEK BEZWZGLĘDNY.** Nasiona nie są zdolne do natychmiastowego kiełkowania w żadnych, nawet najbardziej sprzyjających temu warunkach. Zanim osiągną gotowość do kiełkowania, musi upłynąć pewien okres w stanie napęczniałym (zwykle kilkanaście lub więcej tygodni) i przy dostępie powietrza. W warunkach naturalnych kiełkują one najwcześniej na pierwszą lub drugą wiosnę po opadnięciu na ziemię. Zarodki w takich nasionach są po oswobodzeniu z wszelkich okryw (np. lipa drobnolistna) i wydobyciu z bielma zdolne do natychmiastowego kiełkowania i dalszego, normalnego wzrostu. Zarodki innych gatunków wyizolowane z bielma są albo niewyrośnięte (jesion, limba, cis) albo, po oswobodzeniu z okrywających je tkanek kiełkują wprawdzie na wilgotnym podłożu, nie wyrastają jednak w normalnie rozwijające się siewki (np. czereśnia).

Wymagania nasion, oprócz uwarunkowań o charakterze morfologicznym, zależą od warunków klimatu i miejsca ich pochodzenia, a charakteryzują się tym, że optymalne okresy trwania poszczególnych faz procesu ustępowania spoczynku odpowiadają okresowi przebywania uwodnionych nasion pomiędzy późną jesienią i wiosną, w chłodnym środowisku o temperaturze bliskiej 0°C, w której ich spoczynek ustępuje. Spoczynek nasion niektórych gatunków drzew i krzewów nie ustąpi, jeżeli okres chłodny (odpowiadający zimie) nie zostanie poprzedzony okresem ciepłym (odpowiadającym porze letniej). W tym wypadku chodzi o następstwo dwóch faz: ciepłej i chłodnej. Obniżona temperatura, oddziałująca na takie nasiona podczas pierwszej zimy po opadnięciu, nie uruchamia procesu ustępowania spoczynku. Taką rolę spełnia ona podczas drugiej zimy, po uprzednim pobycie w warunkach ciepłych, podczas poprzedzającego ją okresu letniego. W fazie ciepłej dochodzi do wydłużenia się i wzrostu niedorozwiniętych zarodków (np. jesion, cis, limba), napęcznienia bielma i liścieni oraz osłabienia przez mikroorganizmy glebove szwu pestki (czereśnia i inne gatunki z rodziny różowatych) czy zdrewniałej owocni (grab). Środowiskiem, w którym przebiegają w nasionach wszystkie te procesy, jest w warunkach naturalnych górna warstwa gleby, pokryta zimą ściółką i śniegiem, z panującym tam wtedy niskim poziomem temperatury i jej wahań. Latem jest nim ta sama, nagrzana wtedy, warstwa gleby, jeśli odpowiednie warunki (zacienienie, podsiąkanie, sąsiedztwo cieku wodnego) zabezpieczają nasiona przed utratą wilgotności.

Warunki te można symulować, zastępując glebę wilgotnym, przewiewnym podłożem, z którym miesza się nasiona, a warunki cieplne ulegające zmia-

nom – jednym lub kilkoma, następującymi po sobie, bardzo uproszczonymi układami stałej temperatury, co nazywamy stratyfikacją (od zaniechanego już, a stosowanego dawniej, przemiennego uwarstwiania nasion i wilgotnego podłoża).

Możliwa jest również stratyfikacja nasion bez podłoża. Ze względu na jego nieobecność konieczne jest wtedy utrzymanie wilgotności nasion na odpowiednio wysokim poziomie. Stosować ją można dla nasion lip, klonów czy jesionu [Tylkowski, 1990, 1994a, 1994b, 1995, 1998] oraz cisa lub jodły [Suszka J., 2003, 2008]. W Polsce szeroko stosowana jest taka stratyfikacja nasion buka [Suszka B., 1966a; Suszka B., Kluczyńska, 1980].

Pomiędzy poszczególnymi partiami nasion buka zachodzą znaczne różnice pod względem czasu trwania niezbędnej, chłodnej stratyfikacji. Uczyniło to koniecznym opracowanie metod określania tego czasu dla każdej partii bukwi z osobna [Suszka B., Zięta, 1976; Suszka B., Kluczyńska, 1980].

Nasiona niektórych gatunków (buk, klon zwyczajny, jawor, jesion) można po stratyfikacji podsuszyć i przechowywać w chłodni. Przed siewem wystarczy je uwodnić i wówczas ponowna stratyfikacja jest zbędna [Suszka B. i in., 2000; Tylkowski, 1988, 1989].

- **Warunki stratyfikacji.** Stratyfikacja ma zapewnić prawidłowy przebieg procesu ustąpienia spoczynku nasion, a więc odpowiednio wysoki poziom ich uwodnienia, wymianę gazową nasion z otoczeniem, rozprowadzenie ewentualnie wydzielanego ciepła, właściwą temperaturę lub konieczne na-



Ryc. 120. Regały w chłodzonej komorze do stratyfikacji nasion. Nasiona są w niej stratyfikowane w plastikowych pojemnikach bez wieka

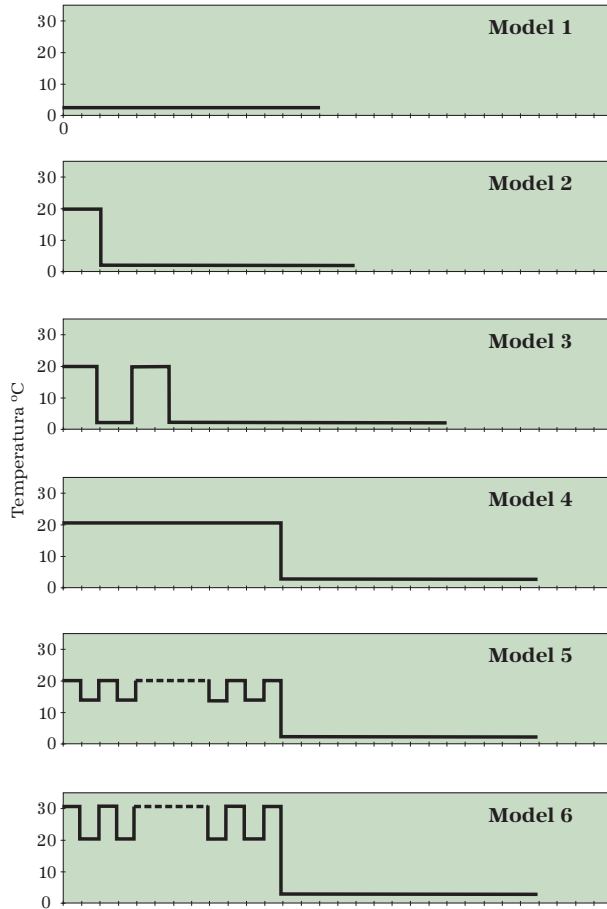
stępstwo temperatury podwyższonej i obniżonej. Jej przeprowadzenie w warunkach regulowanych i kontrolowanych jest zapewnione w placówkach nasiennictwa leśnego, wyposażonych w komory stałych temperatur (ryc. 120).

- **Podłoże stratyfikacyjne.** Jest nim zazwyczaj mieszanina czystego, drobnoziarnistego piasku z miałem torfowym (torf o odczynie kwaśnym), o stosunku objętościowym obydwu składników 1:1. Odpowiednią wilgotność i przewodność zapewnia w nim nasionom zmieszany z czterokrotną objętością podłoża jego dowilżanie i mieszanie w regularnych odstępach czasu, np. co tydzień (w fazie ciepłej) lub co dwa tygodnie (w fazie chłodnej). W miarę zbliżania się stanu gotowości nasion do skiełkowania, wilgotność mieszaniny i samych nasion kontroluje się częścię.
- **Pojemniki do stratyfikacji.** Są nimi skrzynki plastikowe napelniane mieszaniną nasion i podłoża w warstwie nie grubszej niż 20 cm. Dostęp powietrza do nasion zapewnia się przez niezamykanie skrzynek wiekiem, co najwyżej powierzchnię mieszaniny podłoża i nasion przykrywa się płatem włókniny. Można jednak pokryć skrzynki arkuszem folii aluminiowej z pozostawionymi w niej otworami wentylacyjnymi.
- **Pomieszczenia do stratyfikacji.** Ciepłą fazę stratyfikacji (jeżeli jest konieczna) przeprowadza się w komorze o temperaturze regulowanej automatycznie na wybranym poziomie zakresu 15–30°C przy dokładności do $\pm 1^\circ\text{C}$. W zależności od gatunku, stratyfikowane nasiona przebywają w niej od 2 tygodni (np. czereśnia) do 16 tygodni (jesion, kalina), a nawet 24 tygodnie (cis). Faza chłodna powinna przebiegać w temperaturze $3^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$, zależnie od gatunku przez 8–16 tygodni (np. grab, czereśnia, kalina, jesion). Jeżeli faza ciepła ma przebiegać w temperaturze cyklicznie zmiennej, korzysta się z dwóch komór, np. 15° i 20°C (w przypadku nasion cisa) lub 20° i 30°C (dereń, głogi), a skrzynki ze stratyfikowanymi nasionami przewozi się na wózkach w regularnych odstępach czasu (np. co 24 lub co 48 godzin) z jednej komory do drugiej. Dla niewielkich ilości nasion korzysta się z termostatu z temperaturą automatycznie zmienianą w zaprogramowanych z góry odstępach czasu. W komorach z regulowaną temperaturą skrzynki z nasionami ustawia się na półkach stałych regałów. Do dowilżania i mieszania podłoża z nasionami oraz ich kontroli wywozi się je poza komorę do pomieszczenia roboczego, gdzie powinny przebywać jak najkrócej. Powietrze w komorze stratyfikacyjnej powinno podlegać stałej wymianie, zarówno w komorach ciepłych jak i chłodnych.
- **Początek i koniec stratyfikacji.** Przystępując do stratyfikacji nasion należy liczyć się z czasem jej trwania. Dlatego też rozpoczyna się ją na tyle wcześniej, by jej koniec zbiegał się z przewidywanym, wiosennym lub wczesnowiosennym terminem siewu. Koniec stratyfikacji jest wyznaczany

przez pojawienie się pierwszych nasion (co najwyżej 5–10%) z bardzo jeszcze krótkim kiełkiem. Jest to równoznaczne z ustąpieniem spoczynku tych nasion, który w pozostałych nasionach danej partii jeszcze nie został w pełni przezwyciężony. Przedłużenie czasu trwania stratyfikacji poza ten okres przyczyniłoby się do coraz liczniejszego pojawiania się nasion kiełkujących i dalszego wzrostu ich korzeni. Uniemożliwiłoby to ich wysiew i prowadziło do zmarnowania nasion. Podczas zanikania spoczynku pojawiają się kiełki u pierwszych nasion stratyfikowanej partii, pozostałe i niekiełkujące jeszcze nasiona powinny przebywać nadal w chłodzie przez pewien okres. Zapewnia się to im po wysiewie, w glebie, przez odpowiednie postępowanie. Jest nim np. dobór wczesnej daty siewu i pokrycie zasiewów warstwą izolacyjną (słoma, ściółka, torf, rozdrobniona kora), chroniącą glebę przed nadmiernym nagraniem przez słońce. W tak osłoniętej glebie temperatura jest o około 10°C niższa niż w glebie nieprzykrytej. Wilgotność gleby nie ulega zmianie dzięki opadom deszczu lub śniegu czy sztucznemu zraszaniu, jej struktura zagęszczeniu, a powierzchnia zeskorpieniu. W nasionach, w chwili siewu żywotnych, lecz jeszcze niekiełkujących, spoczynek może w chłodnej glebie stopniowo ustępować, a nasiona już skiełkowane osiągają gotowość do wzejścia. Wtedy pod warstwą izolacyjną pojawiają się pierwsze wschody, co sygnalizuje konieczność jej usunięcia. Wiosenny wzrost temperatury gleby sprzyja wówczas szybkim, energicznym i masowym wschodom.

- **Spoczynek wtórny.** Wysiew stratyfikowanych nasion do ogrzanej już gleby (a więc siew zbyt późny) sprawia, że nasiona, których spoczynek jeszcze nie ustąpił, mogą pod wpływem podwyższonej temperatury zapaść w stan spoczynku wtórnego. Ten nie ustąpi, jeśli nie zostanie powtórzona cała chłodna faza stratyfikacji (w warunkach naturalnych nasiona takie kiełkują nie wcześniej niż na następną wiosnę, gdyż przez cały rok przelegują w glebie).
- **Modele stratyfikacji.** We współczesnym szkółkarstwie ustępowanie spoczynku w warunkach naturalnych, zwane dawniej dołowaniem [Tyszkiewicz, 1949; Tyszkiewicz, Dąbrowska, 1953], zostało zastąpione stratyfikacją w kontrolowanej temperaturze, zależnie od wymagań nasion danego gatunku. Układy cieplne stratyfikacji są wtedy maksymalnie uproszczone. Zamiast w zmiennej temperaturze gleby, nasiona przebywają w temperaturze stałej z zakresu 15–30°C (odpowiednik lata) i 3–5°C (odpowiednik zimy). Okazało się, że cieplne warunki stratyfikacji nasion gatunków z naszej strefy klimatycznej można zgrupować w kilka modeli [Suszka B., 2000], różniących się temperaturą, czasem trwania i sposobem jej oddziaływania (stałym lub cyklicznie zmiennym). Wszystkie rozpoznane do tej pory modele stratyfikacji przedstawiono na rycinie 121.

Ryc. 121. Modele stratyfikacji nasion drzew i krzewów ze strefy klimatu umiarkowanego



MODEL 1 - stratyfikacja wyłącznie chłodna. Przebiega w jednej temperaturze (3°C) i trwa do pojawienia się pierwszych kiełków. Najszerze zastosowanie znajduje do stratyfikacji nasion: buka, jodły, jaworu, klonu zwyczajnego, jabłoni płonki, gruszy, jarzębu szwedzkiego i jarzębu brekinii. Nasiona lipy [Tylkowski, 1994b, 1998] wymagają takiej stratyfikacji po skaryfikacji. Spoczynek nieodwodnionych nasion kasztanowca ustępuje podczas ich przechowywania w chłodzie [Suszka B., 1966b].

MODEL 2 - stratyfikacja ciepło-chłodna z krótkotrwałą fazą ciepłą. Fazę chłodną poprzedza faza ciepła, trwająca 2 tygodnie (np. czereśnia lub jarząb pospolity) lub co najwyżej 4 tygodnie (np. grab), po czym następuje faza chłodna w 3°C [Suszka B., 1962].

MODEL 3 - stratyfikacja ciepło-chłodna z powtórzoną fazą ciepłą. Na początku stosuje się dwie 2-tygodniowe fazy ciepłe w 20 lub 25°C, przedzielone 2-tygodniową fazą chłodną w 3°C. Po drugiej fazie cieplej następuje

faza chłodna w 3°C (po takiej stratyfikacji nasiona czereśni kielkują w znacznie większej liczbie niż po stratyfikacji według modelu 2).

MODEL 4 – stratyfikacja ciepło-chłodna z długotrwałą fazą ciepłą. Faza ciepła w 15°, 20° lub 25°C trwa, w zależności od gatunku, 12–16 tygodni, po niej następuje przez kilkanaście tygodni faza chłodna w 3°C (np.: jesion, limba, róża dzika, lipa drobno- i szerokolistna), dla niektórych gatunków (np. kalina) do 20 tygodni.

MODEL 5 – stratyfikacja ciepło-chłodna z fazą ciepłą w temperaturze cyklicznie zmiennej umiarkowanej. W fazie ciepłej temperatura podlega zmianom z 15°C na 20°C w każdym cyklu, co 24 lub 48 godzin, przez 24 tygodnie, po czym następuje faza chłodna w 3°C, trwająca 12 tygodni (model dotyczący dotąd wyłącznie nasion cisa).

MODEL 6 – stratyfikacja ciepło-chłodna z fazą ciepłą w temperaturze cyklicznie zmiennej podwyższonej. W fazie ciepłej temperatura podlega zmianom z 20° na 30°C w każdym cyklu, co 24 godziny, przez 15–18 tygodni (dereń jadalny [Tylkowski, 1991]) lub 16 tygodni (jarzab szwedzki lub jarzab brekinia [Suszka B., Borkowska-Bujarska 2002]), po czym następuje faza chłodna w 3°C, trwająca 14–18 tygodni (dereń jadalny) lub 18–20 tygodni (głóg jedno- i dwuszyjkowy [Borkowska-Bujarska, 2002, 2006]).

- **Powstrzymanie ustępowania spoczynku i kiełkowania nasion.** Zdarza się, że warunki pogodowe uniemożliwiają wysiew w szkółce (mróz, opady deszczu lub śniegu, gleba nienadająca się do uprawy), gdy tymczasem dobiegająca końca stratyfikacja i pojawiające się pierwsze kiełki przynaglają do natychmiastowego przystąpienia do siewu nasion. W takiej sytuacji można stratyfikowane nasiona wraz z podłożem zamrozić w -3°C na okres do kilku tygodni i powstrzymać ich kiełkowanie. Po nastaniu odpowiednich warunków można nasiona rozmrozić w 3°C i wysiać.
- **Wysiew stratyfikowanych nasion w szkółce kontenerowej.** Z nasion stratyfikowanych wybiera się pod koniec chłodnej fazy stopniowo, w miarę pojawiania się, tylko te z bardzo krótkim kielkiem i przeznacza do siewu po jednym lub dwa w każdy pojemnik. Wysiew przeprowadza się więc w kilku kolejnych terminach. W razie potrzeby można ustępowanie spoczynku nasion przerwać przez zamrożenie nasion w -3°C na co najwyżej kilka tygodni.

Nawozy organiczne

WŁADYSŁAW BARZDAJN, MARIA HAUKE

Nawozy zielone

Są to rośliny uprawiane na przyoranie. Rozkładając się w glebie zwiększają zapasy materii organicznej. Spotyka się poglądy, że jej rozkład jest w zasadzie zupełny i nie prowadzi do zwiększenia zasobów właściwej próchnicy, a jedynie do przejściowego wzbogacenia gleby w substancje niehumusowe. Mogą jednak wzbogacać glebę w azot, pogłębiać profil glebowy, przynosić pokarmy mineralne z głębszych warstw profilu do warstwy ornej, przeciwdziałać erozji, uwstecznieniu pokarmów mineralnych i uruchamiać je z form trudno przyswajalnych, chronić sole mineralne przed wyługowaniem i aktywizować edafon. Mogą też dostarczać biomasy (nekromasy) do kompostowania. Wpływ na wzrost roślin uprawianych bezpośrednio na nawozach zielonych jest bardzo duży i rozciąga się też na lata następne. Na zielony nawóz uprawia się rośliny motylkowate i niemotylkowate.

● **Rośliny motylkowate (bobowate).** Uprawia się je głównie dla azotu, związanego przez nie z powietrza. Na lekkich i kwaśnych glebach szkółek leśnych uprawiać można jedynie:

1. Łubin żółty (*Lupinus luteus* L.).
2. Wykę kosmatą, czyli piaskową lub ozimą (*Vicia villosa* L.).
3. Groch polny, czyli peluszkę (*Pisum arvense* L.).
4. Seradelę (*Ornithopus sativus* L.).

Łubin można siać w czystym siewie. Pozostałe gatunki wymagają podpory: owsa, żyta (wyka), gorczycy. Przy siewie wczesnowiosennym lub ozimym (wyka z żytem) można w lipcu zebrać zielonkę i przeznaczyć ją do kompostowania, a zwolnioną powierzchnię obsiać jeszcze raz, najlepiej gorczycą, na przyoranie. Rośliny motylkowe mogą mieć jednak wpływ na zwiększenie występowania chorób grzybowych z rodzaju *Phytophthora* [McGuire, Hannaway, 1984].

● **Rośliny niemotylkowate.** Dostarczają jedynie zielonej masy i wymagają nawożenia azotowego. Na lekkie i kwaśne gleby szkółek leśnych zalecić można:

1. Żyto.
2. Owies - możliwy zbiór ziarna.
3. Gorczyca biała, rzepak jary, rzepik - sprzyjają rozwojowi grzybów saprotroficznych z rodzaju *Trichoderma*.
4. Słonecznik.

5. Gryka - roślina zawodna.

6. Facelia.

Podobnie jak w wypadku motylkowatych, plon zielonej masy (lub słomę) należy zebrać do połowy sierpnia i skompostować, a zwolnioną powierzchnię obsiać powtórnie tzw. poplonami ścierniskowymi (gorczyca, facelia). Nadmierne rozrastanie się roślin przeznaczonych jako nawóz zielony nie jest korzystne, ponieważ pobierają one duże ilości wody z podłoża, a ich łodygi silniej drewnieją i po przyoraniu dłużej rozkładają się w glebie. Ponadto, jeśli do gleby są wprowadzane duże ilości świeżej masy roślinnej, przeważają wtedy beztlenowe procesy gnilne.

Obornik

Nie jest to nawóz szkółkarski, ale stosowanie go jest możliwe. Jego zaletą jest zwiększanie zasobów próchnicy i pełny skład pokarmów mineralnych, wadami natomiast to, że jest: trudno dostępny i drogi, zanieczyszczony nasionami chwastów ruderalnych oraz segetalnych, toksyczny dla wielu roślin (przejściowe produkty rozkładu zawierają polifenole), źródłem obcej dla lasu mikroflory, a jeśli pochodzi z dużych ferm, zawiera antybiotyki, jego odczyn jest zasadowy ($\text{pH} > 7$). Może być użyty jako jeden z surowców do kompostowania oraz nawóz pod przesadki olszy, jesionu, wiązu, topoli i innych.

Gnojówka i gnojowica

Ich znaczenie dla próchniczności gleb jest niewielkie. Mają zasadowy odczyn. Tak samo jak obornik, przenoszą do szkólek leśnych niespecyficzne układy mikrobiologiczne. Gnojowica, stanowiąca mieszaninę kału i moczu z dodatkiem wody po myciu stanowisk zwierząt, powinna być teoretycznie niemal idealnym nawozem organiczno-mineralnym. W rzeczywistości jest jednak inaczej. Rozdrobnioną substancję organiczną, o dużej aktywności biologicznej, wprowadza się do gleby ze znaczną ilością wody, która wypiera powietrze. Resztki tlenu zużywają aktywne formy substancji organicznej i mikroorganizmy glebowe. Wkrótce nasilają się procesy beztlenowe. Mała dawka gnojowicy nie wywołuje ujemnych skutków, jednak ustalenie optymalnych dawek tego nawozu jest trudne. Jeśli nawet gnojowicę wprowadzi się do gleby słabo wilgotnej, nie ma pewności, czy nie spadnie deszcz, który zdecydowanie pogorszy warunki tlenowe.

Torf niski

Powstaje z roślinności torfotwórczej, rozkładającej się w warunkach beztlenowych, przy udziale wód gruntowych i powierzchniowych. Jego skład mineralny zależy od zawartości minerałów rozpuszczonych w wodach. Zalety torfu niskiego to duża zawartość próchnicy, wapnia, magnezu i azotu oraz strukturotwórcze oddziaływanie na glebę. Jego wady to obojętny lub zasadowy odczyn ($\text{pH} > 6$) oraz niska zawartość fosforu i potasu. Można go stosować bezpośrednio pod gatunki znoszące wysokie pH: olsza, jesion, wiąz, topola i inne. Kompostowanie jest zazwyczaj niecelowe, gdyż bardzo powoli zmienia swoje właściwości, konieczne natomiast, gdy zawiera kłącza, rozłogi i nasiona.

Torf wysoki

Powstaje z roślinności torfotwórczej, w warunkach beztlenowego rozkładu, przy udziale wody opadowej, która nie zawiera rozpuszczonych minerałów. Torf ten jest słabo rozłożony, włóknisty i kwaśny – idealny do poprawy fizycznych właściwości lekkich gleb szkółek leśnych. Charakteryzuje się bardzo dużą pojemnością wodną. Jest aseptyczny. Prawie wcale nie zawiera pokarmów mineralnych, poza dużą ilością azotu, który jest jednak bardzo trudno dostępny. Stosuje się go do bezpośredniego nawożenia iglastych i innych kwasolubnych roślin. Jego kompostowanie jest w jeszcze większym stopniu niecelowe od kompostowania torfu niskiego. W przyrmach kompostowych używa się go jedynie w dolnych warstwach, do pochłaniania odcieków z przyrm. Ze względu na aseptyczność i wysoką pojemność wodną jest podstawowym składnikiem podłoży szkółkarskich do upraw w pojemnikach – razem z materiałami rozluźniającymi. Jest powszechnie dostępny w handlu i tani, jednak handlowy obrót torfem jest niemoralny.

Ściółka leśna

Ściółka z warstwy F i H ma bardzo dobre właściwości fizyczne i odpowiedni skład pokarmów mineralnych, jednak niekiedy występuje niedostatek azotu. Zawiera grzyby mikoryzowe i pozostały leśny edafon. W zasadzie jest niedostępna. Usuwanie jej z drzewostanu oznacza dewastację siedliska i jest niedopuszczalne. Ściółka z warstwy L nadaje się tylko do kompostowania.

Ściółka z warstw F i H jest cenionym substratem szkółkarskim, zalecanym w metodzie produkcji sadzonek Dünnemanna i Neubachera.

Węgiel brunatny

Niektóre jego frakcje nie nadają się do spalania. Składa się głównie z humianów wapnia i magnezu, a więc próchnicy właściwej. Zwiększa zawartość próchnicy na okres 10 lat lub dłuższy. Jego odczyn jest zasadowy ($\text{pH} > 8$), dlatego jego zastosowanie jest ograniczone do bezpośredniego nawożenia roślin wapniolubnych (Ol, Js, Wz, Tp). Można nim zastąpić nawozy wapniowe.

Kompost

Jest najważniejszym i najlepszym nawozem próchnicotwórczym dla gleb szkółek leśnych. Powinien to być kompost przygotowany we własnym zakresie lub wyprodukowany dla szkółek. W handlu występują komposty ze śmieci miejskich i osadów oczyszczalni, które mogą być zanieczyszczone odpadami stałymi (szkło, gruz, żużel, złom metali, tworzywa sztuczne) lub zawierać metale ciężkie. Zwykle odczyn tych kompostów jest zasadowy, a więc nieodpowiedni. Do ich produkcji wykorzystuje się różnorodne materiały, w różnych proporcjach, stąd trudno określić ich skład chemiczny. Zawartość składników w dojrzałych kompostach waha się w granicach: 0,35–0,62% N, 0,34–0,80% P_2O_5 , 2,07–0,40% K_2O . Przy nawożeniu organicznym wskazane jest każdorazowo oznaczać zawartość poszczególnych składników pokarmowych, w celu określenia wartości nawozowej. Zależnie od materiałów, z jakich kompost został sporządzony, siła nawozowa równa się mniej więcej połowie wartości obornika, uwzględniając taką samą wagę nawozu. Jednakże składniki mineralne z kompostów są szybciej uwalniane i przyswajane niż z obornika.

Dobrze rozłożony kompost zawiera dużo próchnicy, dlatego powinien się znajdować w wierzchniej warstwie gleby, blisko korzeni. Z tego powodu nie należy go przyorywać pługiem, ponieważ zostałby wprowadzony zbyt głęboko. Najkorzystniej jest go rozsypać na zaoranej glebie i wymieszać z nią za pomocą kultywatora lub ciężkiej brony. Odpowiednim terminem stosowania kompostów jest koniec lata oraz jesień, głównie ze względu na opóźnione działanie nawozowe kompostu. Niewykluczone jest stosowanie na wiosnę.

W pierwszym roku po nawożeniu zawartość materii organicznej może być większa od oficjalnie zalecanych wartości, w kolejnych latach powinna się obniżyć. Z reguły po upływie 3–5 lat potrzebne jest uzupełnienie substancji or-

ganicznej w glebie. Bardzo ważne, aby najmniejsza dawka dostarczanego kompostu nie była mniejsza od 3 mp./ar, ponieważ stosowanie mniejszych dawek, nawet częściej niż to się zaleca, nie spełnia swojej roli. Ze względu na ubytek próchnicy, jaki zachodzi w dojrzałych kompostach, nie należy ich przechowywać. Cały zapas posiadanego kompostu powinien być od razu wykorzystany do nawożenia. Określenie rzeczywistego zapotrzebowania na kompost szkółek leśnych jest trudne do ustalenia. Realizacja postulatów właściwego zaopatrzenia w próchnicę gleb w szkółkach leśnych musi uwzględniać również aspekt ekonomiczny.

Problem z przygotowaniem własnych kompostów polega na niedostatku materiałów do kompostowania i na ponoszeniu dodatkowych kosztów. Jednak zagadnienie jest na tyle ważne, że poświęcono mu oddzielny rozdział.

Dobre rady:

Produkcja szkółkarska ma najwięcej wspólnego z produkcją ogrodniczą. Czytelnik może wiele skorzystać z podręczników ogrodniczych Chroboczka i Skąpskiego [1984], Starcka [1997] i Knafliewskiego [2008].

Nawożenie

Nawożenie doglebowe



GRAŻYNA SZOŁTYK, PIOTR ZAJĄCZKOWSKI

Mineralne nawożenie doglebowe spełnia niezwykle ważną rolę w procesie uzupełniania niedoborów składników pokarmowych podczas produkcji szkółkarskiej. Współwarunkuje ono właściwy, harmonijny rozwój siewek, przygotowuje je do wejścia w okres spoczynku zimowego oraz kształtuje ich mrozoodporność. Wraz z materiałem sadzeniowym opuszczającym szkółkę, gleba traci znaczne ilości substancji mineralnych (tabela 27). Ubywają również z powodu ich wymycia w głębsze partie profilu glebowego, a część staje się niedostępna w wyniku silnego związania z kompleksem sorpcyjnym gleby, albo przeistacza się w formy nieprzyswajalne. Ich uzupełnianie dro-

Tabela 27.

Roczny pobór składników pokarmowych przez sadzonki drzew leśnych w szkółkach [Szołtyk, 2003]

| Gatunek | Wiek | Liczba sadzonek (tys. szt.) | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CaO | MgO | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CaO | MgO |
|---------|--------|-----------------------------|-------|-------------------------------|------------------|-------|------|------------|-------------------------------|------------------|-------|------|
| | | | kg/ha | | | | | g/100 szt. | | | | |
| So | 1/0 | 20 | 26,8 | 7,5 | 11,1 | 7,5 | 2,1 | 13,4 | 3,8 | 5,5 | 3,8 | 1,1 |
| Św | 1/0 | 15 | 5,1 | 1,8 | 2,4 | 3,6 | 0,6 | 3,4 | 1,2 | 1,6 | 2,4 | 0,4 |
| Jd | 1/0 | 15 | 4,5 | 1,9 | 2,3 | 3,0 | 0,4 | 3,0 | 1,3 | 1,5 | 2,0 | 0,3 |
| Md | 1/0 | 12 | 8,0 | 2,0 | 6,8 | 3,6 | 0,8 | 6,7 | 1,7 | 5,7 | 3,0 | 0,7 |
| Dg | 1/0 | 15 | 10,0 | 4,0 | 8,0 | 8,0 | 1,0 | 6,6 | 3,0 | 6,0 | 6,0 | 0,7 |
| Db | 1/0 | 8 | 10,4 | 6,4 | 2,4 | 40,0 | 5,6 | 13,0 | 8,0 | 3,0 | 50,0 | 7,0 |
| Dbc | 1/0 | 8 | 12,0 | 9,6 | 4,0 | 45,6 | 6,4 | 15,0 | 12,0 | 5,0 | 57,0 | 8,0 |
| Bk | 1/0 | 8 | 15,5 | 6,5 | 10,0 | 25,0 | 3,5 | 19,4 | 8,1 | 12,5 | 31,3 | 4,4 |
| Js | 1/0 | 8 | 50,0 | 16,0 | 53,4 | 57,4 | 11,4 | 62,5 | 20,0 | 66,7 | 71,7 | 14,2 |
| So | szk. | 10 | 31,4 | 8,6 | 12,9 | 10,0 | 2,9 | 31,4 | 8,6 | 12,9 | 10,0 | 2,9 |
| Św | 2/0 | 10 | 13,8 | 4,3 | 7,8 | 12,3 | 1,3 | 13,8 | 4,3 | 7,8 | 12,3 | 1,3 |
| Jd | 2/0 | 10 | 9,4 | 4,1 | 5,6 | 7,2 | 1,0 | 9,4 | 4,1 | 5,6 | 7,2 | 1,0 |
| Md | 2/0 | 8 | 24,0 | 12,0 | 21,2 | 10,4 | 3,2 | 30,0 | 15,0 | 36,5 | 13,0 | 4,0 |
| Dg | 2/0 | 10 | 24,0 | 10,0 | 18,0 | 10,0 | 3,5 | 24,0 | 10,0 | 18,0 | 10,0 | 3,5 |
| Db | 2/0 | 6 | 74,5 | 19,7 | 45,4 | 72,8 | 16,3 | 124,2 | 32,9 | 75,7 | 121,4 | 27,1 |
| Dbc | 2/0 | 6 | 88,0 | 31,0 | 73,0 | 114,0 | 20,0 | 146,6 | 51,7 | 121,7 | 190,0 | 33,3 |
| Bk | 2/0 | 6 | 59,3 | 18,7 | 30,0 | 77,3 | 11,3 | 98,9 | 31,1 | 50,0 | 128,8 | 18,9 |
| Js | 2/0 | 6 | 185,4 | 78,6 | 232,2 | 240,6 | 51,0 | 309,0 | 131,0 | 387,0 | 401,0 | 85,0 |
| Św | 3 szk. | 4 | 43,8 | 13,3 | 18,1 | 52,4 | 5,7 | 110,0 | 33,3 | 45,2 | 131,0 | 14,3 |
| Jd | 3 szk. | 4 | 13,3 | 2,8 | 4,8 | 4,8 | 1,0 | 33,3 | 7,1 | 11,9 | 11,9 | 2,4 |
| Md | 3 szk. | 2 | 45,0 | 14,0 | 26,0 | 33,0 | 9,0 | 225,0 | 70,0 | 130,0 | 165,0 | 45,0 |
| Db | 3 szk. | 2 | 27,3 | 9,1 | 21,8 | 62,7 | 7,3 | 136,4 | 45,5 | 109,0 | 263,6 | 36,4 |
| Dbc | 3 szk. | 2 | 86,4 | 23,6 | 51,8 | 113,6 | 13,6 | 432,0 | 118,0 | 259,0 | 568,0 | 68,0 |
| Bk | 3 szk. | 2 | 18,0 | 6,0 | 7,0 | 29,0 | 4,0 | 90,0 | 30,0 | 35,0 | 145,0 | 20,0 |
| Js | 3 szk. | 2 | 65,0 | 19,0 | 62,0 | 76,0 | 13,0 | 325,0 | 95,0 | 310,0 | 380,0 | 65,0 |

gą nawożenia organicznego nie jest wystarczające. Zbyt mały jest również depozyt substancji pokarmowych w wodzie używanej do nawodnień, opadach atmosferycznych oraz imisjach pyłów (z wyjątkiem okolic niektórych zakładów przemysłowych). Konieczne więc staje się dostarczanie roślinom koniecznych mikro- i makroelementów drogą nawożenia mineralnego.

Rośliny pobierają składniki pokarmowe, głównie w postaci jonowej, za pomocą systemów korzeniowych. Na miejsce jonów pobranych przez rośliny z roztworu glebowego dostarczane są jony z kompleksu sorpcyjnego gleby, pochodzące z procesów mineralizacji substancji organicznej oraz wietrzenia frakcji mineralnej gleby. Brak równowagi jonowej w glebie, czyli odbiegający od optymalnego stosunek ilościowy i jakościowy jonów prowadzi do zakłóceń we wzroście oraz rozwoju produkowanych sadzonek. Występowanie w roztworze glebowym nadmiaru któregośkolwiek z jonów (zarówno makro- jak i mikroelementów) powoduje zakłócenia w pobieraniu niektórych innych.

Zjawisko to nazywane jest antagonizmem – w przeciwieństwie do synergizmu, gdzie obecność jednego jonu ułatwia pobieranie innego. Przykładami jonów antagonistycznych są: Ca^{2+} i K^+ , Ca^{2+} i Mg^{2+} , K^+ i Mg^{2+} , Mg^{2+} i NH_4^+ oraz Ca^{2+} i NH_4^+ . Synergistycznie oddziałują na siebie natomiast: N i P, N i K oraz K i P [Walendzik, Szołtyk, 1999].

Każda roślina może rosnąć i rozwijać się tylko w pewnym określonym „przedziale ekologicznej tolerancji” względem czynników środowiska. Wpływa ono na wartość biologiczną roślin. W wypadku sadzonek będzie to jakość materiału sadzeniowego wyrażona cechami morfometrycznymi – masa części nadziemnej i podziemnej, wysokość, długość systemu korzeniowego, grubość szyjki korzeniowej. Wpływ środowiska uwidacznia się także w strukturze mikoryz, zdrowotności, udatności i wzroście drzewek na uprawie leśnej.

Do czynników siedliskowych – glebowych, zalicza się skalę macierzystą, z jakiej gleba się wytworzyła, jej skład granulometryczny, zasobność w próchnicę, odczyn, ilość i ruch powietrza oraz zmęczenie gleby. Do czynników siedliskowych – klimatycznych, wpływających na mikroklimat w szkółce, należą: nasłonecznienie i temperatura powietrza, jego wilgotność, ilość opadu oraz ruch powietrza (wiatr). Zakres czynników, które wpływają na żyźność gleby jest duży i musi być brany pod uwagę przy racjonalnej produkcji szkółkarskiej.

Ocena potrzeb nawożenia mineralnego w szkółkach leśnych przede wszystkim uwzględnia wymagania pokarmowe poszczególnych gatunków w zależności od ich wieku. O potrzebach nawożeniowych informuje kontrola zasobności gleby w składniki pokarmowe, przede wszystkim ich formy przyswajalne dla roślin, kontrola zawartości próchnicy i pH gleby. Należy też uwzględnić oddziaływanie na wzrost i rozwój roślin innych czynników: poprzednie cykle produkcyjne, wypłukiwanie składników pokarmowych do głębszych warstw gleby, uwstecznianie składników pokarmowych (przejście w formy nieprzyswajalne), zablokowanie niektórych składników pokarmowych w kompleksie sorpcyjnym (retrogradacja, najczęściej potasu), przejście do form organicznych (czasowe zatrzymanie w ciałach mikroorganizmów glebowych, najczęściej azot), szczególnie niebezpieczne przy jednoczesnym wapnowaniu i nawożeniu organicznym itp.

Racjonalne nawożenie wymaga kontrolowania warunków glebowych. W tym celu wskazane jest analizowanie zbiorczych próbek glebowych (pobranych z 10–15 miejsc z głębokości około 20 cm) po skończonych cyklach produkcyjnych co 2, ale nie rzadziej niż 4 lata. Niepokojący wygląd hodowanych roślin (przebarwienia, chlorozy, nekrozy, ograniczenie we wzroście itp.), niewskazujący na udział czynnika biotycznego, powinien być sygnałem do szybkiego wykonania analiz gleby i aparatu asymilacyjnego siewek czy przesadek, w celu określenia potrzeb nawożenia interwencyjnego. Podobnie ma się sy-

Tabela 28.
Poziomy docelowe zasobności w składniki
pokarmowe warstwy uprawnej gleby w szkółkach
leśnych

| Gatunek, wiek | Składniki pokarmowe łatwo rozpuszczalne i wymienne w mg/100 g gleby | | | |
|--|---|-------------------------------|------------------|-----|
| | N min. | P ₂ O ₅ | K ₂ O | MgO |
| So z siewu w 1 roku Św, Brz w 2 roku nieszkółkowane | 16 | 5 | 14 | 6 |
| Md, Db, Bk w 2 roku nieszkółkowane, ewentualnie inne | 20 | 5 | 16 | 7 |

tuacja w wypadku długo-trwałych ulewnych deszczy, mogących spowodować znaczne zubożenie uprawnej warstwy gleby w substancje pokarmowe w wyniku ich wymycia poza zasięg korzeni. Organy asymilacyjne pobiera się do analiz w ilości stanowiącej 5 g suchej masy i dostarcza do analizy w torbach papierowych, po ich dokładnym opisanium [Szołtyk, 2003].

Obowiązujące obecnie wytyczne nawożenia szkółek leśnych opierają się na koncepcji poziomów docelowych składników pokarmowych w warstwie uprawnej gleby (tabela 28). Różnica między tymi poziomami i rzeczywistą zawartością składników pokarmowych w glebie, wyrażona np. w mg/100 g, pomnożona przez odpowiedni wskaźnik, zależy od zawartości składników pokarmowych w nawozie organicznym (wprowadzonym równocześnie z nawozem mineralnym lub jesienią poprzedzającą nawożenie mineralne lub bez nawożenia organicznego) określa dawkę czystego składnika, którą należy zastosować. Wskaźniki do wyliczenia dawek czystego składnika w zależności od jego zawartości w nawozie organicznym, dla różnych gatunków drzew, zostały przedstawione w publikacji „Rewitalizacja gleb w szkółkach leśnych” z 2003 roku. Ocena potrzeb nawożenia dotyczy tych gleb, w których zawartość węgla i azotu spełnia określone kryteria w zależności od gatunku gleby. W przypadkach, w których nie będą one spełnione, należy je (przed nawożeniem mineralnym) osiągnąć na drodze nawożenia organicznego. W przeciwnym razie należy liczyć się z mniejszą skutecznością nawożenia mineralnego. Nawozy mineralne wysiewa się przy użyciu odpowiednich siewników, albo – w przypadku niewielkich powierzchni – ręcznie. Miesza się je z warstwą uprawną gleby kultywatorami lub bronami.

Tradycyjne nawożenie mineralne

Nawozy fosforowe, potasowe i magnezowe zaleca się stosować jesienią lub wiosną, co najmniej 2 tygodnie przed wysiewem wapna, które można stosować również w tym okresie. Nie należy łączyć nawożenia mineralnego z wapnowaniem, ze względu na obniżenie jego skuteczności w wyniku wy-

stąpienia reakcji egzotermicznych. Nawożenie przewidziane musi być wykonane co najmniej na 2 tygodnie przed wysiewem nasion. Nawozy azotowe dotychczas wysiewano w okresie wegetacyjnym, dzieląc wyliczoną dawkę na pół i stosując (odpowiednio): od połowy maja do końca czerwca – nie wcześniej niż 3–4 tygodnie po wykiełkowaniu nasion (iglaste) oraz po wykształceniu liści. Korzystniej jest stosować nawozy wieloskładnikowe w dawkowaniu dolistnym (patrz podrozdział nawożenie dolistne). Nawozy po wysiewie powinny być wymieszane z warstwą uprawną gleby przy użyciu kultywatora lub brony.

Stosowanie nawożenia mineralnego wpływa na odczyn gleby. Nie powinno się dopuszczać do jego wykroczenia poza zakres 4,0–5,5 pH_{KCl} dla iglastych i 5,0–6,0 pH_{KCl} liściastych [Szołtyk, 2003]. Stosując określone nawozy mineralne, możemy regulować odczyn gleby. Według literatury zastosowanie 1 kg azotu w postaci siarczanu amonu jest źródłem 110 moli H^+ a w formie saletry amonowej i mocznika 36 moli H^+ . Stosując saletrzak (obok azotanu amonu zawiera węglan wapnia i magnezu) i mocznik, zwiększamy pH gleby, a więc możemy je stosować na gleby kwaśne. Natomiast na gleby o większym pH nadaje się siarczan amonu. Z innych nawozów azotowych saletrę potasową można stosować na gleby ubogie w potas, saletrę magnezową na ubogie w magnez. Jeśli chodzi o nawozy potasowe, to na gleby kwaśne nie stosujemy siarczanu potasu, a raczej sól potasową. W wypadku nawozów fosforowych najlepiej stosować nawozy granulowane, jak wysokoprocetowy superfosfat potrójny lub pojedynczy o niższej zawartości P_2O_5 oraz fosforan amonowy. Z nawozów magnezowych na gleby kwaśne można stosować dolomit, a kizeryt i różnoprocentowy (16% i 29% MgO) siarczan magnezu na gleby o większym pH.

W nawożeniu doglebowym możemy stosować nawozy wieloskładnikowe, zawierające komplet makro- i mikroelementów, ale raczej w wypadku wyrównanego braku wszystkich składników pokarmowych. Przy stosowaniu tych nawozów należy liczyć się z możliwością strat azotu, który jest łatwo wypłukiwany z gleby. Nadmierne nawożenie azotowe szkółek leśnych jest czynnikiem, który ogranicza tworzenie się mikoryz. Konsekwencją dużego nawożenia azotowego jest obecność ektendomikoryz (sosna, modrzew) zamiast związków ektomikoryzowych. Dopóki roślina znajduje się w szkółce, gdzie składniki pokarmowe są łatwo dostępne, nie jest to groźne. W momencie wysadzenia na uprawę, szczególnie na grunty porolne, brak właściwej ektomikoryzy powoduje choroby i zamieranie, a w związku z tym straty ekonomiczne.

Ważnym, wciąż nierozwiązanym, problemem jest odpowiedź na pytanie, która z form azotu – azotanowa, amonowa czy mocznik – stanowi większe zagrożenie dla istniejących lub rozwijających się mikoryz. Przy małych dawkach azotu każda z tych form jest dobrze przyswajalna przez mikoryzy. Po przekroczeniu dawki negatywne działanie powoduje mocznik, a później for-

ma azotanowa. Szybkość wchłaniania nawozu również wpływa na rozwój mikoryz. Najlepsze w tym wypadku są nawozy rozpuszczające się wolno.

Przy stosowaniu nawozów mineralnych konieczne jest przestrzeganie pewnych zasad. Nie wolno mieszać fosforanu z nawozem wieloskładnikowym i superfosfatem oraz superfosfatu z polifoską. Nawozów azotowych nie wolno mieszać z innymi nawozami – także azotowymi. Inne nawozy można mieszać ze sobą tuż przed ich zastosowaniem pod warunkiem, że są suche i niezbrylone. Nie wolno rozkruszać zbrylonej saletry amonowej ze względu na jej wybuchowe właściwości.

Nawożenie nawozami długo działającymi o kontrolowanym uwalnianiu składników

Nawozy o kontrolowanym uwalnianiu składników (z angielskiego: CRF – Controlled Release Fertilizers) są stosunkowo nową grupą produktów, adresowaną szczególnie do producentów korzystających z kontenerowych technologii produkcji szkółkarskiej. Mogą one znaleźć zastosowanie również w warunkach tradycyjnej szkółki. Należą one do specjalnie otoczkowanych nawozów wolno działających, o znanym okresie uwalniania składników pokarmowych, zależnym od temperatury podłoża. Stosuje się otoczki woskowe, żywiczne, a coraz częściej polimerowe i to właśnie one decydują o szczególnych właściwościach tego rodzaju nawozów, różnych od tych o niekontrolowanym uwalnianiu składników, warunkowanym ich budową chemiczną, takich jak mączki fosforytowe, dolomit czy dobrze znany Silvamix [Zajączkowski, 2004]. Od rodzaju powłoki na granuli nawozu oraz jej grubości zależy długość jego działania. Producenci określają ją dla temperatury podłoża równej 21°C. Im jest ona wyższa, tym szybciej następuje uwalnianie składników pokarmowych i tym krótszy jest czas działania nawozu (tabela 29). Woda wnikać do granuli nawozu powoduje rozpuszczenie soli mineralnych i wzrost ciśnienia osmotycznego w jej wnętrzu, po czym następuje dyfuzja składników do podłoża, gdzie są pobierane przez rośliny lub wymywane.

Pierwsze nawozy o kontrolowanym uwalnianiu składników pojawiły się na rynkach światowych jako formułacje NPK już w latach sześćdziesiątych ubiegłego wieku. Obecnie produkuje się już kolejne ich generacje, zaopatrzone w zestawy mikroelementów i gwarantowanym nie tylko okresie żywienia roślin, ale także jego dynamice. Do niezaprzeczalnych zalet nawozów o kontrolowanym uwalnianiu składników należą:

- zapewnienie roślinom składników pokarmowych przez cały okres wegetacji,

Tabela 29.

Czas uwalniania składników pokarmowych przez nawozy o kontrolowanym uwalnianiu składników, dostępne na naszym rynku (wg danych producentów) [Zajączkowski, 2004 - zmienione]

| Temperatura °C | Czas uwalniania składników w miesiącach | | | | |
|----------------|---|-----|-------|-------|-------|
| Basacote | | | | | |
| 15 | 4-5 | 6-7 | 9-10 | 12-14 | |
| 21 | 3-4 | 5-6 | 8-9 | 10-12 | |
| 27 | 2-3 | 4-5 | 7-8 | 9-10 | |
| Hydrocote | | | | | |
| 16 | 5 | | | | |
| 21 | 4 | | | | |
| 26 | 2-3 | | | | |
| Multicote | | | | | |
| 15 | 6 | 7-8 | 9-10 | 15-16 | 20-22 |
| 21 | 4 | 6 | 8 | 12 | 16 |
| 30 | 2 | 3-4 | 5-6 | 7-8 | 9-10 |
| Osmocote | | | | | |
| 16 | 4-5 | 6-7 | 10-11 | 15-17 | 20-22 |
| 21 | 3-4 | 5-6 | 8-9 | 12-14 | 16-18 |
| 32 | 1,5-2 | 3-4 | 4-5 | 6-7 | 9-10 |
| Plantacote | | | | | |
| 16 | 6-7 | 8-9 | 9-10 | | |
| 21 | 4-5 | 5-6 | 6-7 | | |
| 26 | 2-3 | 3-4 | 5 | | |

- zminimalizowanie ryzyka wystąpienia nadmiernego zasolenia podłoża,
- brak konieczności dolistnego dokarmiania roślin,
- ograniczenie nakładów na robociznę,
- zmniejszenie wymywania składników pokarmowych z podłoża (ograniczenie eutrofizacji wód gruntowych).

Do wad należy zaliczyć znaczny koszt tego typu nawozów, przekraczający nawet dziesięciokrotnie wartość tanich, wieloskładnikowych nawozów mineralnych oraz tempo uwalniania składników, pozostające w ścisłej zależności od temperatury podłoża. W gorące, słoneczne dni, kiedy konieczne jest intensywne zraszanie roślin, może wystąpić deficyt substancji pokarmowych, spowodowany ich wymyciem [Zajączkowski, 2004]. Zasady stosowania nawozów o kontrolowanym uwalnianiu składników są proste. Dodaje się je podczas sporządzania substratów i możliwie dobrze miesza z pozostałymi skład-

Tabela 30.
Całkowita zawartość składników mineralnych w sadzonkach i średnia, docelowa zawartość w aparacie asymilacyjnym sadzonek*

| Wyszczególnienie danych | Docelowa zawartość poszczególnych pierwiastków w aparacie asymilacyjnym (% suchej masy) | |
|-------------------------|---|------------------------|
| | sadzonek ze szkółki otwartej | sadzonek kontenerowych |
| Azot (N) | 1,20-2,00 | 1,30-2,20 |
| Fosfor (P) | 0,10-0,20 | 0,15-0,30 |
| Potas (K) | 0,40-1,20 | 0,50-2,00 |
| Magnez (Mg) | 0,10-0,15 | 0,10-0,30 |
| Wapń (Ca) | 0,20-0,50 | 0,20-0,80 |
| Siarka (S) | 0,10-0,20 | 0,10-0,20 |

* Według Landisa T. D. [2005], zmodyfikowane Wesoły i in. 2005.

nikami podłoża. W przypadku korzystania z pojemników o małej objętości warto zastanowić się nad użyciem preparatów o drobniejszej granulacji, umożliwiających precyzyjniejsze ich rozprowadzenie w małych ilościach substratu. Na 1 m³ podłoża dodaje się z reguły 2-4 kg nawozu. Dolną dawkę stosuje się szczególnie podczas nawożenia siewek poddanych procesowi kontrolowanej mikoryzacji, gdyż dowiedziono, że mikoryza rozwija się prawidłowo tylko w mediach zawierających mało azotu. Górne wartości są przeznaczone dla roślin niemikoryzowanych [Zajączkowski, 2004].

Dogłębowe stosowanie nawozów o kontrolowanym uwalnianiu składników na powierzchniach otwartych wydaje się celowe w wypadku produkcji szczególnie cennego materiału sadzeniowego (nasiona pochodzące z WDN, niewielkie partie nasion cennych pochodzeń itp.). Nawozy CRF dobiera się wtedy pod kątem uzupełnienia niedoborów składników pokarmowych, stwierdzonych przez analizę gleby lub materiału roślinnego (tabela 30). Muszą one również zapewnić produkowanym sadzonkom właściwy poziom żywienia przez cały okres wegetacyjny. W takich zastosowaniach sprawdzają się dobrze mieszanki w stosunku 1:1 nawozów o 3- i 6-miesięcznym okresie uwalniania składników, stosowane przedsięwzięcie lub od połowy kwietnia w przypadku wieloletek. Nawozy po ich wysianiu należy wymieszać z warstwą uprawną gleby, stosując odpowiednie zabiegi agrotechniczne. W podrozdziale „Nawożenie dolistne” zaleca się stosowanie nawozów z najkrótszym okresem rozkładu. Przy pracy z wszystkimi rodzajami nawozów mineralnych należy przestrzegać przepisów BHP.

Zagadnienia związane z nawożeniem mineralnym w szkółkach leśnych zostały szeroko omówione w pracy autorstwa Grażyny Szołtyk, pt.: „Rewitalizacja gleb w szkółkach leśnych”, wydanej przez Centrum Informacyjne Lasów Państwowych w 2003 roku.

Nawożenie dolistne oraz stosowanie nawozów wieloskładnikowych o długim okresie działania, w szkółkach kontenerowych i otwartych

WOJCIECH WESOŁY, MARIA HAUKE, ANTONI SIENKIEWICZ

W szkółkach leśnych zasadniczym źródłem składników pokarmowych jest dogłębowe nawożenie mineralne, wraz z okresowo stosowanym nawożeniem organicznym. Intensywne metody produkowania wysokojakościowego materiału sadzeniowego wymagają stosowania również uzupełniającego nawożenia w formie dolistnej. Niezależnie od dogłębowego nawożenia mineralnego, stosowanie sprawdzonego nawozu dolistnego jest jedynym możliwym do wykorzystania w praktyce sposobem pozakorzeniowego dokarmiania sadzonek, który przynosi wymierne korzyści szkółkarzowi, ponieważ w szkółkach dochodzi do znacznych ubytków składników pokarmowych z gleby, głównie poprzez wyjmowanie sadzonek z korzeniami i cząsteczkami gleby.

W przypadku prawidłowo zastosowanego dogłębowego wiosennego nawożenia mineralnego, dokarmianie dolistne, zwłaszcza w warunkach dużego zagęszczenia, uzupełnia niedobory pokarmowe intensywnie przyrastających sadzonek. Najlepszym rozwiązaniem jest wielokrotne użycie niskich dawek nawozów wieloskładnikowych. Nawożenie w formie dolistnej jest konieczne także w przypadkach okresowego ograniczenia pobierania składników pokarmowych przez korzenie, przykładowo: po przemarznięciu lub podtopieniu systemu korzeniowego, w warunkach silnego przesuszenia gleby wiosną lub latem, względnie w czasie przedłużającej się, chłodnej wiosny. Nawożenie takie ważne jest również przy uzupełnieniu substancji odżywczych po redukcji systemu korzeniowego, gdy siewki lub sadzonki rozpoczęły już okres wegetacji. Nawożenie dolistne, jako konieczność natychmiastowego dostarczenia brakującego składnika roślinom, powinno być stosowane także przy popełnieniu błędów w nawożeniu wiosennym. Niezwykle ważny jest prawidłowy dobór składników nawozowych, które powinny być przystosowane do aktualnych potrzeb sadzonek drzew leśnych.

W szkółkach kontenerowych nawożenie w formie oprysku, najczęściej łącznie z podlewaniem, jest głównym źródłem składników pokarmowych dla roślin, szczególnie przy braku lub niewielkich dawkach nawożenia startowego.

- **Wybór nawozów mineralnych.** Najlepszą formą „dokarmiania” dolistnego siewek i sadzonek w szkółce jest stosowanie nawozów wieloskładnikowych, o stosunkowo małej zawartości azotu i odpowiedniej proporcji pozostałych składników pokarmowych. Uzasadnione jest wykorzystywanie nawozów wzbogaconych mikroelementami, ponieważ:

- często jest to najbardziej efektywna forma dostarczania mikroelementów roślinom;
- mikroelementy wprowadzone dogłębowo ulegają w roztworze glebowym nadmiernemu rozcieńczeniu i w związku z tym stosowanie ich w formie dolistnej jest bardziej korzystne;
- optymalna zawartość niektórych mikroelementów w roślinach zwiększa także ich odporność na mróz i suszę.

Optymalne proporcje ważniejszych składników pokarmowych roślin w nawozach mineralnych przedstawiono w tabeli 31. Zawarte w niej optymalne proporcje poszczególnych składników nawozowych zawężają możliwości wyboru nawozu o optymalnym składzie. Widoczne są odrębności poszczególnych proporcji nawozowych składników pokarmowych roślin w stosunku do azotu dla poszczególnych gatunków. Czternastoletnie badania i obserwacje autorów pozwalają na uwzględnienie proporcji makroelementów i mikroelementów w nawozie zbliżonej dla modrzewia, przy niewielkim zwiększeniu zawartości fosforu. Stwarza to gwarancję dobrego dokarmiania zarówno gatunków iglastych, jak i liściastych. Dobry nawóz stosowany w formie nawożenia dolistnego w szkółce leśnej powinien spełniać kilka podstawowych warunków:

- mieć skład o proporcjach zbliżonych dla sadzonek modrzewia (tabela 31);

Tabela 31.
Optymalny udział procentowy (azot = 100%) poszczególnych składników nawozowych dla gatunków produkowanych w szkółce

| Wyszczególnienie | Sosna zwyczajna | Świerk | Modrzew | Brzoza | Buk |
|------------------|-----------------|--|---------|--------|-----|
| N | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| P | 14 | 16 | 20 | 13 | 32 |
| K | 45 | 50 | 60 | 65 | 70 |
| Ca | 6 | 5 | 5 | 7 | 11 |
| Mg | 6 | 5 | 8,5 | 8,5 | 10 |
| S | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| Na | 0,03 | udział pozostałych pierwiastków jak u sosny zwyczajnej | | | |
| Fe | 0,70 | | | | |
| Mn | 0,40 | | | | |
| B | 0,20 | | | | |
| Cu | 0,03 | | | | |
| Zn | 0,03 | | | | |
| Mo | 0,07 | | | | |
| Cl | 0,03 | | | | |

Tabela 32.
Współczynniki przeliczeniowe form
tlenkowych na pierwiastki oraz
pierwiastków na formy tlenkowe

| | |
|---------------------------|---------------------------|
| $P_2O_5 \times 0,436 = P$ | $P \times 2,291 = P_2O_5$ |
| $K_2O \times 0,830 = K$ | $K \times 1,204 = K_2O$ |
| $MgO \times 0,603 = Mg$ | $Mg \times 1,658 = MgO$ |
| $CaO \times 0,715 = Ca$ | $Ca \times 1,399 = Ca$ |

Tabela 33.
Jednorazowe dawki nawozów dolistnych na powierzchnię 1 ha dla gatunków iglastych

| Wyszczególnienie danych | | Nawozy mineralne | Ilość nawozu w kg na 400 l roztworu | Ilość składnika w kg/ha w 400 l cieczy użytkowej |
|-------------------------|--------|--|-------------------------------------|--|
| IGLASTE | Azot | 3,0% roztwór mocznika | 12,0 | 5,52 N |
| | Fosfor | 0,5% roztwór fosforanu amonowego | 2,0 | 0,92 P_2O_5 i 0,36 N |
| | | 1% roztwór superfosfatu potrójnego (granulowanego) | 4,0 | 1,52 P_2O_5 |
| | Potas | 0,5% roztwór siarczanu potasowego | 2,0 | 1,00 K_2O |
| | Magnez | 1% roztwór siedmiowodnego siarczanu magnezu | 4,0 | 0,64 MgO |
| | | 0,6% roztwór jednowodnego siarczanu magnezu | 2,4 | 0,62 MgO |
| LIŚCIASTE | Azot | 2,0% roztwór mocznika | 8,0 | 3,68 N |
| | Fosfor | 0,25% roztwór fosforanu amonowego | 1,0 | 0,46 P_2O_5 i 0,18 N |
| | | 0,5% roztwór superfosfatu potrójnego (granulowanego) | 2,0 | 0,76 P_2O_5 |
| | Potas | 0,25 % roztwór siarczanu potasowego | 0,5 | 0,5 K_2O |
| | Magnez | 0,5% roztwór siedmiowodnego siarczanu magnezu | 2,0 | 0,32 MgO |
| | | 0,3% roztwór jednowodnego siarczanu magnezu | 1,2 | 0,31 MgO |

- charakteryzować się całkowitą rozpuszczalnością w wodzie;
- nie powodować zmian odczynu gleby bezpośrednio po wykonaniu zabiegu nawożenia dolistnego;
- zawierać składniki mineralne w połączeniu ze związkami organicznymi (kwasy huminowe, węglowodany, hydrolizaty białkowe), co wpływa na lepsze ich przyswajanie przez rośliny;
- mikroelementy muszą być schelatowane, najlepiej z naturalnymi kompleksonami, przede wszystkim aminokwasami;

- cechować się tak dobraną zawartością azotu w nawozie (stosunkowo niską), żeby po sezonie nawożenia jego koncentracja w aparacie asymilacyjnym sadzonek mieściła się w dolnej strefie optimum, przyjętego dla azotu (tabela 34).

● **Makroelementy i mikroelementy stosowane w nawożeniu dolistnym.**

AZOT. Spośród podstawowych makroelementów jest kluczowym składnikiem strukturalnym ważnych biologicznie związków organicznych. Formy mineralne azotu (NH_4^+ i NO_3^-) należą do bardzo szybko przemieszczających się w roślinie i dlatego jego działanie następuje już po dwóch godzinach od podania nawozu w formie oprysku. Konieczność uzupełniania azotu zalecana jest w przypadku długotrwałych opadów atmosferycznych, kiedy następuje wypłukiwanie tego składnika w głębsze warstwy gleby. Proces ten obserwuje się szczególnie w lżejszych glebach, które przeważają w szkółkach leśnych. Jeżeli dolistnie nie podajemy azotu w formie nawozu wieloskładnikowego, to wskazane jest nawożenie mocznikiem. Rozluźnia on tkanki liści i wykazuje silniejsze właściwości przyczepne w porównaniu z innymi nawozami azotowymi. Ponadto powoduje znacznie mniejsze uszkodzenia aparatu asymilacyjnego roślin niż roztwory innych nawozów azotowych. Saletra amonowa lub siarczan amonowy zawierają amoniak przyczyniający się do silnych uszkodzeń tkanek roślinnych. Efektywność azotu dostarczonego dolistnie może być około 2,5 razy większa w porównaniu z azotowym nawożeniem doglebowym.

FOSFOR. W celu nawożenia dolistnego fosforem zaleca się stosowanie fosforanu amonu lub superfosfatu potrójnego ze względu na ich dobrą rozpuszczalność w wodzie. Przy uzupełnianiu fosforu do poziomu stężenia optymalnego w przypadku niedoborów należy pamiętać, że pobieranie tego składnika przez liście jest bardzo powolne. Po pięciu dniach jedynie około 50% zastosowanego fosforu jest przyswajane przez sadzonki.

POTAS. Symptomy braku potasu mogą występować w przypadku długotrwałej suszy lub długiej, chłodnej wiosny, ponieważ sadzonki okresowo nie mogą pobierać tego składnika z gleby. Potas stosunkowo szybko przemieszcza się w roślinie i dlatego wykorzystywany jest w znacznej części już po dziesięciu godzinach od opryskania. Najkorzystniejszą formą nawozu potasowego w dolistnym nawożeniu w szkółce jest siarczan potasu.

MAGNEZ. Jest bardzo ważnym składnikiem chlorofilu, więc należy, podobnie jak potas, do szybko przemieszczających się pierwiastków w roślinie. Przy nawożeniu dolistnym zaleca się stosowanie siarczanu magnezu. Występuje on w dwóch formach: siedmiowodny siarczan magnezu ($\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$) zawierający 16% MgO oraz jednowodny siarczan magnezu

($\text{MgSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$) o zawartości 26% MgO. Uzupełnienie w roślinie magnezu poprzez opryskiwanie wymaga często kilkakrotnego zastosowania zabiegu. W celu dolistnego dokarmiania nie należy stosować kizerytu, ponieważ zawiera on, poza siarczanem magnezu jednowodnego, domieszki innych soli (np. siarczanu wapnia) i z tego powodu nie rozpuszcza się w całości w zimnej wodzie.

MIKROELEMENTY. Najbardziej bezpieczną formą uzupełniania potrzeb pokarmowych sadzonek w mikroelementy jest stosowanie nawozów wieloskładnikowych, które w swoim składzie zawierają schelatowane (poza borem) mikroprzewodniki. W zasadzie, przy utrzymywaniu w szkółce właściwego odczynu gleby (najlepiej pH 5,4–6,0) nie ograniczamy dostępności mikroelementów dla sadzonek. Proponowane nawożenie dolistne nawozem wieloskładnikowym wraz z mikroelementami jest wystarczającym ich źródłem dla sadzonek. Nawożenie jednym z mikroelementów jest zabiegiem praktycznie niestosowanym w szkółkach leśnych. Gdyby jednak taka konieczność zaistniała, wprowadzenie poszczególnych składników powinno być poprzedzone analizami glebowymi. Przy wyraźnym braku któregośkolwiek mikroprzewodnika należy jego niedobór uzupełnić poprzez kilkakrotne zastosowanie oprysku, przestrzegając ściśle poziomu stężenia podanego w instrukcji stosowania nawozów proponowanych poniżej.

BOR. Praktycznie nie przemieszcza się z organów asymilacyjnych roślin, gdzie jest wykorzystywany, stąd nawożenie dolistne, w przypadku tego pierwiastka jest najważniejsze. Z części opryskiwanego roztworu docierającego bezpośrednio do gleby, pierwiastek ten jest wykorzystywany przez korzenie roślin. Zaleca się opryski Boraksem o stężeniu nie przekraczającym 0,4%. Można wykorzystać także inne nawozy zawierające bor: Bortrak, Indol B, Wuxal Folibor itp., zgodnie z wielkością dawek i określonym stężeniem podanym w instrukcjach.

CYNK. Formą aktywną cynku dla roślin jest kation Zn^{++} , a także połączenia chelatowe z niskocząsteczkowymi kwasami organicznymi. Spełnia on ważne funkcje katalityczne i strukturalne w reakcjach enzymatycznych. W glebach szkółek leśnych występują sporadycznie niedobory tego pierwiastka. Pobieranie cynku może być ograniczone w glebach o wysokim pH oraz bardzo zasobnych w fosfor. Opryskiwanie dolistne skutecznie zwiększa zawartość cynku w roślinach. Nadmiar tego składnika bywa bardzo szkodliwy i dlatego powinien być wprowadzany w małych dawkach. Zaleca się stosowanie w formie dolistnej siedmiowodnego siarczanu cynku ($\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$) o stężeniu 0,2%. Spośród innych nawozów zawierających cynk może być wykorzystywany ZN-EDTA, Zintrak lub Indol Zn.

ŻELAZO. Pierwiastek ten bierze czynny udział w fotosyntezie i oddychaniu tkankowym roślin. Objawy niedoboru żelaza mogą występować w zasadzie tylko na glebach węglanowych (lub przewapnowanych), co w szkółkach nie powinno się zdarzać. Przyczyną niedoboru tego składnika w sadzonkach jest wówczas uwstecznienie form aktywnych żelaza w glebie wskutek nadmiaru wapnia. W związku z tym analizy glebowe i badania aparatu asymilacyjnego nie dają w przypadku żelaza pełnej informacji, wskazując najczęściej na optimum zawartości tego składnika. Jest to jednak żelazo niedostępne dla roślin. Zaleca się uzupełnienie żelaza poprzez zastosowanie chelatów mikroelementowych: Fe-EDDHA, Fe-EDTA, Indol-Fe, Mikrovit Fe. Mniej skutecznym nawozem mikroelementowym, lecz tańszym, jest siarczan żelaza o stężeniu 0,3%.

MANGAN. Przystawalność manganu (podobnie jak większości mikroelementów) maleje ze wzrostem pH gleby. Nawożenie dolistne jest znacznie efektywniejsze w porównaniu z nawożeniem doglebowym i dlatego zaleca się uzupełnianie dolistne manganu poprzez jedno- lub dwukrotne opryski siedmiowodnym siarczanem manganu ($MnSO_4 \times 7 H_2O$) o stężeniu 0,2% lub następującymi chelatami mikroelementowymi: Insol Mn względnie Mantrac o stężeniu według instrukcji.

MIEDŹ. Przystawalność miedzi w glebie jest ograniczana przez wysokie pH i dużą zawartość fosforu. W szkółkach, gdzie jest stosowany Miedzian – fungicyd oparty na związkach miedzi – nie obserwuje się objawów niedoboru tego pierwiastka. W przypadku ewidentnego braku miedzi zaleca się oprysk siarczanem miedzi o stężeniu 0,1%.

- **Zawartość składników mineralnych w aparacie asymilacyjnym sadzonek drzew leśnych.** Całkowita zawartość składników mineralnych (makroelementów i mikroelementów) w aparacie asymilacyjnym sadzonek jest wypadkową występowania ich form przystawalnych w roztworze glebowym, zdolności systemu korzeniowego do pobierania i transportu poszczególnych pierwiastków do części nadziemnych roślin, stopnia pobrania składników z nawożenia dolistnego oraz wpływu czynników zewnętrznych, szczególnie wilgotności, przepuszczalności i odczynu gleby, a także warunków atmosferycznych w trakcie i bezpośrednio po wykonaniu opryskiwania nawozem. W celu porównania uzyskanych wyników analiz laboratoryjnych wykorzystuje się dane dotyczące zawartości składników pokarmowych w aparacie asymilacyjnym sadzonek, które zestawiono w tabeli 30 i 34.
- **Nawożenie nawozami jednoskładnikowymi (nawożenie „ratunkowe”).** Należy przyjąć zasadę, że nawożenie dolistne przeprowadzamy na

Tabela 34.

Wartości optymalne azotu, fosforu, potasu i magnezu w aparacie asymilacyjnym sadzonek produkowanych w szkółkach*

| Składniki pokarmowe w % suchej masy | So 1/0 | So 2/0 | Św | Md | Brz | Bk | Db |
|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1/0 i 2/0 | | | | | | |
| N | 1,50-2,00 | 1,40-1,60 | 1,40-1,80 | 1,80-2,20 | 1,90-2,30 | 2,20-2,50 | 2,20-2,60 |
| P | 0,15-0,25 | 0,12-0,18 | 0,12-0,20 | 0,17-0,27 | 0,18-0,28 | 0,20-0,35 | 0,22-0,37 |
| K | 0,70-1,50 | 0,50-1,00 | 0,50-1,10 | 0,80-1,50 | 0,70-1,60 | 0,80-1,80 | 0,90-2,00 |
| Mg | 0,10-0,15 | 0,08-0,13 | 0,08-0,13 | 0,12-0,20 | 0,15-0,25 | 0,17-0,30 | 0,18-0,35 |

* Według Szoltyk, 2000.

wozami wieloskładnikowymi. W wypadku drastycznego braku któregoś z makroelementów, stosujemy nawozy jednoskładnikowe, wymienione w tabeli 33, ratując produkcję. Ze względu na ryzyko uszkodzenia tkanki roślinnej należy zwracać szczególną uwagę na stężenie nawozów stosowanych dolistnie. W zależności od rodzaju składników pokarmowych w nawozach jednoskładnikowych lub w mieszankach nawozowych używanych do wykonania zabiegu, zakres stosowanych roztworów w przypadku mikroelementów waha się od 0,05 do 0,50%. W odniesieniu natomiast do makroelementów wahania te wynoszą od 0,25% do maksymalnie 3%.

Gatunki iglaste tolerują większe stężenia roztworów nawozowych niż liściaste. Ilość składnika pokarmowego wchłanianego przez liście zależy w dużym stopniu od czasu jego zwilżenia roztworem nawozu. Lepsze wyniki w przenikaniu składników pokarmowych wprowadzanych dolistnie osiąga się po pokryciu powierzchni blaszki liściowej cienką warstwą cieczy, którą uzyskuje się dzięki silnemu rozpyleniu podczas dwukrotnego przejazdu ciągnika. Po nawożeniu dolistnym nie należy przez trzy dni stosować deszczowania, a w wariantach z fosforem, jeżeli to możliwe, przez pięć.

Dolistne nawożenie należy wykonać w dzień pochmurny lub wcześniej rano, względnie wieczorem, przy ograniczonej prędkości wiatru i temperaturze 10-20°C. Nie zaleca się stosowania nawożenia dolistnego w czasie upalnych i bezchmurnych dni, ponieważ wtedy woda szybko odparowuje, co powoduje zwiększenie stężenia nawozu i w konsekwencji uszkodzenia tkanek sadzonek. Decyzję o nawożeniu dolistnym, które ma na celu szybkie uzupełnienie brakujących składników (nawożenie „ratunkowe”), powinno się podejmować przede wszystkim na podstawie wyników analiz chemicznych warstwy uprawianej gleby (0-20 cm), a także na podstawie morfologicznej oceny wzrostu i wyglądu siewek oraz sadzonek. Szczególnie zaleca się podejmowanie decyzji o nawożeniu dolistnym na podstawie wyników chemicznej analizy igieł i liści.

- **Przygotowanie cieczy użytkowej.** Roztwory wodne (ciecze użytkowe), podane w tabeli 33, przygotowujemy zalewając określoną ilość nawozu mineralnego wodą. Po rozpuszczeniu nawozu uzupełniamy ilość wody do 400 litrów (pojemność zbiornika najczęściej używanych w szkółkach opryskiwaczy ciągnikowych). Przygotowany roztwór wystarcza na powierzchnię 1 ha. Przygotowując roztwory należy je dobrze wymieszać, aż do całkowitego rozpuszczenia. Mikroelementy, jeżeli wprowadzamy je osobno, przed dodaniem do wodnego roztworu nawozu (nawozów) należy rozpuścić w wodzie, w oddzielnym pojemniku, a następnie dodać do pozostałych składników cieczy i uzupełnić do wymaganej objętości, przy stale włączonym mieszadłe. Ciecz użytkową należy przygotować bezpośrednio przed zastosowaniem, żeby nie zachodziły w niej niepożądane reakcje chemiczne, zwłaszcza w wypadku przygotowywania mieszaniny dwóch nawozów. Do rozpuszczania nawozów używa się tej samej czystej wody, której używa się do deszczowania. Przeliczenie czystego składnika z form tlenkowych na formy pierwiastkowe i odwrotnie ułatwia tabela 32.

Dobre rady:

1. *W przypadku, gdy szkółkarz dysponuje konduktometrem i elektrodą do pomiaru konduktywności, wówczas przy większych stężeniach nawozu zaleca się sprawdzenie konduktywności wymieszanego roztworu. Jeżeli zmierzona konduktywność roztworu przekracza 1,5 mS, wtedy należy postępować szczególnie ostrożnie.*

2. *Zalecane dotychczas w szkółkach pogłównie nawożenie azotowe nie jest optymalnym sposobem podawania tego składnika sadzonce. Efektem takiego bowiem podawania nawozu jest najczęściej przedawkowanie tego składnika w części nadziemnej sadzonki sprawdzane jesienią, w stosunku do optymalnej zawartości azotu (tabela 31). Nadmierna zawartość azotu opóźnia proces drewnienia pędów, zwiększając prawdopodobieństwo wystąpienia szkód od przymrozków. W przypadku produkcji sosny (2/0), podanie pogłównie azotu w pierwszym roku nadmiernie zwiększa zawartość tego składnika jesienią po zakończeniu sezonu i w efekcie skutkuje często (przy dużych opadach) zbyt wybujałym wzrostem na wysokość w drugim sezonie wegetacyjnym. Takie postępowanie skutkuje także brakiem nawożenia w drugim roku produkcji, co z kolei powoduje niedobór składników pokarmowych w sadzonce na koniec okresu wegetacyjnego. W efekcie wysadzamy na uprawę sadzonki „przełódzone”, o mniejszej żywotności, bardziej zagrożone wypadami na uprawie.*

- **Stężenia nawozów i częstotliwość ich stosowania.** W tabeli 33 ujęto tylko nawozy dobrze rozpuszczające się w zimnej wodzie. Szczególnie przy przygotowywaniu cieczy użytkowej z fosforanu amonu lub superfosfatu potrójnego należy zwrócić uwagę, żeby cały nawóz został rozpuszczony. Nawozy wymienione w tabeli 33 można łączyć ze sobą, z wyjątkiem fosforowych i magnezowych, ponieważ wytrącają się fosforany. Dawki wyżej wymienionych nawozów należy powtarzać w odstępach około dziesięciu dni, od początku maja do końca czerwca. Po tym terminie zaleca się nawożenie dolistne nawozami wieloskładnikowymi według zasad podanych w podrozdziale „Dawki nawozów”. W trakcie nawożenia dolistnego należy przestrzegać prawidłowego ustawienia belki opryskiwacza tak, żeby opryski nie nakładały się na siebie, a belka znajdowała się na wysokości 40–60 cm od powierzchni roślin. Jeśli belka jest ustawiona zbyt nisko, to pozostają nieopryskane pasy. Przy zbyt wysokim umocowaniu belki rozpylana ciecz może być przenoszona przez prądy powietrzne. W wypadku silniejszego wiatru i konieczności wykonania dolistnego zabiegu nawożeniowego, opryski powinny odbywać się w kierunku zgodnym z wiatrem.

Nawożenie nawozami wieloskładnikowymi poprzez opryskiwacz

- **Dawki nawozów.** Zaleca się stosowanie nawozu wieloskładnikowego o 1% stężeniu dla gatunków iglastych i o 0,5% stężeniu dla liściastych. W warunkach szkółki dysponujemy najczęściej opryskiwaczem o pojemności zbiornika 400 l i wtedy przygotowujemy roztwór nawozu 1% poprzez zmieszanie 4 litrów nawozu z 400 l wody na powierzchnię 1 ha kwatery szkółki. Najlepsze efekty uzyskujemy poprzez dwukrotny przejazd ciągnika z opryskiwaczem na tej samej kwaterze. W przypadku gatunków liściastych postępujemy podobnie, zmniejszając dawkę nawozu o połowę (0,5%). Taki sposób nawożenia (dwukrotnie, niskimi stężeniami) daje najkorzystniejsze efekty. Uwaga: stosowanie nawozu wieloskładnikowego o stężeniu powyżej 2% jest szkodliwe dla sadzonek.
- **Częstotliwość stosowania nawozów.** Największe zapotrzebowanie na składniki pokarmowe u sadzonek występuje w okresie od połowy maja do końca czerwca. W tym okresie częstotliwość dokarmiania dolistnego nie powinna być mniejsza niż 1 raz na 10 dni. W wypadku niekorzystnych warunków (zimna wiosna, długotrwałe opady, szkody po przymrozkach) lub gdy nasza wizualna ocena sadzonek wskazuje na niedożywienie, należy stosować nawożenie dolistne jeden raz w tygodniu. Od początku lipca do

końca sierpnia zmniejszamy częstotliwość nawożenia dolistnego do dwóch razy w miesiącu. Zaleca się również zmniejszenie dawki nawozowej w sierpniu do 0,5% stężenia podstawowego. Nie należy rezygnować z nawożenia dolistnego sadzonek 2- oraz 3-letnich. Nawożone dolistnie dobrym nawozem w drugim i trzecim roku produkcji są bardziej proporcjonalne – grubsze w szyi korzeniowej. W przypadku starszych sadzonek wystarcza jednokrotny przejazd na kwaterze z roztworem nawozu o stężeniu podanym w podrozdziale „Dawki nawozów”.

Jeżeli sadzonki sosny zwyczajnej w drugim roku, po kwietniowym podcięciu korzeni, przyrastają zbyt mocno na wysokość (np. przy zbyt wysokiej zawartości azotu w glebie lub bardzo intensywnych opadach w maju i czerwcu), należy zmniejszyć częstotliwość stosowania nawozu wieloskładnikowego. Należy przyjąć jednak zasadę, że korzystniej jest zrezygnować ze, stosowanego często w szkółkach, pogłównego nawożenia azotowego w pierwszym sezonie wegetacyjnym, a skoncentrować się na nawożeniu dolistnym nawozem wieloskładnikowym o małej (do 10%) zawartości azotu w pierwszym i drugim sezonie produkcji. Mamy wówczas większą kontrolę nad przyrostem wysokości sadzonek, których jednocześnie nie doprowadzamy do stanu głodu pokarmowego pod koniec drugiego roku produkcji. Podobnie należy postępować w wypadku nadmiernego wzrostu sadzonek innych gatunków w szkółce.

- **Nawożenie poprzez deszczownię z zastosowaniem dozownika.** Nawożenie rozpoczynamy w 18.–21. dniu po wysiewie w szkółce kontenerowej i po około 30 dniach w szkółkach otwartych. Stosujemy małe, fizjologiczne dawki nawozów w każdym podlewaniu:

- **So, Św i Md (gatunki iglaste)** – 100 mg azotu/l (konduktywność 0,6–0,7 mS/cm) w pierwszych trzech tygodniach i 130–150 mg azotu/l (konduktywność 0,8–0,9 mS/cm) w nawożeniu późniejszym, które stosujemy do końca sierpnia. Należy jednak pamiętać, że od końca lipca dawki nawozów ponownie zmniejszamy do poziomu konduktywności 0,7 mS/cm. Maksymalnie można stosować dawki nieprzekraczające około 1,0 mS/cm dla sadzonek poza namiotem.
- **Gatunki liściaste** traktujemy dawkami w granicach 70–90 mg azotu/l (0,6 mS/cm). Konduktywność roztworu dla gatunków liściastych nie powinna przekroczyć 0,8 mS/cm.

Gwarancją podawania właściwych stężeń będzie stosowanie dozownika i sprawdzenia konduktywności wypływającej z dyszy wody poprzez konduktometr. Wydajność deszczowania wraz z nawożeniem w szkółkach kontenerowych powinna być ustawiona na 8–12 l/m² przy każdym podlewaniu. Przy takiej wydajności wprowadzamy w trakcie sezonu w szkółce kontenerowej 35–45 g azotu/m² oraz proporcjonalnie pozostałe makroelementy i mikroelementy. W wypadku jednoczesnego zastosowania na-

wozu o długim okresie rozkładu należy zmniejszyć dawkę całkowitą do 30 g azotu/m².

Gatunkom liściastym zwiększamy czas podlewania, umożliwiając wprowadzenie potrzebnego azotu i pozostałych składników przy mniejszych stężeniach, dochodząc do 15 l/m² powierzchni produkcyjnej. Częstotliwość podlewania uzależniona jest przede wszystkim od warunków zewnętrznych. W szkółkach kontenerowych, w zasadzie, podlewamy i jednocześnie nawozimy dwukrotnie w ciągu tygodnia, zwiększając częstotliwość w okresach dużej temperatury.

W szkółkach otwartych, namiotach foliowych przy produkcji w substracie bez kontenerów i inspektach nawozimy nie częściej jak 1 raz w tygodniu, przy założeniu, że wcześniej uzupełniliśmy nawozy dogłębowo. Wydajność deszczowania wraz z nawożeniem poprzez dozownik podlega ogólnym zasadom przyjętym przy stosowaniu deszczowni w szkółkach.

Kontrolowane warunki nawożenia dolistnego (dozownik działający na zasadzie podciśnienia i konduktometr) dają zdecydowanie korzystniejsze efekty, przy ograniczeniu ryzyka popełnienia błędów w nawożeniu praktycznie do zera i przy jednocześnie zdecydowanie mniejszym nakładzie pracy. Dlatego w przypadku namiotów foliowych i inspektów podawanie nawozów (a także koniecznych fungicydów) przez dozownik powinno być regułą. Przy nowszych typach deszczowni dodatkowe wyposażenie deszczowni w elektrozawory i zegar czasowy (konieczna energia elektryczna) pozwala na podlewanie i dawkowanie nawozów bez stałej kontroli tych czynności. Uwaga: przy stosunkowo małym wydatku nawozów, w przypadku gdy nawozimy niewielką powierzchnię (namiot foliowy, inspekty), trudno jest ustawić dozownik na podawanie nawozu w małych dawkach, przy jednoczesnym planowanym zużyciu wody. Konieczne jest wtedy wykonanie obejścia dozownika z zaworem. W zależności od stopnia otwarcia zaworu część podawanej wody trafia do deszczowni poprzez dozownik łącznie z nawozem, a pozostała część – poza dozownikiem.

- **Dodatkowe nawożenie potasem przed zimą.** Nie zaleca się stosowania w formie dolistnej oraz przez wysiew do gleby dodatkowego nawożenia potasem jesienią, w celu zwiększenia odporności sadzonek na zagrożenia niską temperaturą. Zabiegi takie mają swoją długą historię, a ich celem, poprzez znany wpływ potasu na stosunki wodne roślin, miało być większe odwodnienie komórek sadzonek przed nadchodzącą zimą. Obecnie wiadomo, że w warunkach szkółki większa zawartość potasu w aparacie asymilacyjnym zmniejsza odporność sadzonek na mrozy. Ponadto nagła, duża dawka potasu obniża żywotność sadzonek, co jest bardzo niepożądane w warunkach przystosowywania się sadzonek do zimy. Dotychczasowe badania dotyczące tych zabiegów jednoznacznie wskazują, że takie nawoże-

nie jest nieuzasadnione, ponieważ zwiększa jednocześnie koszty produkcji materiału sadzeniowego.

Dobre rady:

Zalecane dotychczas w szkółkach pogłównie nawożenie azotowe nie jest optymalnym sposobem podawania tego składnika sadzonce. Efektem takiego podawania nawozu jest najczęściej przedawkowanie tego składnika w części nadziemnej sadzonki sprawdzane jesienią, w stosunku do optymalnej zawartości azotu (tabela 34). Nadmierna zawartość azotu opóźnia proces drewnienia pędów, zwiększając prawdopodobieństwo wystąpienia szkód od przymrozków. W przypadku produkcji sosny (2/0), podanie pogłównie azotu w pierwszym roku nadmiernie zwiększa zawartość tego składnika jesienią po zakończeniu sezonu i w efekcie skutkuje często (przy dużych opadach) zbyt wybujałym wzrostem na wysokość w drugim sezonie wegetacyjnym. Takie postępowanie powoduje zaniechanie nawożenia w drugim roku produkcji, co z kolei powoduje niedobór składników pokarmowych w sadzonce na koniec okresu wegetacyjnego. W efekcie wysadzamy na uprawę sadzonki „przegłodzone”, o mniejszej żywotności, bardziej zagrożone wypadami na uprawie. Nowoczesne spojrzenie na produkcję sadzonek nie pozwala na wygodne dla szkółkarza, ale złe dla sadzonki, nawożenie pogłównie w formie stosowanej dotychczas.

- **Stosowanie nawozów wieloskładnikowych o długotrwałym działaniu.** W przypadku stosowania wieloskładnikowych nawozów mineralnych o długim okresie rozkładu w szkółkach kontenerowych lub namiotach foliowych, zaleca się stosować wariant z najkrótszym okresem rozkładu, tzn. 3–4 miesiące. Zalecana dawka tego nawozu nie powinna przekraczać 2–3 kg na 1 mp. substratu. Konieczne uzupełnienie składników pokarmowych uzyskujemy poprzez nawożenie dolistne, które zaczynamy stosować od połowy czerwca, nawozem ze stosunkowo małą zawartością azotu (do 10%). W okresie bardzo zimnych wiosen nawozy zostają uwalniane z otoczki zbyt późno i w takich wypadkach dodatkowe nawożenie jest konieczne już od początku czerwca. Tylko taki sposób postępowania umożliwia szkółkarzowi kontrolę wzrostu siewek i sadzonek o właściwych proporcjach, przy zmiennych warunkach zewnętrznych produkcji w poszczególnych sezonach.

Zastosowanie nawozów wieloskładnikowych o długim okresie działania ma przede wszystkim duży wpływ na zawartość azotu w aparacie asymilacyjnym jesienią. Wykorzystanie nawozu o dłuższym niż 3–4 miesiące

działaniu powoduje, szczególnie przy długiej i ciepłej jesieni, że składniki nawozu uwalniają się z otoczki w okresie przystosowywania się sadzonek do zimy. Duża zawartość azotu ma wpływ na intensywniejszy wzrost sadzonek w tym czasie, co grozi tym, że sadzonki nie zdążą się zahartować do sezonu zimowego. Zdarza się także, że bardzo wysoka temperatura na początku lata powoduje szybsze uwalnianie związków mineralnych. Stosując takie nawozy nie ma możliwości ich kontroli i ewentualnej reakcji w przypadku niekorzystnych warunków zewnętrznych. Nadmiernie duża zawartość azotu w aparacie asymilacyjnym sadzonek nie będzie miała wpływu na zewnętrzny wygląd (poza zwiększonym wzrostem), obniży jednak ich żywotność. Równocześnie rośliny przenawożone są bardziej wrażliwe na mróz. Stan taki ma również bardzo ujemny wpływ na wzrost sadzonek w następnym sezonie, po wysadzeniu ich na uprawie, szczególnie na glebach porolnych. Konsekwencją przenawożenia azotowego jest brak związków ektomikoryzowych, a przez to sadzonki są bardziej podatne na stres wodny i mają utrudnione pobieranie składników pokarmowych.

Stosowanie nawozów wieloskładnikowych w szkółkach otwartych powinno podlegać tym samym zasadom, jakich przestrzega się w szkółkach kontenerowych – stosować tylko warianty nawozów o możliwie krótkim okresie działania, w dawkach podanych w instrukcji, przyjmując możliwie małe ich wartości.

- **Zasolenie gleby.** Miarą zasolenia gleby jest pomiar przewodnictwa elektrycznego wyrażanego w milisimensach na centymetr (mS/cm). Nie jest to pomiar niezbędnie wymagany, stanowi jednak dodatkowe źródło informacji o środowisku glebowym, szczególnie w przypadkach stosowania nawozów w dużych stężeniach (5%). Pomiar taki w szkółkach wyposażonych w konduktometrię może być przeprowadzony we własnym zakresie przy wykorzystaniu specjalnej elektrody.

W rezultacie nagromadzenia w glebie nadmiernych ilości anionów (chlorkowych, siarczanowych, azotanowych i fosforanowych) oraz kationów (sodowych, potasowych, amonowych, magnezowych i wapniowych) zasolenie gleb w szkółce, zwykle wynoszące 0,1–0,5 mS/cm, może przekroczyć wartość progową 1,0 mS/cm. Świadczyć to będzie o nadmiernej zawartości soli w glebie.

- **Mieszanie nawozów dolistnych z fungicydami.** Liczne firmy produkujące nawozy podają, że można je mieszać z większością środków ochrony roślin. Zawsze jednak istnieje obawa, że nawozy, które przeważnie są solami mocnych kwasów lub silnych zasad, w różnych warunkach przyrodniczych mogą obniżać skuteczność substancji aktywnej fungicydu. Metoda mieszania ściśle określonego środka ochrony roślin z wybranym nawozem i obserwacja skutków reakcji w czasie 1–2 godzin jest zawodna. Tylko czasami mogą pojawiać się tłuste plamy, osad lub kłaczkę, które są sygnałem,

że nie wolno stosować tych związków łącznie. Z tego więc względu zawsze lepiej jest sprawdzić działanie takiej mieszaniny na małej powierzchni szkółki. Dotyczy to szczególnie nawozów wieloskładnikowych, w wypadku których nie mamy żadnej gwarancji, że nie będzie zachodziła reakcja związku czynnego fungicydu ze składnikami określonego nawozu mineralnego.

Norma siewu

 SZYMON JASTRZĘBOWSKI, WOJCIECH WESOLY, ROBERT FURDYNA

Cała historia lasu rozpoczyna się od nasiona. Zawarte w nim informacje genetyczne w interakcji ze środowiskiem warunkują dalszy żywot drzewostanów. W gospodarce leśnej problem właściwego wykorzystania nasion pojawia się już na etapie szkółki leśnej, gdzie odpowiednie postępowanie gospodarcze nie tylko wpływa na efekt ekonomiczny, ale w głównej mierze istotnie odbija się na przyszłej kondycji naszych lasów. Pojawia się zatem pytanie, czy właściwie gospodarujemy nasionami podczas wiosennych i jesiennych siewów w szkółkach? Czy obowiązujące normy wysiewu nasion są adekwatne do obecnych technik siewu nasion? Odpowiedź zapewne nie jest prosta. A temat ten niezbyt chętnie jest podnoszony, zarówno w kręgu teoretyków jak i praktyków leśnictwa.

Rozwój technik przedsiewnego przygotowania nasion oraz możliwości nowoczesnej produkcji szkółkarskiej, a szczególnie mechanizacji prac związanych z przygotowaniem gleby, pielęgnacją, ochroną siewek, czy wreszcie siewu nasion, w ostatniej dekadzie uległ znacznemu przyspieszeniu. Pojawiają się coraz doskonalsze, bardzo precyzyjne maszyny, które pozwalają uzyskiwać coraz lepsze efekty gospodarcze w szkółce. W tradycyjnych szkółkach gruntowych możliwość mechanizacji prac znacznie przyspiesza i usprawnia planowanie oraz wykonanie wszystkich czynności gospodarczych od siewu po wyjmowanie sadzonek.

Technologia prac w szkółkach kontenerowych oparta jest właściwie w całości na zautomatyzowanej linii produkcyjnej. Zarówno w pierwszym jak i drugim przypadku istnieje możliwość zastosowania rozwiązań ograniczających, np. ilości wysiewanych nasion, bez straty wydajności wschodów. W produkcji kontenerowej sprowadza się ona wręcz do zasady: jedna cela

siewna = jedno nasiono. Oczywiście, aby móc stosować tak wysokie reżimy technologiczne, trzeba dysponować najlepszym materiałem siewnym, o największej zdolności i energii kiełkowania oraz wysokim odsetku czystości nasion.

Norma wysiewu nasion, czyli masa nasion wysiewanych na 1 ar powierzchni szkółki, zależy głównie od właściwości samych nasion. Można wymienić tu takie cechy jak: masa 1000 nasion, wielkość nasion, obecność obcych domieszek, zdolność i energia kiełkowania, czy wreszcie, jeśli istnieje taka konieczność, efektywność przewycięzania spoczynku nasion. Wiedza z zakresu jakości nasion i ich wartości użytkowej lub klasy jakości nasion pozwala na modyfikowanie i korekty podczas obliczania normy wysiewu. Przyjęte w Polsce wielkości wydajności siewu gatunków liściastych przedstawiono w tabeli 35. Zasady Hodowli Lasu [2003] określają normy wysiewu w sposób podany w tabeli 36.

Normę wysiewu konkretnej partii nasion poddanych ocenie jakości ustala się według wzoru:

$$N = \frac{L \cdot T}{C \cdot Z} \cdot W,$$

gdzie:

- N - ilość nasion w dekagramach
- L - liczba siewek, jaką chcemy osiągnąć
- T - ciężar tysiąca nasion
- C - czystość nasion w %
- Z - zdolność kiełkowania w %
- W - wydajność gospodarcza siewu w %

Norma wysiewu w istotny sposób zależy także od sposobu siewu i jakości nasion. Ponadto ulega ona modyfikacji w zależności od pory siewu, celu i warunków produkcji. W Lasach Państwowych masa wysiewanych nasion podawana jest na 1 ar powierzchni produkcyjnej szkółki, oddzielnie dla siewu częściowego i oddzielnie pełnego. Prowadzić to może do nieprecyzyjnego określania normy wysiewu i różnej gęstości siewu, zwłaszcza przy siewie częściowym. W literaturze można spotkać się z określaniem normy wysiewu podawanej na 1 m² powierzchni obsiewnej, czy z jeszcze dalszym jej uściśleniem podawanym przez Burzyńskiego i Kłosowską [1977]. Według tych au-

Tabela 35.
Wskaźnik wydajności siewu gatunków liściastych w szkółkach gruntowych [Suszka i in., 1994]

| Gatunek | Wydajność siewu (%) |
|---------|---------------------|
| Brzoza | 3-10 |
| Buk | 60-90 |
| Dęby | 70-95 |
| Grab | 50-80 |
| Jesion | 60-90 |
| Klony | 50-90 |
| Olsze | 5-15 |
| Lipa | 50-89 |

Tabela 36.

Orientacyjna ilość wysiewanych nasion oraz liczba jednorocznych siewek przy siewie częściowym (taśmowym lub rzędownym) i pełnym w szkółkach leśnych - wybrane gatunki

| Gatunek | Masa 1000 szt. nasion (co najmniej) (g) | Ilość wysiewanych nasion (kg/ar) | | | Przeciętna liczba siewek I i II klasy jakości przy pełnej normie wysiewu (tys. szt./ar) | | Grubość przykrycia nasion (cm) | Wydajność nasion ze 100 kg szyszek lub owoców (kg) |
|---------------------|---|----------------------------------|----------|------------|---|------------|--------------------------------|--|
| | | siew częściowy | | siew pełny | siew częściowy | siew pełny | | |
| | | klasa I | klasa II | klasa I | | | | |
| A. Drzewa iglaste | | | | | | | | |
| Jedlica zielona | 6,0 | 0,75 | 1,10 | 2,0-3,0 | 10 | 35 | 1,0-2,0 | 3,0 |
| Jodła pospolita | 40,0 | 3,00 | 4,40 | 7,0-10,0 | 10 | 35 | 2,0-3,0 | 10,0 |
| Modrzew europejski | 4,0 | 0,50 | 0,75 | 1,5-2,5 | 10 | 50 | do 0,5 | 6,0-7,5 |
| Sosna zwyczajna | 5,0 | 0,30 | 0,45 | 0,8-1,0 | 18 | 45 | 1,0-1,5 | 1,4-1,7 |
| Świerk pospolity | 6,0 | 0,25 | 0,40 | 1,2-1,5 | 15 | 75 | 1,0-1,5 | 3,5-4,0 |
| B. Drzewa liściaste | | | | | | | | |
| Brzoza brodawkowata | 0,1 | 0,60 | 0,90 | 1,5-3,0 | 10 | 30 | - | - |
| Buk zwyczajny | 200,0 | 5,00 | 7,50 | 25,0-30,0 | 8 | 32 | 2,0-3,0 | - |
| Dąb bezszypułkowy | 2000,0 | 55,0 | 82,0 | 250-300 | 7 | 35 | 3,0-5,0 | - |
| Dąb szypułkowy | 2000,0 | 60,0 | 90,0 | 300-400 | 8 | 45 | 3,0-5,0 | - |
| Klon zwyczajny | 110,0 | 3,25 | 4,90 | 8,0-10,0 | 10 | 30 | 2,0-3,0 | - |
| Lipa drobnolistna | 25,0 | 1,15 | 1,70 | 5,0-10,0 | 8 | 40 | 1,0-3,0 | - |

torów zastąpienie normy wysiewu nasion wyrażanej bądź w kilogramach, bądź gramach na ar normą określoną w postaci liczby nasion zdolnych do skielkowania na 1 m² wymaga jednak każdorazowego wyliczenia rzeczywistej masy nasion potrzebnej na powierzchnię obsiewną szkółki. Syntetycznym wskaźnikiem wartości siewnej nasion jest liczba nasion zdolnych do skielkowania (Lk) w 1 kilogramie.

$$Lk = \frac{c \cdot z}{t} \cdot 100,$$

gdzie:

c - czystość plonu (%)

z - żywotność, zdolność kielkowania lub zdrowotność (%)

t - masa tysiąca nasion (g)

Zdaniem Załęskiego [1995] wskaźnik ten powinien być głównym wyznacznikiem normy wysiewu, gdyż normy ustalane na podstawie klasy jakości obarczone są dużym błędem. Dwukrotne różnice w masie 1000 nasion tego samego gatunku nie mają większego znaczenia w aspekcie wartości genetycznej, a często i hodowlanej (u gatunków iglastych), natomiast wprost proporcjonalnie wpływają na gęstość wschodów w przypadku stosowania norm wagowych. Z kolei kryterium szkodliwej domieszki nasion obcych gatunków, wpływające na obniżenie klasy jakości nasion, a nawet powodujące ich dyskwalifikację, nie ma wpływu na zmniejszenie gęstości wschodów roślin.

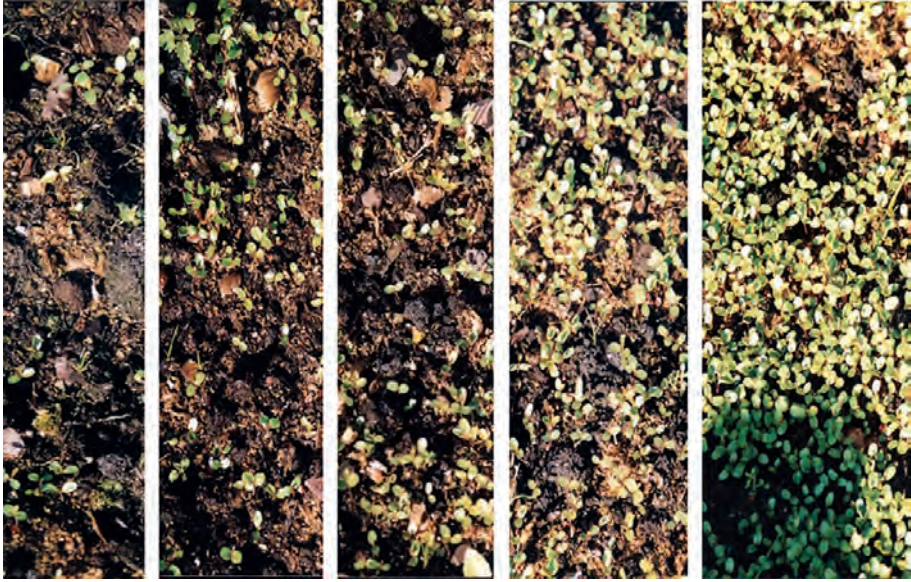
Rozwiązania techniczne, sprawnie działający system oceny nasion oraz stale rosnąca wiedza merytoryczna leśniczych szkółkarzy niewątpliwie może przyczynić się do wypracowania nowych wytycznych w zakresie norm wysiewu nasion. Interesującym zdaje się być w tym kontekście fakt, że w kolejnych wydaniach Zasad Hodowli Lasu (choć w tych ostatnich jest już mowa o orientacyjnej ilości wysiewanych nasion), niezmiennie od co najmniej 30 lat pojawiają się te same normy wysiewu nasion, mimo wciąż ulepszanych technik siewu. Zbyt mało jest także badań naukowych, które mogłyby zweryfikować lub potwierdzić podawane wartości. Badania dotyczące normy wysiewu nasion olszy czarnej w warunkach szkółki gospodarczej potwierdzają konieczność takich uściśleń. Zastosowano następujące normy wysiewu:

- Wariant 1 - 0,28 kg/ar (norma wyliczona ze wzoru),
- Wariant 2 - 0,50 kg/ar,
- Wariant 3 - 1,00 kg/ar,
- Wariant 4 - 2,00 kg/ar (minimum dla siewu pełnego nasion klasy I wg Zasad Hodowli Lasu)
- Wariant 5 - 4,00 kg/ar (maksimum dla siewu pełnego nasion klasy I wg Zasad Hodowli Lasu).

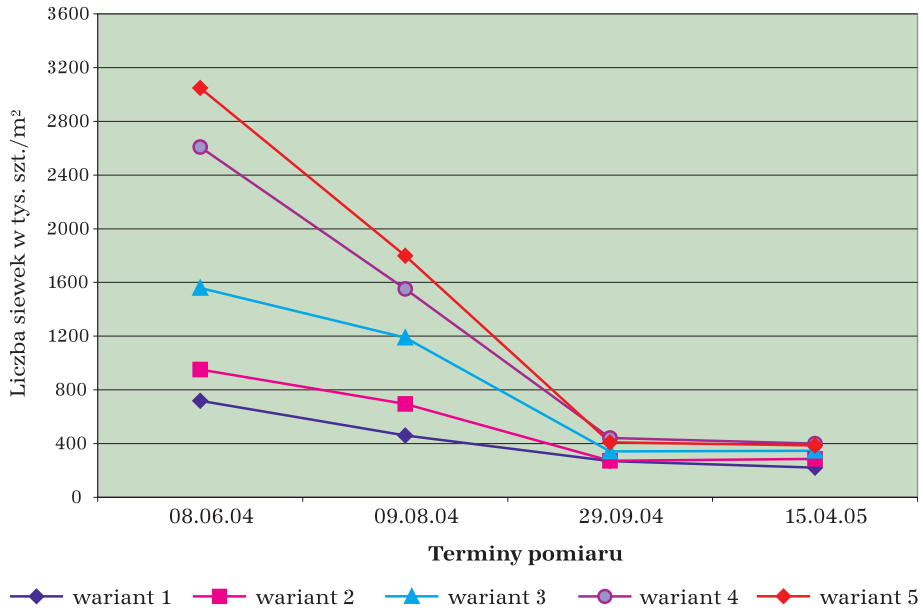
Rozmieszczenie siewek w czerwcu ilustruje rycina 122. Średnie wartości liczby siewek w zależności od wariantu siewu przedstawiono na rycinie 123. We wszystkich wariantach siewu wystąpił spadek liczby siewek na 1 m², przy czym największe jego nasilenie wystąpiło tuż po wschodach oraz między sierpniem i wrześniem, czyli w momencie najsilniejszego wzrostu sadzonek na wysokość. Od września do kwietnia następnego roku intensywność wypadania siewek była podobna we wszystkich wariantach. Praktycznie, niezależnie od liczby wysiewanych nasion, na koniec sezonu wegetacyjnego uzyskano podobne liczby siewek. Wynik ten został potwierdzony także dla siewu wykonanego w inspekcje.

Procentowy udział wydajności, czyli liczby siewek uzyskanych z 1 m² powierzchni siewu w stosunku do liczby wysianych nasion zdolnych do skielkowania, ilustruje rycina 124.

Przedstawione wyniki jednoznacznie wskazują na konieczność weryfikacji, przynajmniej dla niektórych gatunków, norm przedstawianych w Zasadach Hodowli Lasu.

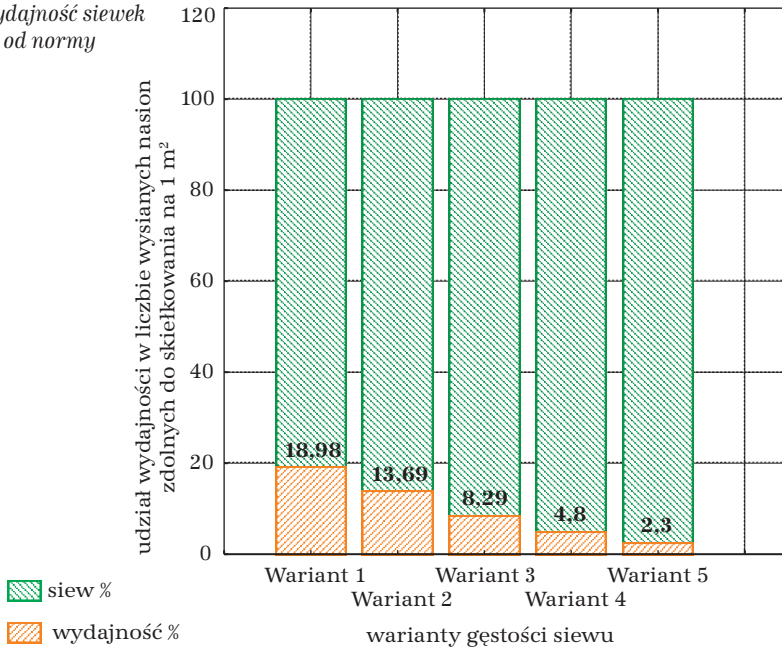


Ryc. 122. Gęstość wschodów siewek olszy czarnej w przyjętych wariantach siewu



Ryc. 123. Średnie wartości liczby siewek w zależności od wariantu siewu

Ryc. 124. Wydajność siewek w zależności od normy siewu



Rosnące zapotrzebowanie na sadzonki bardzo dobrej jakości wymusza nowe spojrzenie leśnika na realizowane w szkółce procesy technologiczne, zmierzające do produkcji maksymalnej liczby sadzonek o najwyższej jakości, co zdecydowanie obniży często duże ubytki powodowane przez odrzucanie gorszych sadzonek przy ich sortowaniu.

Siewy na zielono

MAREK BERFT

Nie ma konkretnych badań naukowych i wynikającej z nich wiedzy o charakterze wytycznych dla praktyki o siewach nasion „na zielono”. W podręczniku prof. Bolesława Suszki pt.: „Nasiona leśnych drzew liściastych” oraz w monografiach gatunków drzew, których ten problem dotyczy, znajdują się następujące wskazówki, dla siewu „na zielono” brzozy, graba, jesionu i lipy:

- **Brzoza.** Do zbioru „na zielono” przystępuje się, gdy barwa szyszeczek przechodzi z zielonej w żółtawą, a one same są jeszcze zamknięte i się nie rozsypują. Najlepszy termin zbioru przypada na okres, gdy szyszeczki ściśnięte lekko między palcami już się nie łamią, lecz rozpadają. Świeżo zebrane są zazwyczaj raczej zielone, a ich wilgotność jest znaczna 13-14% lub więcej. Nasiona brzozy brodawkowatej można wysiać latem, bezpośrednio po

zbiorze, można też jesienią, albo zimą na powierzchnię śniegu lub dopiero na wiosnę. Przed siewem letnim gleba na zagonach powinna być zwalowana lub przyklepana, a nasiona pokrywa się piaskiem lub trocinami, ale tylko na tyle, by zapewnić dostęp do nich światła. Zagony siewne zwilża się często, aż do pojawienia się wschodów, które należy odtąd cieniować. Z nasion wysianych latem uzyskuje się siewki, które w dobrych warunkach mogą w tym samym jeszcze okresie wegetacyjnym osiągnąć do jesieni wysokość do 45 cm.

- **Grab.** Zbiera się „na zielono”, gdy dojrzewające owocostany przebarwiają się na kolor oliwkowy lub brązowy, zazwyczaj pod koniec sierpnia lub na początku września, przed osiągnięciem ostatecznej dojrzałości. Orzeszki należy wysiać wraz z okrywkami, zaraz po zbiorze, bez podsuszania. Zielone wtedy jeszcze okrywy trudno oddzielają się od orzeszków. Wczesny wysiew zapewnia przejście cieplej fazy w nagrzanej glebie, niezbędnej do masowego kiełkowania. Jeśli w okresie od jesieni do wiosny wystarczająca jest liczba dni z glebą chłodną, lecz niezamarzniętą, koniecznych do ustąpienia spoczynku nasion, to wschodzą one w znacznym procencie już na pierwszą wiosnę po siewie. Orzeszki takie różnią się ciężarem od orzeszków stratyfikowanych, a więc ponownie napęczniałych. Orzeszki zebrane w tym terminie nie nadają się do przechowywania.
- **Jesion.** Jego skrzydlaki „na zielono” zbiera się w końcu sierpnia lub z początkiem września, gdy są jeszcze zielone. Należy je wysiać natychmiast, gdyż nie nadają się do przechowywania ze względu na niepełną jeszcze akumulację rezerw pokarmowych. Nasiona jesionu wyniosłego nie skiełkują, jeśli w stanie napęczniałym nie doznają najpierw oddziaływania ciepła przez kilkumiesięczny okres, a potem – przez podobny okres – chłodu. Nie jest słuszny pogląd, że spoczynek nasion zebranych „na zielono” jest mniej głęboki niż spoczynek ze skrzydlaków już brązowych. Owoce bowiem nie w pełni dojrzałe można wysiewać znacznie wcześniej, by zapewnić im w glebie, jeszcze przed nastaniem chłódów, warunki sprzyjające wydłużaniu się zarodka (faza ciepła). Spoczynek może wówczas ustępować w okresie od późnej jesieni do najbliższej wiosny (faza chłodna). Faza ciepła, najlepiej w temperaturze o zakresie 15–20°C, decyduje o zdolności kiełkowania nasion na wiosnę. Z tego powodu wyniki siewów wczesnych, pod koniec lata, są często zróżnicowane. Nasiona mogą pozostać w stanie spoczynku, a gotowość do kiełkowania osiągają nie na pierwszą, lecz dopiero drugą wiosnę po wysiewie. Za dobre wschody z nasion wysianych „na zielono” uznaje się na poziomie 60–70%, lecz są lata, gdy uzyskanie dobrych wyników jest obciążone znacznym ryzykiem.
- **Lipa.** Niektórzy szkółkarze preferują zbiór jej orzeszków „na zielono” w końcu sierpnia lub na początku września, z myślą o natychmiastowym wysiewie, jeszcze przed pełną dojrzałością nasion. Do przewyciężenia spo-

czynku potrzebny jest okres oddziaływania ciepła (około 4 miesiące), a potem chłodu (zima). Istnieje przy tym jednak ryzyko przelegiwania nasion w glebie do następnej wiosny po wysiewie.

We wspomnianym na wstępie podręczniku prof. B. Suszki można znaleźć odniesienie do norm wysiewu. Profesor pisze, że liczba nasion rzeczywiście wschodzących jest zawsze mniejsza od liczby wysianych. W grę bowiem wchodzi jeszcze inne czynniki, nie zawsze możliwe do przewidzenia, uniemożliwiające uformowanie się siewek z wszystkich nasion żywotnych, zdolnych nawet w 100% do skielkowania i wzejścia.

Z tego powodu przy ustalaniu normy siewnej, w razie potrzeby, powiększa się ją, mając na uwadze przeciętną wydajność siewu, zależną w dużej mierze od umiejętności i doświadczenia szkółkarza oraz od powtarzających się prawie corocznie zjawisk meteorologicznych, na które nie ma on prawie żadnego wpływu lub wpływ ograniczony. Siejąc „na zielono”, szkółkarz liczy na prawidłowy przebieg procesu ustępowania spoczynku, który uzależniony jest od konkretnych warunków klimatycznych. Z doświadczenia wynika, że nie zawsze jest to możliwe. Oprócz warunków klimatycznych można także spodziewać się szkód powodowanych przez gryzonie i ptaki. Z obawy przed nierównomiernymi wschodami wiosennymi zwiększana jest, nieraz ponad rozsądną miarę, gęstość siewu, co wiąże się ze znacznym marnotrawstwem nasion.

Dochodzimy więc do sedna problemu, dotyczącego braku normy siewnej dla siewu „na zielono”. Wszyscy szkółkarze mają świadomość konieczności zwiększania normy podanej w Zasadach Hodowli Lasu i tak też jest to formułowane w literaturze. Nie zawiera przy tym definicji siewu ponad rozsądną miarę. Czy taką miarą jest np. 10% czy 100% zwiększenie gęstości siewu określonego w ZHL? Ponadto przełożeni i kontrolujący szkółkę mogą nie uwzględnić wyjaśnienia, wynikającego nie z zasad lub wytycznych, a z wiedzy podręcznikowej. W praktyce stosowane są konkretne rozwiązania. Na podstawie przytoczonej powyżej wiedzy „książkowej” oraz uwzględniając doświadczenia praktyków, za właściwe uznają następujące postępowanie:

Szkółkarz ocenia dojrzałość nasion i opłacalność zbioru na podstawie znanych procedur i wykorzystując możliwości techniczne, jakimi dysponuje – krojenie, zgniatanie, obserwacje pod powiększeniem (w RDLP Zielona Góra np. ustalono obowiązek sporządzania notatki z własnej oceny polowej nasion).

Ocena jest podstawą decyzji o zbiorze i wysiewie „na zielono”, którą podejmuje nadleśniczy, akceptując przy tym – podaną we wniosku szkółkarza – zwiększoną normę wysiewu, uwzględniając przy tym następujące okoliczności:

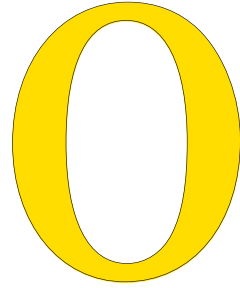
- nie będą ponoszone koszty podsuszania, przechowywania i przedsięwziętego przysposobiania nasion;

- nie będą ponoszone także koszty oceny materiału siewnego w Stacji Oceny Nasion, gdyż czas nie pozwala w tym przypadku na najczęściej długotrwałe procedury oceny;
- znajomość warunków wilgotnościowych i termicznych szkółki oraz wieloletnie, wcześniejsze doświadczenia określające połowę wydajność siewu brzozy, gwarantującą uzyskanie wydajności siewek (dla brzozy) w przedziale 15–20 tys. szt./ar i możliwość uzyskania w drugim roku 10 tys. szt. sadzonek z 1 ara;
- różnicę ciężaru 1000 nasion świeżych w stosunku do nasion podsuszonych, co wymaga zwiększenia normy wysiewu.

Na koniec kilka uwag o charakterze ogólnym.

1. Nadzór i kontrola powinny większą uwagę zwracać na jakość sadzonek niż stosowane normy wysiewu i uzyskiwane wydajności, ponieważ czynnik jakości ma przede wszystkim istotny wpływ na poziom kosztów produkcji szkółkarskiej. Należy je zatem liczyć rachunkiem ciągnionym, a nie „na bramie szkółki”. Hodowca powinien być rozliczany z efektów pracy, nie z norm.
2. Wskaźniki zawarte w Zasadach Hodowli Lasu uwzględniają uśrednione warunki, w jakich prowadzona jest działalność szkółkarska i są danymi wspomagającymi decyzje kierownictwa nadleśnictwa, podejmowane w odniesieniu do konkretnych czynności i warunków. W omawianym zakresie odpowiednio udokumentowane decyzje nie powinny być kwestionowane przez inspekcję.

Dobrym rozwiązaniem różnych problemów hodowlanych są uregulowania regionalne, uwzględniające lokalne warunki i doświadczenia terenowe.



Organizacja prac szkółkarskich i warunki trwałego zapewnienia sprawności stałych szkółek gruntowych

(na przykładzie Nadleśnictwa Giżycko)



STEFAN TARASIUŁ, WIKTOR ILWICKI

Szkółkarstwo leśne w Polsce to zarówno szkółki Lasów Państwowych, absolutnie dominujące na rynku, jak i innych podmiotów. Hegemonia na rynku szkółek Lasów Państwowych w konsekwencji wywołuje również skutki w sferze organizacji prac. W szkółce (lub szkółkach) w nadleśnictwie hoduje się głównie materiał odnowieniowy (zalesieniowy) na swoje potrzeby, ale obsługuje także innych odbiorców. Cały dział szkółkarski w nadleśnictwie jest na ogół wyodrębnioną jednostką (leśnictwem), zwaną gospodarstwem szkółkarskim (lub gospodarstwem nasienno-selekcyjno-szkółkarskim). Takie leśnictwo z reguły, choć nie zawsze, nie ma swoich terenów leśnych (poza samą powierzchnią gospodarstwa szkółkarskiego, rzadko większą niż kilkadziesiąt ha powierzchni całkowitej, a często znacznie mniejszą). Mimo stosunkowo małej, w porównaniu z innymi leśnictwami, powierzchni, w gospodarstwie szkółkarskim inaczej niż w „zwykłych” leśnictwach prowadzi się bardzo intensywną gospodarke (ryc. 125).

Organizacja prac jest pochodną zadania zapewnienia materiału sadzeniowego „swojemu” nadleśnictwu dokładnie w oczekiwanym czasie. Są też zadania dodatkowe o bardzo zróżnicowanym zakresie: współpraca z innymi nadleśnictwami, sprzedaż na zewnątrz LP, itd. Specyfiką organizacji gospodarstwa szkółkarskiego jest jego duże nasycenie infrastrukturą (budynki, maszyny i narzędzia). Majątkiem tym zarządza bezpośrednio leśniczy szkółkarz. Wykonawcy prac w szkółce, charakteryzujących się wybitną sezonowością, takich jak szkółkowanie, pielenie itd. (ryc. 126), są kontraktorami również innych prac w nadleśnictwie lub pracownikami sezonowymi. Zwykle



Ryc. 125. Produkcja materiału odnowieniowego w warunkach kontrolowanych: koryta z nieleśnym substratem, mikoryzowanym, system nawadniania (deszczowanie, dolistne nawożenie, środki ochrony roślin), namiot foliowy - szkółka gospodarcza Nadleśnictwo Włodawa (RDLP Lublin)



Ryc. 126. Duży udział prac ręcznych oraz wybitna sezonowość produkcji determinują wiele rozwiązań organizacyjnych - pielenie w szkółce Nadleśnictwa Wyszków (RDLP Warszawa)

stałymi robotnikami są operatorzy sprzętu mechanicznego (kierowcy ciągników).

Okres wiosenny należy w leśnictwie do najtrudniejszych pod względem organizacji prac. Charakteryzuje się on wyjątkową kumulacją różnych zadań gospodarczych, zwłaszcza w zakresie odnowienia lasu i zalesień. Organizacja prac wiosennych zaczyna się jesienią, a jej przebieg jest pochodną przyjętych i realizowanych decyzji gospodarczych. Umiejętne więc przesunięcie części prac wiosennych na jesień poprzedniego roku, np. jesienne siewy i wyjmowanie sadzonek, pozwala usprawnić prace wiosenne w całej gospodarce leśnej. Ze względu na aurę, coraz mniej łaskawą w ostatnich latach, można spodziewać się majowej suszy. Dlatego też, najwcześniej jak to możliwe, należy wykonać prace odnowieniowo-zalesieniowe. Tymczasem wiosenne prace szkółkarskie można dopiero rozpocząć po rozmarznięciu i obeschnięciu

kwater produkcyjnych. Potrzebę rozpoczęcia wydawania sadzonek określa termin prac odnowieniowo-zalesieniowych, który bywa opóźniony przez ograniczoną dostępność do materiału sadzeniowego [Tarasiuk i in., 2008].

Podstawą w produkcji szkółkarskiej jest perspektywiczne planowanie, które umożliwi optymalne zmianowanie na poszczególnych polach siewnych. Prace należy tak organizować, aby bez względu na termin zakończenia wiosennego wyjmowania sadzonek możliwe było wykonanie zasiewów. Z przygotowaniem gleby pod zasiew także nie można czekać. Musi się ona uleżeć, aby siewy nie były zbyt głębokie. Zasiewy należy więc wykonywać na kwaterach ugorowanych lub tych, z których wyjęto sadzonki jesienią i bądź użyto do wysadzania jesienno, bądź przeznaczono do długoterminowego przechowywania przez okres zimy, na przykład w tzw. chłodniach lodowniach. Na ogół cykl technologiczny w szkółce – suma zdarzeń gospodarczych realizowanych na jednym polu siewnym od przygotowania gleby i siewu, albo szkółkowania do wyjmowania sadzonek – trwa dwa lata. Przy płodozmianie średnio 5-letnim, pewne cykle technologiczne muszą rozpoczynać się na kwaterach wraz z kończąca się produkcją. Dlatego z tych pól siewnych, o ile to możliwe, należy zabrać sadzonki już jesienią

W Nadleśnictwie Giżycko od ponad 20 lat na skalę gospodarczą wyjmuje się sadzonki jesienią [Ilwicki, Tarasiuk, 2000a, b]. Prace te dotyczą produkowanych tam gatunków liściastych: dębu, brzozy, olszy, lipy, klonów, wiązu i gatunków biocenotycznych oraz świerka (sadzonki dwuletnie nieszkółkowane i 3- lub 4-letnie szkółkowane). Tradycyjnie stosuje się zimowe przechowywanie wyjętych jesienią partii materiału sadzeniowego przy kwaterze produkcyjnej – dołowanie [Ilwicki, Tarasiuk, 2001]. Na kwaterach przewidzianych do ugorowania sadzonki po wyjęciu i policzeniu dołowane są w partiach określonej wielkości (4×250 sztuk) na polach siewnych z uwzględnieniem tymczasowej drogi technologicznej, umożliwiającej sprawne wydawanie sadzonek. Z tych pól siewnych, gdzie planowany jest kolejny cykl technologiczny, sadzonki przewozi się na kwaterę przewidzianą do ugorowania (ugór czarny po ugorze zielonym). W Nadleśnictwie Giżycko jesienią wyjmuje się średnio około 1,0 mln sadzonek, przy sumarycznej liczbie produktów około 2,2 mln sztuk. Praktykowane od lat jesienne wyjmowanie bardzo różnego materiału sadzeniowego w trudnych warunkach klimatycznych Nadleśnictwa Giżycko (krótki sezon wegetacji, ostry, ale zmienny klimat, wielu odbiorców materiału odnowieniowego i związane z tym natężenie prac wiosennych) doskonale zdaje praktyczny egzamin. Wskaźnik poprawek w Nadleśnictwie Giżycko w 10-leciu 1996–2005 wyniósł 16% (tabela 37). Zasadniczo poprawki w tym nadleśnictwie wykonywane są w uprawach jednorocznych. Dlatego też roczne obliczenie wskaźnika poprawek przedstawiono w stosunku do powierzchni upraw zakładanych w roku poprzednim. Wzrost wskaźnika poprawek wykonanych w latach 2001–2003 spowodowany był suszą z lat

Tabela 37.
Analiza wskaźnika poprawek w Nadleśnictwie Giżycko w latach 1997–2006

| Odnowienia, zalesienia | | Poprawki i uzupełnienia | | Wskaźnik poprawek (%) | Sadzonki: JS 1/1, 2/0, 1/2, 2/1 w odnowieniach i zalesieniach |
|------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|-----------------------|---|
| rok | powierzchnia (ha) | rok | powierzchnia (ha) | | |
| 1996 | 124,51 | 1997 | 23,75 | 19,07 | |
| 1997 | 180,84 | 1998 | 22,03 | 12,18 | |
| 1998 | 219,99 | 1999 | 26,76 | 12,16 | |
| 1999 | 202,73 | 2000 | 26,47 | 13,06 | |
| 2000 | 214,51 | 2001 | 52,49 | 24,47 | 124,30 tys. szt.; 20,96 ha |
| 2001 | 150,13 | 2002 | 36,39 | 24,24 | 29,00 tys. szt.; 4,88 ha |
| 2002 | 99,75 | 2003 | 24,43 | 24,49 | 26,25 tys. szt.; 3,73 ha |
| 2003 | 159,08 | 2004 | 15,14 | 9,52 | |
| 2004 | 232,80 | 2005 | 16,52 | 7,10 | |
| 2005 | 202,80 | 2006 | 39,63 | 19,54 | |
| Razem | 1787,14 | | 283,61 | 15,87 | |

Źródło: [Tarasiuk i in., 2008].

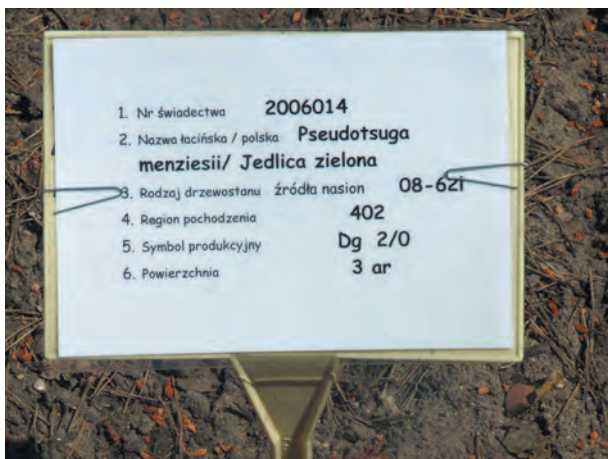
2000–2002 oraz zamieraniem jesionu, który praktycznie wyginał w uprawach zakładanych w latach 2000–2002. Niemal wszystkie zakładane w dziesięcioleciu uprawy są bardzo dobre lub dobre, co przy braku upraw przypadłych potwierdza poprawność stosowanej technologii wyjmowania i przechowywania sadzonek. Brak jest danych o stanie upraw zalesionych gruntów polnych należących do prywatnych właścicieli.

W każdym nadleśnictwie produkcja szkółkarska jest oceniana w indywidualny sposób. Zapas szacowany jest na podstawie prób zakładanych na taśmach siewnych. Nie jest jednak jednoznacznie opisana metodyka zakładania prób, określająca ich liczbę i sposób rozmieszczenia. Z tego też powodu znajomość liczby produktów obarczona jest pewnym błędem. Jego skutki znacznie komplikują przebieg prac wiosennych bez względu na to, czy oszacowany zapas jest zawyżony, czy zaniżony. Realizacja Krajowego Programu Zwiększania Lesistości oraz łatwość uzyskania dotacji zewnętrznych spowodowały zmianę struktury odbiorców materiału zalesieniowego. Od kilku lat zwiększa się udział prywatnych właścicieli w puli odbiorców sadzonek. Wprawdzie jeszcze areał zalesień na ogół jest mniejszy niż odnowień, lecz liczba zainteresowanych nabywców zalesiających grunty polne w zasięgu terytorialnym wielu nadleśnictw już jest znacznie większa niż prowadzących odnowienia. W Nadleśnictwie Giżycko w 2007 roku przygotowano sadzonki do wydawania dla swoich 18 leśnictw; wspomóżono także 5 innych nadleśnictw i obsłużono 30 prywatnych właścicieli zalesiających po kilka hekta-

rów gruntu. Tak duża liczba odbiorców wymaga przygotowania precyzyjnego rozdzielnika materiału sadzeniowego, w którym wszystkie produkty (asortyment obejmuje około 40 symboli produkcyjnych, a pula sadzonek dla odbiorców obcych wynosi około miliona sztuk) przyporządkowane są do poszczególnych odbiorców. Stwarza to również potrzebę bardziej elastycznego sposobu wydawania sadzonek różnym odbiorcom i w różnym czasie. Od kilku sezonów bada się i obserwuje alternatywne sposoby długoterminowego przechowywania sadzonek z nagim systemem korzeniowym, np. w kilkuwarstwowych, papierowych workach powlekanych.

Ustawa o leśnym materiale rozmnożeniowym (LMR) (Dz. U. z 2001 r., nr 73, poz. 761) nakłada na szkółkarza obowiązek etykietowania sadzonek (ryc. 126), a ustawa z 18 grudnia 2003 r. o ochronie roślin (Dz. U. z 2004 r., nr 11, poz. 94, z późn. zm.) – obowiązek paszportowania wielu gatunków, w tym także głównych lasotwórczych (m.in. sosna, świerk, modrzew, dąb) i biocentocycznych (m.in.: jarzab, głóg, grusza, jabłoń). Paszporty muszą być wydawane przez Wojewódzką Stację Ochrony Roślin i Nasiennictwa. Nadleśnictwa (szkółki) same nie mogą wypisywać paszportów (ustawa w art. 16, ust. 15 przewiduje możliwość upoważnienia podmiotów do wydawania paszportów roślin, brakuje jednakże obowiązujących aktów wykonawczych do wymienionego zapisu ustawy), pomimo że posiadanie tego uprawnienia umożliwiłoby przestrzeganie obowiązującego prawa. Nabywca powinien wyjechać ze szkółki z towarem zaetykietowanym i zaopatrzonym w paszport. Nie może jednak oczekiwać w szkółce na paszport dwa tygodnie, bo tyle mniej więcej, przy dobrej woli ze strony wszystkich zainteresowanych, potrzeba czasu na złożenie wniosku o paszport i jego formalne załatwienie. Oprócz nabywców ujętych w rozdzielniku występuje wielu nieprzewidywalnych, kupujących względnie niedużą liczbę sadzonek (zalesiających powierzchnie do 1 ha).

Na jesieni można również przygotować etykiety „LMR w produkcji” oraz kolorowe etykiety dostawcy (link: www.bnl.gov.pl/img/_15114948.rtf). Cały materiał sadzeniowy oraz siewny musi być opatrzony etykietami „LMR w produkcji” (ryc. 127), które w przypadku sadzonek co roku muszą się zmieniać, przynajmniej w części dotyczącej wieku. Jeżeli materiał jest szkółkowany, to również ta informacja musi się znaleźć na etykietce. Policzone i pomierzone sadzonki, przygotowane na jesieni do wydania ze szkółki, warto od razu opatrzyć etykietami dostawcy w odpowiednim kolorze i nie tworzyć dla nich etykiet „LMR w produkcji”. Można także przygotować kopie świadectw pochodzenia dla wszystkich partii LMR, które będą wydawane odbiorcom. Etykieta nie jest dokumentem, to jest „element” opakowania produktu i każdy, kto wprowadza materiał sadzeniowy na uprawę, musi mieć udokumentowane jego pochodzenie. Informacje o pochodzeniu LMR znajdują się na świadectwie pochodzenia LMR lub świadectwie pochodzenia materiału roślinnego dla LMR pozyskanego przed akcesją Polski do UE. LMR wprowadza-



Ryc. 127. Etykieta „LMR w produkcji” – poprawnie opisane pole siewne w szkółce gruntowej – szkółka Nadleśnictwa Wyszków (RDLP Warszawa)

ny do obrotu musi spełniać wymagania jakościowe, określone w rozporządzeniu (Dz. U. z 2004 r., nr 31, poz. 272) do ustawy o LMR.

Skrócenie czasu wydawania sadzonek tylko o tydzień stwarza lepsze warunki rozwoju upraw w roku ich założenia. Jesienne wyjmowanie sadzonek umożliwia rozwiązanie części pojawiających się problemów. W Nadleśnictwie Giżycko praktycznie wyjmowane są wszystkie produkty gatunków liściastych i świerka.

Do wyjmowania wiosennego pozostawia się jedynie sadzonki sosny i modrzewia. Zwłaszcza dwuletnie sadzonki sosny stwarzają problemy przy długoterminowym przechowywaniu, a często takich właśnie używa się w zalesieniach. Jednoroczne sadzonki sosny po wyjęciu dość dobrze przechowują się przez okres zimowy, także na powierzchni otwartej. Pracochłonność przy ich wyjmowaniu nie jest duża i wykonanie tych prac pozostawia się na wiosnę. Wyjmowane są one jedynie z tych fragmentów pól siewnych, gdzie dość długo może utrzymywać się pokrywa śnieżna lub gleba może być długo zamrznięta. Jesienne wyjmowanie sadzonek realizowane od końca okresu wegetacyjnego do grudnia (sporadycznie w ciągu 20 lat także w styczniu i lutym) umożliwia jednoznaczne określenie zapasu materiału sadzeniowego. Sadzonki są liczone posztucznie, ewidencjonowane na wykazach odbiorczych i wprowadzane do SILP. Przygotowanie rozdzielnika umożliwia szkółkarzowi szybkie wydawanie sadzonek nawet przy równoczesnym obsłudze kilku odbiorców.

Dominujący w polskim leśnictwie od lat siedemdziesiątych XX wieku model szkółkarstwa z jego główną przesłanką: tworzeniem tak zwanych szkółek stałych (wielkopowierzchniowych, wyposażonych w specjalistyczną infrastrukturę), powoduje – rosnące w ostatnich latach – znaczenie problemu „starych szkółek”. Produkcja szkółkarska na naturalnym podłożu glebowym z wy-

korzystaniem tradycyjnych technologii wiedzie nieuchronnie do osłabienia zdolności produkcyjnych siedliska, znanego jako tak zwane „zmęczenie gleby”. Zjawisko to przejawia się z całą wyrazistością w różnym wieku poszczególnych obiektów. Często szkółki już około 20-letnie, a więc po zaledwie czterech, pięciu pełnych cyklach produkcyjnych, wykazują wszelkie objawy zmęczenia gleby. Szkółki takie muszą jednak – ze względów ekonomicznych – w dalszym ciągu produkować. Powstaje zatem spirala zjawisk: coraz gorsze wyniki produkcyjne, rosnąca chemizacja (zwalczanie pędraków, dezynfekcja gleby, stosowanie obornika, ciche stosowanie niedozwolonych pestycydów), ucieczka do produkcji w namiotach, szkółki kontenerowe. Konsekwencją nasilających się objawów nienaturalnie obniżonej produktywności szkółek są, podejmowane z różnym skutkiem, próby rewitalizacji szkółek.

Powszechne jest zatem przekonanie, że „stare” (tj. 20-, 30-letnie) szkółki „mają prawo” być w złej kondycji i że jest to norma. Można jednak również spotkać obiekty niewykazujące symptomów zmęczenia gleby pomimo długiego okresu produkcji szkółkarskiej. Wydaje się, że skrupulatna analiza takich przypadków, a zwłaszcza ich historii, może być pomocna w określeniu niezbędnych warunków utrzymania sprawności szkółek przez wiele dziesięcioleci.

Do celów niniejszej pracy przeanalizowano historię najstarszej części szkółki Rzaśniki w Nadleśnictwie Giżycko, produkującej nieprzerwanie od roku 1950 [Ilwicky, Tarasiuk, 2002]. Mimo braku deszczowni wyniki produkcyjne osiągane w tym okresie są satysfakcjonujące zarówno pod względem ilościowym (wydajności), jak – przede wszystkim – jakościowym. Obserwowana wysoka jakość materiału sadzeniowego wyprodukowanego w szkółce Rzaśniki, przejawiająca się m.in. pełnym zmikoryzowaniem sadzonek, jest obserwowana również w innych obiektach bez deszczowni (np. szkółka Nadleśnictwa Wyszaków).

Racjonalna gospodarka szkółkarska nie ogranicza długości okresu produkcji do 20–30 lat. Likwidowanie szkółek ze względu na ich wiek jest bezzasadne. Systematyczne odtwarzanie zdolności produkcyjnych lub raczej niedopuszczanie do utraty tych zdolności [Barzdajn, Urbański, 1997], umożliwia korzystanie ze szkółki przez wiele dziesięcioleci. Analiza historii i stanu przykładowych obiektów szkółkarskich pozwala na zdefiniowanie następujących przesłanek w zakresie organizacji prac i osiągnięcia satysfakcjonujących wyników:

1. Umożliwienie sadzenia jesiennego (gdy sprzyja temu pogoda, tak jak jesienią 2006 r.) poprzez jesiennie wyjmowanie i odpowiednie przechowywanie posortowanego oraz precyzyjnie policzonego zapasu sadzonek może być jedną z metod poprawy efektywności prac w szkółkach leśnych i rozładowania wiosennej ich kumulacji.
2. Doskonalenie uzasadnionych przyrodniczo i ekonomicznie metod długotrwałego przechowywania stosunkowo niewielkich partii sadzonek

- z odkrytym systemem korzeniowym pozwoli szkółkom leśnym LP zachować silną pozycję na rynku materiału zalesieniowego obsługującym sektor drobnych właścicieli lasu.
3. Przejrzyste długoterminowe zasady zalesiania (refundacji kosztów) gruntów przez prywatnych właścicieli są zasadniczym warunkiem zrównoważenia podaży i popytu na leśny materiał sadzeniowy w tym zakresie, w jakim dotyczy to szkólek Lasów Państwowych.
 4. Uporządkowania wymaga sfera praktycznego funkcjonowania paszportowania sadzonek, np. upoważnienia do tego nadleśnictw, co znacznie usprawni tę procedurę.
 5. Założenie szkółki na gruncie leśnym i zapewnienie jej osłony przez las, a także odpowiednia szerokość kwatery i jej orientacja względem stron świata.
 6. Przestrzeganie elementarnych zasad płodozmianu, zmianowania i nawożenia.
 7. Minimalizacja interwencji chemicznej: drobnokroplisty oprysk, stosowanie oprysków wyłącznie w sytuacjach absolutnie koniecznych i przeprowadzenie ich za każdym razem z największą dbałością.
 8. Dostosowanie terminów poszczególnych operacji produkcji szkółkarskiej do warunków pogodowych (np. siew jesienny niektórych gatunków umożliwiający korzystanie z nagromadzonej w glebie wilgoci, możliwie wcześnie wykonanie siewów wiosennych – przed nastaniem suszy, dostosowanie terminu zabiegu podcinania korzeni do warunków pogodowych etc.).
 9. Działania umożliwiające rozwój mikoryz na systemach korzeniowych produkowanych sadzonek.
 10. Korzystanie ze wskazań osłony naukowej (IBL, ZOL, Stacja Gleboznawstwa Rolniczego) i terminowa realizacja uzyskanych zaleceń.

Owady szkodliwe w szkółkach



JACEK STOCKI

Pod względem liczby gatunków owady reprezentują najliczniejszą grupę szkodników siewek i sadzonek w szkółce, a także w odnowieniu pochodzenia sztucznego lub naturalnego. Tylko niektóre z nich są związane z jednym żywicielem. Znacznie więcej gatunków wykorzystuje bazę żerowo-lęgową złożoną z kilku, a nawet kilkudziesięciu gatunków roślin. Istotne znaczenie ma-

Ryc. 128. Żerowanie chrabąszczy



ją zwłaszcza szkodniki korzeni oraz aparatu asymilacyjnego (ryc. 128). Wiele gatunków owadów migruje na szkółki z sąsiednich drzewostanów znajdując tam dogodną bazę żerową i warunki do wyprowadzenia następnych pokoleń (żukowate, ryjkowcowate, motyle i inne).

Owady żerujące na korzeniach oraz szyjkach korzeniowych siewek i sadzonek

W często przeorywanych i utrzymanych w „czarnym ugorze” glebach na kwaterach szkółek w produkcji oraz ugorujących bardzo dobre warunki do rozwoju znajdują pędraki chrząszczy z rodziny żukowatych: chrabąszcza majowego i chrabąszcza kasztanowca, guniaka czerwczyka, wałkarza lipczyka, ogrodnicy niszczylistki, listnika zmiennobarwnego, jedwabka brunatnego oraz larwy chrząszczy z rodziny sprężykowatych (tzw. drutowce), larwy chrząszczy z rodziny ryjkowcowatych i czarnuchowatych, larwy i owady doskonale turkucia podjadka (niedźwiadka) oraz gąsienice motyli z rodziny sówkowatych i wiele innych (ryc. 129).

Występowanie tych szkodników jest corocznie kontrolowane w szkółkach, gdzie poprzednio stwierdzono szkody spowodowane przez szkodniki korzeni. Najgroźniejsze w skutkach powodują pędraki chrząszczowatych (ryc. 130), postacie doskonale chrabąszczy objadają aparat asymilacyjny sadzonek drzew i krzewów liściastych (ryc. 131) oraz modrzewi (ryc. 133).

- **Pędraki.** Są to larwy chrząszczy z rodziny poświętnikowatych *Scarabaeidae*, podrodziny żukowatych (*Melolonthina*). Do najbardziej szkodliwych w leśnictwie należą następujące rodzaje i gatunki: chrabąszcz (*Melolontha*),



Ryc. 129. Chrabąszcze na modrzewiu w trakcie rójki



Ryc. 130. Pędraki obgryzające korzenie sadzonki sosny



Ryc. 131. Kasztanowiec objedzony przez chrabąszcze

Ryc. 132. Szkody spowodowane przez żer pędraków - pędraczysko w szkółce



wałkarz lipczyk (*Polyphylla fullo* L.), guniak czerwczyk (*Amphimallon [Rhizotrogus] solstitiale* L.), ogrodnica (*Phyllopertha*), listnik (*Anomala*) oraz jedwabek (*Serica*). Pędraki ogryzają korę i łyko korzeni powodując rozległe rany, a także przegryzają i zjadają drobne korzenie boczne. Zaatakowane siewki i sadzonki zamierają. Żer trwa od 1 roku do 3 lat (ryc. 132).

- **Chrabąszcz majowy** - *Melolontha melolontha* (L.). Chrabąszcz długości 24,0–30,0 mm. Szkodnikiem jest larwa (pędrak), żerująca 3 lata na systemach korzeniowych roślin w glebie oraz owad doskonały objadający liście, pączki, kwiatostany i młodą korę. Chrabąszcze latają o zmierzchu od początku maja do czerwca. Rójka trwa około 6 tygodni. Postacie doskonałe intensywnie żerują na liściach niemal wszystkich drzew i krzewów liściastych wszystkich klas wieku, często doprowadzając do gołożerów (ryc. 134).



Ryc. 133. Chrabąszcze na modrzewiu



Ryc. 134. Chrabąszcz majowy



Ryc. 135. Chrabąszcz wychodzący z gleby

- **Chrabąszcz kasztanowiec** - *Melolontha hippocastani* Fabr. Chrząszcz podobny do chrabąszcza majowego, długości 20,0–25,0 mm. Żyje w drzewostanach na glebach piaszczystych, lokalnie razem z poprzednim gatunkiem. W Polsce liczniejszy na północnym wschodzie. Rozwój trwa 3–5 lat. W Polsce pojawia się wiosną w drzewostanach liściastych i mieszanych, o 2 tygodnie wcześniej niż chrabąszcz majowy. Gatunek leśny, unika otwartych przestrzeni pól i łąk. Szkodnikiem jest pędrak i owad doskonały objadający liście drzew oraz krzewów (ryc. 135).
- **Ogrodnica niszczylistka** - *Phyllopertha horticola* (L.). Chrząszcz długości 8,5–12,0 mm. W Polsce bardzo pospolity od czerwca do sierpnia. Lata w godzinach południowych. Żeruje na liściach i kwiatach drzew oraz krzewów liściastych - wygrza w nich otworki i nieregularnego kształtu zakola. Larwy (pędraki) żerują na systemach korzeniowych. Generacja jednoroczna.
- **Listnik zmiennobarwny** - *Anomala dubia* (Scop.), **guniak czerwczyk** - *Amphimallon solstitiale* (L.) i **jedwabek brunatny** - *Serica brunnea* L. objadają sadzonki z liści, zaś ich pędraki uszkadzają drobne korzenie. Generacja 1-, 2-letnia.

We wszystkich typach gleb leśnych, w wierzchniej warstwie humusu (ściółki) i płytko w glebie mineralnej żyją larwy chrząszczy z rodziny sprężykowatych zwane drutowcami. Szkodniki ogryzają korę i tkankę tworzącą korzeni i szypek korzeniowych. Do najczęściej i najliczniej spotykanych gatunków

sprężyków, których larwy i postacie doskonale żyją na korzeniach wszystkich gatunków roślin, m.in. w szkółkach, należą:

- **Ponec lśniący** – *Selatosomus aeneus* L. Larwy (drutowce) uszkadzają kielkujące nasiona oraz korzenie siewek i sadzonek. Na grubszych korzeniach wygryzają nieregularne, placowate rany sięgające drewna. Chrząższe ogryzają pączki i młodą korę, rzadziej igły (ryc. 136).

Ryc. 136. Ponec lśniący



- **Podrzut myszaty** – *Adelocera murina* L. Chrząższe żerują na korze pędów i przewodników. Larwy uszkadzają kielkujące nasiona oraz wyjadają rany w korzeniach, zjadają napotkane larwy i poczwarki innych owadów, znajduwane w glebie.
 - **Drgalnik obrzeżony** – *Dlopius marginatus* (L.). Chrząższc osiąga 6–8 mm długości. Larwy odżywiają się korzonkami roślin. Chrząższcze powodują szkody na pączkach i pędach. Często występują licznie. Podobne szkody powodują **drutowce** i owady doskonale **nieskorka burego** – *Athous subfuscatus* Mull. i **nieskorka paskowanego (pręgowanego)** – *Athous vittatus* F.
- Szkodliwość niektórych gatunków sprężyków dzieli się na dwie grupy:
- uszkodzenia przez owady doskonale młodych pędów, pąków i igieł, powodowanie powstawania otwartych ran, wycieku żywicy i otwierania dróg infekcji dla grzybów oraz wabienie innych owadów-konsumentów do miejsc żerowania;
 - żery drutowców na podziemnych częściach roślin – korzeniach, sztych korzeniowych i nasionach (w siewkach drutowce mogą przewiercać lub przegryzać podziemne części strzałek).

Obecność tej grupy szkodników ujawniają wypady siewek i sadzonek.

Do grupy chrząszczy z rodziny czarnuchowatych (*Tenebrionidae*), uszkadzających nasiona, a także systemy korzeniowe w glebie oraz pąki i korę strzałek w szkółkach, jak też na uprawach należą przedstawiciele rodzajów omrzel (*Opatrum*), mrzygłodek (*Melanimon*), zatępka (*Pedinus*), mącznik (*Tenebrio*), zamroczek (*Helop*) i inne. Na ubogich glebach piaszczystych lokalnie, szkodliwe znaczenie mają następujące gatunki.

- **Omrzel piaskowy** - *Opatrum sabulosum* L. Larwy i chrząszcze ogryzają kielkujące nasiona oraz korę młodych siewek, jak też sadzonek, rzadko pączki i igły na pędach. Żerująca larwa powoduje rany podobne do tych, jakie wygryzają drutowce.
- **Mrzygłodek czarnuch** - *Melanimon tibiale* F. Chrząszcze i larwy uszkadzają korzenie i szyje korzeniowe roślin, odżywiają się też resztkami roślinnymi. Larwy żerują podobnie jak larwy omrzela i sprężyków. Podczas masowego wystąpienia wyjadają owalnego kształtu rany i powodują wypady siewek w szkółkach i samosiewach.

Siewki oraz młode sadzonki iglaste i liściaste są obiektem żerów gąsienic motyli z rodziny **sówkowatych** (*Noctuidae*), do których należą **błyszczki** (*Plusia*), **sówki** (*Agrotis*), **sówki** (*Euxoa*, *Mamestra*) i inne.

Gąsienice: **rolnicy szkółkówki**, **rolnicy przepaski** (*Agrotis pronuba* L.), **błyszczki jarzynówki** (*Plusia gamma* L.) i innych ogryzają korę oraz łyko siewek, a także sadzonek, przegryzają również młode, niezdrewniałe strzałki.

- **Rolnica zbożówka** - *Agrotis segetum* (Den. et Schiff.). Motyl z rodziny sówkowatych (*Noctuidae*). Lata w dwu pokoleniach od maja do lipca i od sierpnia do października, występuje na całym obszarze Polski. Gąsienice przegryzają siewki pod liścieniami lub tuż nad szyjką korzeniową - tam też i na korzeniach ogryzają płatowato korę. Dorastają do 50,0 mm długości. Żer trwa do września i po przezimowaniu do lipca. Masowo szkodnik ten pojawia się w suchych latach.
- **Rolnica szkółkówka** - *Agrotis vestigialis* Rott. Motyl z rodziny sówkowatych. Lata od lipca do października, występuje na obszarze całej Polski. Gąsienice żyją od września do maja na siewkach i 1-3-letnich sadzonkach, żerując podobnie jak larwy rolnicy zbożówki. Nad powierzchnią gleby żerują na strzałkach, liścieniach i liściach (ryc. 137). Dnie spędzają w jamkach w glebie, gdzie uszkadzają system korzeniowy roślin.

O obecności gąsienic świadczą przegryzione i więdnące siewki, młode sadzonki z wyciekami żywicy z miejsc żerów na korze i łyku oraz otwory w glebie w sąsiedztwie szyi korzeniowych roślin żywicielskich, prowadzące do dziennych kryjówek larw.

- **Turkuć podjadek** - *Gryllotalpa gryllotalpa* L. Owad prostoskrzydły z rodziny turkuciwatych (*Gryllotalpidae*). Osiąga długość 30-50 mm. Rójkę od-

Ryc. 137. Objawy żerowania pędraków chrabąszczowatych w szkółce, zamieranie siewek na kwaterach



bywa w maju–czerwcu. Larwy są podobne do postaci dorosłych. Zimują wszystkie stadia rozwojowe turkucia. Szkodnik odżywia się korzeniami roślin, wygrzebując rozległą sieć podziemnych korytarzy. Na powierzchni gleby widoczne są podłużne szlaki chodników. Podgryzione siewki więdną i zamierają.

- **Koziulkowate (komarnicowate)** – *Tipulidae*. Należą do rzędu muchówek (*Diptera*). Ich larwy ogryzają korę na szyjkach korzeniowych siewek w szkółkach i samosiewach, czasem przegryzają też siewki. Owady roją się na początku lata.
- **Nicienie** (*Nematoda*) należą do jednej z najliczniejszych grup zwierząt żyjących we wszystkich środowiskach, szczególnie w glebie. Zasady postępowania z nicieniami zawiera IOL z 1988 roku w § 47–49. Do pasożytniczych nicieni stwierdzonych m.in. na sadzonkach modrzewi należy **korzeniak szkodliwy** – *Pratylenchus penetrans* Cobb, który powoduje powstawanie ranek na korzeniach. Ranki brunatnieją i są widoczne w formie zagłębień lub głębokich jamek występujących pojedynczo, albo na całej powierzchni korzenia. *Longidorus maximus* Th. et Sw. powoduje powstawanie deformacji korzeni – korkowaciejących wyrosli i nadmiernego rozgałęziania się (miotlastość) korzeni bocznych.

W ochronie roślin przed nicieniami stosuje się różne rodzaje zabiegów ograniczania liczebności ich populacji. Dobiera się je w zależności od gatunku szkodzącego nicienia, oznaczonego przez specjalistyczną jednostkę.

- Na systemach korzeniowych sadzonek żyją larwy chrząszczy z rodziny **ryjkowcowatych** (*Curculionidae*), szczególnie z rodzaju **kluk**, np. **kluk czarny** (*Otiorrhynchus niger* L.), **kluk owalny** (*O. ovatus* F.) oraz *O. scaber*, *O. sensitivus* i *O. singularis*. Beznogie, białe i zazwyczaj łukowato zgięte larwy

tych gatunków ogryzają korzenie sadzonek, nadając im fakturę jak po oskrobaniu kory ostrym narzędziem. Żery larw doprowadzają do zamierania siewek i słabszych sadzonek. Chrząszcze żerują na pąkach, młodej korze i aparacie asymilacyjnym.

- **Biegaczowate** (*Carabidae*) – szczególnie gatunki roślinożerne: **skorobieżek** (*Amara*), **niestrudek** (*Bembidion*) i **dzier** (*Harpalus*) powodują lokalnie szkody w szkółkach i uprawach, uszkadzając nasiona oraz siewki (ogryzanie kory, przegryzanie strzałek). Szkody te wyrządzają chrząszcze i larwy od połowy maja do lipca. Najliczniej spotykanym gatunkiem jest **dzier włochaty** (*Harpalus rufipes* L.).
- W szyjach korzeniowych sadzonek gatunków iglastych żerują przedstawiciele chrząszczy z podrodziny **kornikowatych** (*Scolytidae*). Jednym z najważniejszych gatunków jest **zakorek świerkowiec** – *Hylastes cunicularius* F., który rozwija się pod korą starych świerków, ale żer uzupełniający odbywa na korzeniach i szyjach korzeniowych drzewek 1-10-letnich. Często występuje razem z **zakorkiem czarnym** (*Hylastes ater* Payk.). Metody ich kontroli zawiera IOL z 2004 roku, § 98–100. Zakorki roją się w kwietniu-czerwcu. Opadają pniaki, leżaninę iglastą i naturalne pułapki (wałki, szczapy) wykładane na uprawach do odłowu szeliniaków. Prowadzą żer uzupełniający w szyjach korzeniowych sadzonek, czasem w siewkach, które kaleczą lub przegryzają. W najgrubszej korze szyjek korzeniowych wygryzają placowate rany naruszające biel, wgryzają się też do rdzenia 1-2-letnich sadzonek. Zapobieganie szkodom od zakorków polega na:
 - częstych kontrolach kwater z sosną i świerkiem w szkółkach oraz na sąsiadujących z nimi uprawach, szczególnie zakładanych na gruntach porolnych, nieużytkach, powierzchniach letnich zrębów na glebach piaszczystych o głębokim poziomie wód gruntowych, powierzchniach popożarowych i innych, w terminie od początku kwietnia do października;
 - wabieniu chrząszczy do naturalnych pułapek: szczap i wałków sosnowych, wykładanych na uprawach do odłowu szeliniaków (zalecana liczba pułapek wynosi 5–10 szt./ha, wykładanych od 30 marca do jesieni);
 - usuwaniu uszkodzonych oraz zamierających sadzonek, a do odnowień, uzupełnień, poprawek i zalesień wykorzystywanie silnych sadzonek o prawidłowo rozwiniętych systemach korzeniowych i pędach z licznymi pączkami.
- Na korzeniach jodeł i daglezi występuje **bawelnica jesionowa (jodłowa)** – *Prociophilus fraxini* HART., mszyca z rodziny bawelnicowatych.
- **Letyniec** – *Andricus quercusradicis* Fabr. jest błonkówką z rodziny galasówkowatych (*Cynipidae*), której jednopłciowe, partenogenetyczne pokolenie

samic wywołuje powstawanie na korzeniach sadzonek dębów bulwiastych, wielokomorowych wyrosli średnicy do 70,0 mm. Korzenie zamierają, gdy opuszczają je owady doskonale letyńca.

Kontrola szkółek i upraw w celu określenia zagrożenia od owadzi szkodników korzeni

Zasady określania zagrożenia od szkodników glebowych określone są w „Instrukcji Ochrony Lasu” z roku 1988 i 2004. Prognozowanie zagrożenia dotyczy głównie pędraków chrabąszczowatych. Kontroluje się szczególnie powierzchnie przeznaczone do zalesień, szkółki, halizny i płazowiny projektowane do odnowienia. Występowanie szkodników korzeni kontroluje się od 15 sierpnia do 30 września. W sytuacjach szczególnych, np. na pogórzu i w górach, terenach podmokłych i innych, dopuszcza się, w porozumieniu z ZOL, RDLP, DGLP, odstępnie od badania zapędrczenia gleb. W niektórych rejonach kraju wskazane jest rozpoczęcie prac kontrolnych już od początku sierpnia. Na wniosek ZOL nadleśnictwa dodatkowo wykonują nadzwyczajne wiosenne kontrole po odmarznięciu gleby. Na większych powierzchniach (od 1,0 ha) liczba wykopywanych dołów wynosi 15 sztuk na każdy hektar. Na pozostałych powierzchniach można ograniczyć się do 6 szt./ha. Wymiary dołów powinny wynosić $1,0 \times 1,5$ m, a głębokość minimum 0,5 m.

Nadleśnictwa zebrane materiały przekazują do ZOL, który określa stopień zagrożenia, proponuje strategię działania oraz środki ochrony roślin do dezynsekcji gleby. ZOL w porozumieniu z RDLP może zalecić zabieg ograniczenia liczebności populacji szkodników glebowych. Decyzję o zabiegu i wyborze określonej metody podejmuje ostatecznie nadleśniczy lub zarządca terenu.

Pędraki (również inne szkodniki żerujące w glebie na korzeniach) zwalczą się mechanicznie i metodą chemiczną z zastosowaniem środków ochrony roślin dopuszczonych do stosowania w lasach (niecertyfikowanych przez FSC): Pyrinex 480 SC, Furadan 5 GR, Diazinon 10 GR, Dursban 480 EC i Marshal suSCon 10 CG. Postacie doskonale (dorośle) chrabąszczowatych zwalczane są przez opryskiwanie samolotowe w drzewostanach i sprzętem naziemnym plecakowym oraz zawieszonym na ciągnikach z wykorzystaniem wodnych roztworów środków ochrony roślin z grupy pyretroidów – głównie takich jak Fastac 10 EC, Decis 2,5 EC, Mospilan 20 SP i inne (uwaga, niektóre wymienione tu insektycydy są niezalecane do stosowania w drzewostanach certyfikowanych w systemie FSC).

Biologiczne metody ochrony szkółek przed szkodnikami korzeni

Szkodom od **turkucia podjadka** można zapobiegać stosując metody mechaniczne. Należy do nich przegradzanie trasy poruszania się owadów i ich larw pod ziemią (widoczne na powierzchni kwater w postaci spękanych wyrzruszeń gleby) i na powierzchni gruntu deskami lub odpadami z przecierania dłużyca. Pod nimi zakopuje się słoiki. Owady natrafiając na przeszkodę tak długo wędrują wzdłuż jej ściany, aż wpadają do pojemnika, skąd są wybierane i niszczone. Można też wykorzystywać jego zwyczaj spędzania zimy pod ziemią w miejscach niezamarzających. W tym celu w szkółkach opianowanych przez tego szkodnika można późną jesienią wykopywać doły i umieszczać w nich koński nawóz lub obornik. Dół, głęboki na 1-1,5 m, wypełnia się zwierzęcym nawozem zmieszonym ze słomą do 3/4 głębokości, zasypuje ziemią i zaznacza umiejscowienie w terenie. Turkucie zbierają się w tych miejscach masowo na zimowiska, schodząc się z obszaru o promieniu kilkudziesięciu metrów. Wczesną wiosną, przed pełnym odmarznięciem gruntu, należy wykopać nawóz z owadami i je zniszczyć. Chemicznie turkucia zwalczą się tylko w ostateczności insektycydami doglebowymi, zarejestrowanymi do stosowania w lasach.

Gąsienice rolnic można zwalczać wykopując w szkółkach studzienki (podobnie jak na turkucia podjadka) lub rowki chwytne wokół kwater (jak przy zwalczaniu szeliniaków na uprawach), skąd wpadające w nie gąsienice należy wybierać ręcznie i niszczyć. Kolejną metodą jest wabienie gąsienic do pułapek zawierających atrakcyjny pokarm. W tym celu wykłada się kępowo w równych odstępach na kwaterach przynętę w formie kopczyków 30 × 30 cm ze świeżych liści buraków, ziemniaków, siewki, koniczyny, lebiody oraz powoju. Zanętę można dodatkowo poleać melasą lub osłodzoną wodą (2 l na około 100 kg przynęty) i przysypać cienką warstwą gleby. Zbierające się na nęcisku gąsienice należy wybrać i niszczyć.

Ochrona szkółek przed sówkowatymi wiąże się również z przestrzeganiem zasady utrzymywania czarnego ugoru oraz niedopuszczeniem do zachwaszczenia wyłączonych czasowo z produkcji kwater ugorujących (sasiadujących z kwaterami obsianymi lub z sadzonkami). Gąsienice rolnic można również wybierać ręcznie z gleby w pobliżu sadzonek, na których żerowały nocą. O miejscu ich przebywania informują otwory w glebie (średnicy do 1 cm), które prowadzą do ich podziemnych kryjówek.

Na kwaterach ugorujących w szkółkach oraz pod uprawy, gdzie stwierdzano **występowanie owadzich szkodników korzeni**, można wysiewać grykę, działającą antyfidantnie na pędraki chrabąszczowatych oraz nornika polnego. Gryka (oprócz dostarczania nasion) silnie się rozrasta i nie dopuszcza do

rozwoju innych gatunków roślin, przez co likwiduje bazę pokarmową owadzich szkodników korzeni i oczyszcza teren z pędraków w czasie zaledwie jednego sezonu wegetacyjnego.

W ochronie wschodów przed grzybami zgorzelowymi oraz owadami można wykorzystywać w szkółkach antyfidantne i fitocyndowe działanie czosnku, cebuli czy też aksamitek wysadzanych na kwaterach z zasiewami.

Mechaniczno-uprawowe metody niszczenia pędraków i owadów doskonałych chrabąszczy, to najstarsze sposoby ochrony szkółek. Polegają one na otrząsaniu chrabąszczy z drzew w otulinie szkółki w czasie majowej rójki, ich zbiór i niszczenie. Podobnie jak przy wabieniu turkucia podjadka, samice chrabąszczy i pędraki można przywabiać za pomocą świeżego obornika lub kompostu, który umieszcza się w dołkach lub międzyrzędach i przysypuje płytko glebę. Po kilkunastu dniach pędraki (a często i chrabąszcze) wybiera się i niszczy. Samice chrabąszczy składają jaja do spulchnionej, nieosłoniętej gleby, można więc przygotować takie placówki w szkółkach lub zakopywać skrzynki wypełnione spulchnioną glebą z kompostem. Po 1-2 miesiącach po rójce chrabąszczy wybiera się z nich pędraki. Chrabąszcze zniechęca się do składania jaj wykorzystując liście orzecha włoskiego, które przyorywuje się na kwaterach, albo podlewa glebę sporządzonym z nich wyciągiem wodnym.

Innym mechanicznym sposobem ochrony kwater w szkółkach, przed migracjami chrabąszczy w celu składania jaj, jest wykorzystanie sieci rybackich o drobnych, wąskich oczkach, umieszczanych nad lub bezpośrednio na kwaterach (ryc. 138). Uniemożliwiają one przedostanie się samic do gleby. Można też ustawiać osłony z gęsto tkanych materiałów, osłaniające kwatery ze wszystkich stron. Chroni to również wschody przed ptakami.

Zalecanym **zabiegiem profilaktycznym w szkółkach przeciw koziułkom i dzierowi włochatemu** jest wapnowanie gleb lub ich kompostowanie. Chro-



Ryc. 138. Siatka chroniąca przed chrabąszczami

ni to również siewki i sadzonki przed licznym występowaniem drutowców, omrzela piaskowego i mrzygłodka czarnucha.

Pułapki na drutowce sporządza się z płatów buraka, brukwi lub marchwi, które płytko przysypuje się glebą, a miejsce pułapki oznacza kołkiem. Przynęty co kilka dni należy wymieniać na świeże (przeschnięte niszczy się wraz z owadami) lub dodatkowo zatruwa insektycydami żołądkowymi. Pułapki na omrzela i mrzygłodka sporządza się ze słomy (siana), które rozkłada się miejscowo (40×40 cm), przy grubości warstwy do 15 cm. Wiązki rozkłada się w odstępach 6×10 m i przyciska darnią. Glebę pod wiązkami należy spulchnić i rozsypać pod nimi po jednej łyżce stołowej otrąb z dodatkiem insektycydu o działaniu żołądkowym.

Pułapki na koziulki sporządza się z mieszaniny otrąb z preparatami kontaktowymi lub żołądkowymi – przynęty wykonuje się w podobny sposób, jak przy zwalczaniu gąsienic rolnic.

Szkodniki owadzie przewodników i pędów

- **Ryjkowcowate** – *Curculionidae*. Do najgroźniejszych szkodników z tej rodziny należą: **szeliniak sosnowiec**, **szeliniak świerkowiec**, **kluk czarny**, **szarek (komośnik) siwy** i **inne**. Chrząszcze żerując na gatunkach iglastych powodują powstawanie ran, które zalewane są żywicą. Strzałki roślin zamierają lub ulegają deformacji.
- **Szeliniak sosnowiec** – *Hyllobius abietis* (L.) jest chrząszczem długości 6–14,0 mm. Larwa żeruje na korzeniach pniaków i starszych drzew. W następnym roku wiosną (od połowy kwietnia) pojawia się pierwsze pokolenie chrząszczy, które na sadzonkach gatunków iglastych (głównie sosny) wygryza w korze na całej długości strzały i pędów bocznych głębokie, płacowate rany, z których intensywnie wypływa żywica. Żer powoduje zamieranie sadzonek oraz otwarcie dróg infekcji dla grzybów pasożytniczych, a parujące olejki eteryczne wabią inne szkodniki. Generacja jednoroczna lub dwuletnia. Podobnie żerują chrząszcze szeliniaka świerkowca.

W czasie masowego pojawu wiosennego i zazwyczaj liczniejszego, letniego **szeliniaka sosnowca** stosuje się zabiegi chemiczne polegające na opryskiwaniu sadzonek wodnymi roztworami kontaktowych środków ochrony roślin. Zaleca się również, aby sadzonki przed wysadzeniem na uprawach zabezpieczać przed żerami szeliniaków poprzez moczenie części nadziemnej w wodnym roztworze insektycydu.

- **Szeliniak świerkowiec** – *H. pinastri* (Gyll.), ma biologię podobną do szeliniaka sosnowca, ale generacja jest dwuletnia. Występuje liczniej na ob-

szarach objętych naturalnym występowaniem świerka, szczególnie w północno-wschodniej części kraju.

- **Szeliniak modrzewiowiec** – *Hyllobius piceus* (Deg.) jest gatunkiem rzadziej występującym niż szeliniak sosnowiec. Chrząszcze szeliniaka modrzewiowca żerują nocą na korze sadzonek modrzewi, wygryzając placowate rany. W przypadku objęcia żerem pełnego obwodu strzałki następuje szybka śmierć drzewka.
- **Komośnik siwy** – *Cleonus glaucus* (Fabr.), który często towarzyszy szeliniakom na szkółkach i uprawach zakładanych na ubogich siedliskach borowych, powoduje szkody w mniejszym zakresie niż szeliniaki.
- **Kluk czarny** – *Otiorrhynchus niger* (Fabr.), jest gatunkiem związanym troficznie ze świerkiem na pogórzach i w górach. Tam występuje też większy, i podobny do kluka czarnego, **opuchlak** – *Otiorrhynchus sensitivus* Scop. i **kluk owalny** – *O. ovatus* F. Larwy tych gatunków ogryzają korzenie drzewek w szkółkach i uprawach. Chrząszcze żerują na pąkach, młodej korze i igliwiu sadzonek sosny, świerka oraz modrzewia. Podczas masowych pojawów przyczyniają się do intensywnego wypływu żywicy z ran. Żyry larw są znacznie groźniejsze, gdyż doprowadzają do zabijania siewek i słabszych sadzonek.
- **Smoliki** – *Pissodes*. Chrząszcze uszkadzają korę gatunków iglastych wszystkich klas wieku. Punktowe żery na strzałkach oraz pędach bocznych pokrywają się szybko krzepnącą żywicą, są miejscem infekcji grzybowych i wabią owady z grupy szkodników fizjologicznych. Do najczęściej spotykanych gatunków należą: **smolik znaczony**, **smolik dragowinowiec**, **smolik sosnowiec** i inne.
- **Szyszeń sosnowy** – *Dioryctria mutata* Fucks. Motyl z rodziny omacnicowatych (*Pyrilidae*). Gąsienice żerują od lipca do września, uszkadzają pączki, natomiast w strzałkach i pędach bocznych wygryzają nieregularne, placowate chodniki między korą i białym. Na korze w miejscu żerowania widoczne są lejkowate wycieki żywicy, z grudkami brunatnych ekskrementów. Rójka trwa od czerwca do późnej jesieni. Najgroźniejszy z gospodarczego punktu widzenia jest żer gąsienic w szczytowych partiach pędów. Uszkodzenie rdzeni powoduje ich brunatnienie i charakterystyczne zwiśnięcie oraz obfity wyciek żywicy. Szkodnik opanowuje pędy sosny: pospolitej, czarnej, Banksa, wejmutki, żółtej i innych. Podobne szkody na sadzonkach sosny: pospolitej, wejmutce, Banksa i czarnej powoduje **szyszeń pospolity** – *Dioryctria abietella* H. S.
- **Szerszeń pospolity** – *Vespa crabro* L. Błonkówka z rodziny osowatych (*Vespidae*). Imagines obrączkują młode pędy gatunków liściastych, pokryte zieloną korą. Rany pojawiają się najczęściej od sierpnia do października. Są powierzchniowe, zazwyczaj nie dochodzą do białego. Biegają wzdłuż pędu, rzadziej spiralnie lub pierścieniowo, na całym obwodzie. Szerszenie

spijają wypływający sok. Żer ich powoduje zamieranie pojedynczych pędów i drzewek w wieku 1–10 lat. Są owadami społecznymi.

Zwalczanie szerszeni w przypadku, gdy zaczynają one stanowić zagrożenie, polega na niszczeniu gniazd z żyjącymi w nich koloniami (późna jesień, zima), mechanicznie, lub przy wykorzystaniu środków ochrony roślin, stosuje się też odłów osobników do pułapek świetlnych lub zapachowych, np. butelek z wodnym roztworem syropu owocowego na dnie.

Szkodniki owadzie aparatu asymilacyjnego i pączków

Korę młodych strzał, pędów oraz aparat asymilacyjny i pączki objada wielogatunkowy zespół owadów. Metody kontroli i postępowania z tą grupą szkodników fizjologicznych przedstawiono w IOL z 2004 r., § 98–100.

COLEOPTERA – chrząszcze (różne rodziny)

Rodzina RYJKOWCOWATE (*Curculionidae*)

- **Zmienniki (*Strophosoma*).** Chrząszcze ogryzają igły, pączki, czasem też zieloną korę niezdrewniałych strzałek. Rzadziej uszkodzają aparat asymilacyjny gatunków liściastych. Najczęściej szkody powodują: zmiennik brudny (*Strophosoma capitatum* Deg.) i zmiennik leszczynowiec (*S. melanogrammum* Forst). Żer odbywa się w maju i czerwcu. Na korze i pączkach widoczne są placowate rany z wyciekami soków.
- **Sieciech niegłębek – *Philopodon (Cneorrhinus) plagiatus* Schall.** Chrząszcz spotykany w szkółkach, uprawach i wydmach nadmorskich, na pożarzystkach oraz ubogich piaszczystych glebach. W maju i czerwcu żeruje na siewkach oraz sadzonkach, wygryzając otwory w korze i łyku.
- **Choinek szary – *Brachyderes incanus* L.** Chrząszcz występuje na sadzonkach sosny 2-, 3-letki, na słabych i piaszczystych glebach. W wierzchołkowej części igieł owad wygryza półkoliste zatoki, które upodobniają igłę do wyszczerbionej piły. Po przezimowaniu w ściółce chrząszcze wchodzi na sosnę i żerują w pobliżu pączków szczytowych. Podczas masowych pojawów niszczą wszystkie igły. Zamierające igły przyjmują rdzawoczerwone, charakterystyczne zabarwienie. Larwy ogryzają cienkie korzenie boczne sosen. Na szkółki chrząszcz dolatuje z sąsiadujących drzewostanów sosnowych.
- **Naliściak drzewiarz – *Phyllobius arborator* Hbst.** Chrząszcz długości 7,0–8,5 mm, lotny. Występuje od końca kwietnia do czerwca na wielu gatunkach liściastych, wygryzając na krawędziach liści nieregularne zatoki (blaszki liściowe wyglądają jak postrzępione). Żer wzdłuż nerwów bocznych sięga do nerwu głównego. Uszkadza także pączki.

- **Obryzgi** (*Polydrosus*). **Obryzg szkółkowiec** i **obryzg miękki** oraz inne gatunki okazjonalnie objadają pączki oraz młode liście i igły sadzonek, a ich larwy żerują na korzeniach.
- **Obryzg szkółkowiec** – *Polydrosus sericeus* Schall. Chrząszcz długości do 6,0 mm. Owad pospolicie spotykany od maja do lipca na drzewach i krzewach liściastych. Jest oligofagiem, objadają pączki i młode liście, podobnie jak naliściaki. Wyrządza duże szkody w szkółkach i uprawach. Larwy żerują na korzeniach drzew liściastych.
- **Obryzg miękki** – *P. mollis* Ström. Chrząszcz długości 6,0–9,5 mm. Występuje na sadzonkach liściastych (dębach, buku, topolach). Żeruje na pączkach wyjadając ich zawartość.
- **Zdobnik brzozowiec (tutkarz, zwijacz, cygarowiec)** – *Byctiscus betulae* L. Chrząszcz pojawia się wiosną i od maja żeruje na liściach brzoź, które szkieletyzuje od spodu. Loty godowe od maja do lipca. Samica zwija więdnący liść w rurkę i składa do wnętrza jedno jajo. W okresie wiosny i lata zwija w ten sposób do 30 liści. Larwa żeruje w liściu. Młode chrząszcze pojawiają się jesienią lub dopiero na wiosnę. Podobne szkody na sadzonkach i w uprawach brzozowych powoduje **zdobnik topolowiec** – *Byctiscus populi* L.
- **Skoczonos bukowiec** – *Rhynchaenus fagi* L. Może występować w szkółkach z otuliną buka. Chrząszcz silnie opanowuje młode drzewka buka. Wygryza otwory w liściach, objada ogonki liściowe. Larwa minuje liść. Mina, początkowo jasnozielona, z czasem brunatnieje. Podczas masowych pojawów skoczonosa masowe żery przypominają skutki późnych przymrozków. Pełen cykl rozwojowy trwa 5–6 tygodni. Młode chrząszcze pojawiają się w czerwcu, żerują do połowy września. Szkody wyrządza zarówno chrząszcz, jak i i larwa.
- **Zieleńczyk** – *Chlorophanus viridis* L. Chrząszcz długości 10,0–14,0 mm, objadają liście wierzb i topoli osiki, wygryzając głębokie, zatokowate rany, podobne do uszkodzeń powodowanych przez **znaczyna dwuplamka** (*Lepyrus palustris* Scop.).

Miejsca, gdzie występują te szkodniki, kontroluje się od początku kwietnia aż do października włącznie. Liczebność owadów na szkółkach i ocenę zagrożenia upraw z gatunkami iglastymi kontroluje się przy wykorzystaniu wiązek świeżej cetyny o długości do 30 i grubości do 10 cm ze świeżym igliwem (wiązki mogą być potraktowane środkiem ochrony roślin, np. z grupy pyretroidów). Wiazki wyklada się w międzyrzędach, część z nich zatyka się na tyczki o wysokości wierzchołków koron sadzonek. O zagrożeniu sadzonek informuje stan igliwia wiązek cetyny i drzewek oraz liczba zamierających i wyraźnie osłabionych sadzonek. Decyzję o zabiegu ratowniczym podejmuje nadleśniczy. Wskazane są konsultacje (termin zabiegu, dobór środka ochrony roślin) z ZOL, RDLP lub IBL.

- **Metody zwalczania.** Jak w wypadku innych gatunków chrząszczy żerujących na aparacie asymilacyjnym, polegają na wykonaniu oprysków na ziemnym sprzętem do aplikacji środków ochrony roślin (opryskiwacze plecakowe, zamgławiacze L-105, L-142, inne zawieszane na ciągnikach) z zastosowaniem insektycydów zalecanych do zwalczania tego zespołu foliofagów.

COLEOPTERA rodzina STONKOWATE (*Chrysomelidae*)

- **Zmrózka sosnowa** (*Cryptocephalus pini* L.) i **wątlík sosnowiec** (*Luperus pinicola* Duft.) są chrząszczami, których owady dorosłe żerują w sierpniu-wrześniu na tegorocznych igłach sosny. Przelatują na szkółki z sąsiednich drzewostanów sosnowych.
- **Hurmak olchowiec** (*Agelastica alni* L.). Chrząszcz długości 5,0–7,0 mm. Roi się na początku maja, składa jaja do lipca. Chrząszcz i larwa szkieletyzują liście olch wszystkich klas wieku, wyrządzając największe szkody w szkółkach, uprawach, młodnikach i na plantacjach. Wiosną po przezimowaniu chrząszcze prowadzą żer uzupełniający na młodych liściach. Larwy wylęgają się od maja do lipca, dorastają do 12 mm długości. Początkowo żerują wspólnie szkieletyzując liść, później pojedynczo, wygryzając w liściu otwory i zakola. Młode chrząszcze pojawiają się w końcu sierpnia i żerują do późnej jesieni.
- **Rynnica olchowa (rynnica olszowa, złotawka)** – *Melasoma aenea* L. Chrząszcz długości 6,5–8,5 mm. Występuje wspólnie z hurmakiem olchowcem. Chrząszcze wiosną podejmują żer uzupełniający na pączkach, młodych liściach i korze. Larwy żerują gromadnie, szkieletyzując liść, ale nie naruszają nerwów. Druga generacja chrząszczy występuje w sierpniu-wrześniu. Podobnie żerują chrząszcze i larwy **rynnicy topolówki** (*Melasoma populi* L.), **rynnicy ceglastej (rynnicy osikówki)** – *Melasoma tremulae* Fabr., **rynnicy wierzbowej** (*Melasoma saliceti* Wse.) oraz lokalnie **rynnicy dwudziestopunktowej** (*Melasoma vigintipunctata* L.), *Melasoma lapponica* Wse., *Melasoma cuprea* L. i innych gatunków.
- **Szarynka iwówka (naliścica wierzbowa)** – *Galeruca capreae* L. Chrząszcz długości 4,0–6,0 mm. Żeruje na liściach wierzb i topól, rzadziej na brzozie. Larwy żerują na dolnej stronie liści. Lokalnie na szkółkach szkody powoduje **szarynka wiklinówka (szarynka wierzbowa)** – *Galeruca lineola* F., **wprzeczka zielona (wprzeczka różnobarwna)** – *Plagiodera versicolora* Laich., **szubarga rudonoga** – *Phytodecta rufipes* de Geer., **jątrewka wiklinówka** – *Phyllodecta vitellinae* L., **jątrewka zielona** – *Phyllodecta vulgatissima* L. i inne gatunki.

HYMENOPTERA - błonkoskrzydłe**Rodzina NIESNUJOWATE (*Pamphilidae*)**

- **Osnuja sadzonkowa** (*Acantholyda hieroglyphica* Christ.). Rójkę odbywa w czerwcu. Samica na igłach sadzonek sosny składa łożkowatego kształtu, białe (później szarozielone) jaja. Larwa żeruje w rurkowatym oprzędzie zbudowanym z gęstej sieci nitek wzdłuż pędu głównego. Jest szkodnikiem w szkółkach i uprawach sosnowych. Ocena występowania podczas oceny udatności upraw. Zwalczanie ręczne przy małej liczebności szkodnika lub opryskiwanie insektycydami kontaktowymi aparaturą naziemną. Na sadzonkach sosny w szkółkach rzadko może wystąpić również **borecznik rudy** (*Neodiprion sertifer* Geoffr.), **rośliniarka** (*Symphyta*) z rzędu owadów błonkoskrzydłych i rodziny pilarzowatych (*Tenthredinidae*).

Rodziny: PILARZOWATE (*Tenthredinidae*), NAROŚLANY (*Nematinae*) i inne

- **Bryzgun brzozowiec** (*Cimbex femorata* L.). Błonkówka z podrodziny bryzgunów (*Cimbicinae*). Larwy żerują od kwietnia do jesieni na pąkach, liściach i młodej korze pędów wierzb, brzoź i olsz. Liście zjadają w całości, łącznie z głównym nerwem. Objadają też korę młodych pędów. Podobne szkodzy wyrządzają: **bryzgun włochaty** (*Trichiosoma lucorum* L.), **bryzgun olchowiec** (*Cimbex connata* Schrank.), **bryzgun wierzbowiec** (*Cimbex lutea* L.), **pałczeń wierzbowiec** (*Clavellaria (Pseudoclavellaria) amerinae* L.) i inne.
- **Plast topolowiec** (*Croesus septentrionalis* L.). Błonkówka z podrodziny naroślanów (*Nematinae*). Larwy żerują na liściach brzoź od lipca do września. W podobny sposób uszkadza liście **plast** (*Croesus latipes* Vill.), **obnażacz brzoźówka** (*Arge pullata* Zadd.), **plast** (*Croesus varus* Vill.), **naroślan czarny** (*Euura atra* Jur.), **karmik** (*Pteronidea ferruginea* Foerst.), **karmik** (*Pteronidea pavidata* Lep.) i inne.
- **Śluzownica lipowa** (*Caliroa annulipes* Klug.). Błonkówka długości do 0,5 mm. Oprócz lip owad ten zasiedla wierzby, brzozy, dęby, buki. Larwy, podobne do ślimaków nagich, są żółtawe i pokryte żółtozielonym śluzem. Szkieletyzują liście, pozostawiając nienaruszoną ich górną powierzchnię. Przepoczwarczają się w kokonie w glebie. Od maja do września pojawiają się 2-3 generacje.
- **Listnica** (*Pontania puella* Thoms.). Błonkówka, której larwy żerują od czerwca do końca lipca pod zawiniętymi brzegami liści wierzb: białej, kruchej, migdałowej i innych. Larwa osiąga 5,0 mm długości. Podobnie żerują larwy **listnicy iwowca** (*Pontania proxima* Lep.) na liściach wierzby iwy i innych oraz larwy **listnicy liściobrzegiej** (*Pontania leucaspis* Tischb.) - pod zawiniętymi brzegami liści wierzb wielu gatunków.
- Na wierzbach liście i młodą korę objadają larwy: **naroślana żółtonogiego** (*Euura testaceipes* Brisch.), **błonkówki z rodziny pilarzowatych** (*Tenthre-*

dinidae) i **podrodziny naroślanów** (*Nematinae*), **naroślana ogonkowca** (*Euura venusta* Zadd.), (*Euura laeta* Zadd.), **naroślana czarnego** (*Euura atra* Jur.) i **naroślana bulwowatego** (*Euura amerinae* L.) oraz **jotka wierzbowca** (*Trichiocampus viminalis* Fall.).

ROZTOCZA i SZPECIELE (*Acarina*, *Eriophyidae* i inne)

- **Przędziorek sosnowiec** (*Oligonychus ununguis* Jacob.) jest roztoczem (*Acarina*) z rodziny przędziorkowatych (*Tetranychidae*). W Polsce oligofag gatunków iglastych, szczególnie groźny w szkółkach i młodnikach. Sadzonka lub opanowany pęd traci wiotkość, igły i kora brunatnieją, martwe igły utrzymują się na gałązkach. Kontrole wykonuje się w okresie od początku października do końca listopada. Nasilenie pojawu określane jest na podstawie liczby zimujących czerwonych jajeczek na pędach. Największe ich zagęszczenie występuje najczęściej na pędach wokół pączków, u nasady igieł. Do zabiegów ratowniczych kwalifikuje się kwatery z sosną lub świerkiem o średnim obłożeniu sadzonek do 5 lat w szkółkach i uprawach 200 jaj/2 mb. pędów. Zwalcza się go wczesną wiosną, w okresie wylęgu larw. Zabiegi środkami ochrony roślin z grupy akariocydów lub pyretroidów, zarejestrowanych do zwalczania roztoczy.
- **Różowiec klonowy** (*Aceria macrorhynchus* Nalepa). Pajęczak z **podgromady roztoczy** (*Acarina*) i **rodziny szpecieli** (*Eriophyidae*). Wiosną na wierzchniej stronie liści sadzonek klonów wywołuje powstawanie różkowatego kształtu, czerwonych narośli wysokości do 3,0 mm. Opanowane liście wcześniej czerwienieją i opadają. Samice różowca zimują w pączkach. Jedno pokolenie w roku.
- **Szpeciel lipowy typowy** (*Eriophyes tiliae* var. *tiliae* Nalepa). Pajęczak jest szkodnikiem występującym na lipach. Powoduje powstawanie na blaszce liściowej wyrośli kształcie ostrych różków długości do 15 mm, zabarwionych czerwono lub rdzawopomarańczowo.
- **Szpeciel** (*Phytoptus tetratrichus*). Pajęczak występuje na liściach lip. Powoduje powstawanie wyrośli kształtu gruzelkowego lub zgrubienia na brzegach blaszek liściowych.
- **Szpeciel olszowiec** (*Eriophyes laevis* Nalepa). Pajęczak powoduje powstawanie na liściach olch granulcowatych, pierścieniowatych wyrośli barwy zielonej lub rdzawoczerwonej. Liście wcześniej się przebarwiają i zamierają.
- **Szpeciel wierzbowiec promieniowy** (*Eriophyes triradiatus* Nalepa). Powoduje przekształcanie się całych końców pędów wierzb w miotlaste, groniaste lub paciorkowate wyrośla z tkanki zdeformowanej na kształt zbitej plechy.
- **Szpeciel osikowiec** (*Aceria dispar* Nalepa). Opanowane pędy ulegają skróceniu, liście grubieją i skręcają się oraz przebarwiają na żółto lub czerwono.

no. Gatunek związany z topolą osiką, tak jak **szpeciel topolowiec** (*Eriophyes populi* Nalepa), (*Eotetranychus populi* C. L. Koch.) – pajęczak z podgromady roztoczy (*Acarina*) i rodziny przedziorkowatych (*Tetranychidae*), (*Eotetranychus coryli* Rech.), (*Metatetranychus ulmi* C. L. Koch.), (*Bryobia praetiosa* C. L. Koch.) i inne.

DWUSKRZYDŁE (*Diptera*)

Rodzina PRYSZCZARKOWATE (*Cecidomyiidae*)

- **Iglówka sosnowa** (*Thecodiplosis brachyntera* Schw.). Owady doskonale muchówki roją się w maju. Larwy wciskają się między igły do pochewek, gdzie żerują. W wyniku żeru dochodzi do zgrubienia nasady igieł i zahamowania ich wzrostu. Igły w czasie lata żółkną i opadają. Często występuje razem z **pryszczarkiem (igłówką) Baera** (*Cecidomyia baeri* Prell.).
- Liczny jest zespół pryszczarkowatych opanowujących pędy i liście sadzonek wierzb oraz topól. Należą tu: **wierzbiniowiec niszczywierzba** (*Rhabdophaga saliciperda* Duf.), **wierzbowiec łożynowiec** (*Rhabdophaga salicis* Schrank.), **wierzbiniowiec rozetek** (*Rhabdophaga rosaria* H. Loew.) oraz **pryszczarek wierzbiniowiec** (*Rhabdophaga terminalis* H. Loew.).

Rodzina TRAWISZKOWATE (*Agromyzidae*)

- **Trawiszka** (*Agromyza alnibetulae* Hend.). Muchówka pojawia się w dwóch generacjach: w czerwcu–lipcu oraz sierpniu–wrześniu. Roślinami żywicielskimi trawiszki są: brzoza brodawkowata i omszona oraz olsze – czarna, szara i zielona. Larwy minują górną stronę blaszek liściowych. Miny są wstęgowate, lekko rozszerzone i wijące się. Odchody na ich brzegach tworzą dwa paciorkowate sznury.

MOTYLE (*Lepidoptera*) – różne rodziny

- **Skośnik tuzinek** (*Excoteleia dodecella* L.) z rodziny skośnikowatych (*Gelechiidae*). Rójkę odbywa w maju–czerwcu do początku lipca. Gąsienica w cyklu rozwojowym (1,5 roku) zjada 3–4 igły, po czym pod koniec kwietnia atakuje pączki szczytowe i tam się przepoczwarza. Najgroźniejszy jest żer wiosenny w pączkach, gdyż powoduje on deformacje strzały lub zamarcie pędu głównego. Szkodnika tego zwalcza się insektycydami chemicznymi lub biopreparatami, najlepsze rezultaty daje zwalczanie w okresie przechodzenia gąsienic z igieł do pączków i podczas rójki motyli.
- **Krobik modrzewiowiec** (*Coleophora laricella* Hbn.). Motyl z rodziny pochwikowatych (*Coleophoridae*). Roi się w drugiej połowie maja i na początku czerwca. Gąsienice początkowo wyjadają treść igieł (połowa lata, początek jesieni). Z wyjedzonej igły odcinają pochewkę i w jej wnętrzu zimują. Wiosną gąsienica żeruje na młodych igłach. Jedna gąsienica zjada wiosną do 80 sztuk i jesienią 7–10 igieł, czyli wszystkie znajdujące się na dwóch

krótkopędach. Uszkodzone igły skręcają się i przebarwiają na biały kolor. Jeden z najgroźniejszych szkodników liściożernych modrzewia. Według różnych autorów za liczbę krytyczną uważa się obecność od 0,5 do 5 gąsienic krobika na krótkopędzie. Zagrożenie i badanie dynamiki populacji prowadzi się z wykorzystaniem feromonowych pułapek lepowych do odłowu małych motyli (typ PL-I i PL-II produkcji ZD „Chemipan”) z atraktantami o nazwie „Colodor”.

- **Licinek modrzewiaczek** (*Argyresthia laevigatella* H.S.) z rodziny namiotnikowatych (*Hyponomeutidae*) występuje na sadzonkach modrzewi.
- **Brzosik** (*Phylloporia bistrigella* Haworth) z rodziny skośnikowatych (*Gelechiidae*). W Polsce wydaje w roku dwa pokolenia. Gąsienica żeruje na wierzchołkowych częściach pędów bocznych brzozy. Rozpoczyna żer na wierzchołku liścia i posuwa się ku jego nasadzie. Żerowisko kończy się okrągłą, rozległą miną, w której widać eliptyczny otwór. Często liść ulega całkowitemu zniszczeniu.
- **Niedolotnik bukowiec** (*Chimabacche fagella* F.) z rodziny niedolotnikowatych (*Oecophoridae*). Lata od końca kwietnia do czerwca oraz od końca lata do października. Gąsienice objadają liście buka na siewkach i sadzonkach. Żyją między dwoma ukośnie ułożonymi liśćmi spojonymi przędzą, ogryzając brzegi blaszek liściowych.
- **Namiotnik owocowy** (*Yponomeuta padellus* L.) z rodziny namiotnikowatych (*Yponomeutidae*). Oprzędy żerujących gromadnie gąsienic pokrywają całe pędy. Żer trwa od maja do lipca na wierzbach, topoli osice, tarninie, jarzębinie, głogu i kruszynie.
- **Szrotówek kasztanowiaczek** (*Cameraria ohridella* Deschka et Dimic), przedstawiciel rodziny szrotówkowatych (*Lithocolletidae*). Gąsienice tego gatunku minują aparat asymilacyjny sadzonek kasztanowca białego (ryc. 139).
- **Gąsienice motyli** z rodziny *Coleophoridae* żerują na liściach sadzonek olszy (ryc. 140).



Ryc. 139. Liście kasztanowca z objawami żerowania szrotówka kasztanowiaczka

Ryc. 140. Liść olszy
z minami motyli z rodzaju
Coleophora sp.



LEPIDOPTERA, rodzina ZWÓJKOWATE (*Tortricidae*)

- Na sadzonkach 2-, 3-letnich sosen mogą sporadycznie żerować gąsienice: **zwójki sosnoweczki** (*Rhyacionia buoliana* Den. et Schiff.), **zwójki odrosłeczki** (*Coccyx turionella* L.), **zwójki pędówki** (*Evetria duplana* Hbn.) – szkodnika upraw sosnowych w wieku 2–6 lat.
- Na modrzewiach lokalnie szkody może powodować **wydłubka modrzewióweczka** (*Spilonota laricana* Hein.). Na sadzonkach gatunków liściastych: **zwójka brzoźweczka** (*Acleris ferrugana* Den. & Schiff.), **zwójka gruszóweczka** (*Epinotia tetraquetra* Haw.), **zwójka rdzaweczka** (*Archips podana* Scopoli.), **zwójka jaworeczka** (*Croesia forskaleana* L.), **zwójka jarzębóweczka** (*Pandemis ribeana* Hbn.) i inne.

Do kontroli występowania zwójek i badania dynamiki ich lokalnych populacji stosuje się pułapki feromonowe i tablice lepowe z feromonem (np. „Rhyodor” produkcji ZD „Chemipan”) do odłowu samców motyli. Decyzję o zwalczaniu zwójek podejmuje nadleśniczy, najczęściej w porozumieniu z ZOL, RDLP lub IBL.

LEPIDOPTERA rodzina MIERNIKOWCOWATE (*Geometridae*) i inne z MACROLEPIDOPTERA

- **Grotnik modrzewiowiec** (*Eupithecia laricata* Frr.). Samica składa jaja u nasady krótkopędów modrzewi. Gąsienice o zmiennym ubarwieniu żerują na igłach pod koniec lata i na jesieni. Zimuje poczwarka w ściółce. Masowe występowanie grotnika bywa przyczyną powstawania gołozerów.
- Na sadzonkach gatunków liściastych mogą żerować gąsienice oligofagicznych gatunków **piędzików** (*Operophtera*), **zimowka** (*Hibernia*) i **przylepików** (*Boarmia*, *Chiasma*) i innych.

Przy licznych występowaniu w drzewostanach sąsiadujących ze szkółką wymienionych niżej gatunków motyli, ich gąsienice mogą żerować na sadzonkach.

- **Nasierszyca brzoźówka** (*Endromis versicolora* L.). Motyl z rodziny nasierszycowatych (*Endromididae*). Lata wczesną wiosną, od marca do połowy maja. Młode gąsienice żerują gromadnie, po kilkanaście sztuk, w maju i czerwcu na brzozach, rzadziej na olchach, grabach, lipach i leszczynach.
- **Szczotecznicza szarawka** (*Dasychira pudibunda* L.). Motyl z rodziny brudnicowatych (*Lymantriidae*). Pojawia się pod koniec maja i lata od czerwca do połowy lipca. Gąsienice prowadzą rozrzućny żer na aparacie asymilacyjnym drzew liściastych – głównie buka, grabu i wiązów.
- **Wieczernica olchówka** (*Acronycta alni* L.). Motyl z rodziny sówkowatych (*Noctuidae*). Lata od połowy maja do końca czerwca. Gąsienice żerują od połowy czerwca do września na liściach brzoź, olch, lip, leszczyny, dębu i osiki.
- **Wieczernica klonówka** (*Acronycta aceris* L.). Motyl z rodziny sówkowatych (*Noctuidae*). Lata od czerwca do połowy sierpnia. Gąsienice żerują od lipca do jesieni na liściach klonów, buka, wiązów, dębów, gdzie żyje razem z czosnkowicą, wojanicą trapezówką, brudnicowatymi i innymi gatunkami.

W szkółkach stwierdzano (ZOL) lokalne występowanie szkód od żerujących gąsienic: **puchowicy wiśniówki** (*Eriogaster lanestris* L.) z rodziny barczatkowatych (*Lasiocampidae*), **nastrosza topolowca** (*Laothoe populi* L.) z rodziny zawisakowatych (*Sphingidae*), **widłogonki dziwaczki** (*Cerura [Dicranura] vinula* L.) z rodziny garbatkowatych (*Notodontidae*), **narożnicy zbrojówki** (*Phalera bucephala* L.) z rodziny garbatkowatych (*Notodontidae*) i innych gatunków.

CZERWCE (*Coccidae*, *Diaspididae* i inne)

- **Skrzyk** (*Leucaspis pusilla* Loew.) z rodziny tarcznicowatych (*Diaspididae*). Owad biały, bezskrzydły, o wydłużonym kształcie, z brunatną tarczką chitynową. Żeruje na igłach sosny, wysysając z nich soki. Igły przebarwiają się i przedwcześnie opadają.
- **Misecznik dębowy** (*Parthenolecanium rufulum* Ckll.). Pluskwiak równoskrzydły z rodziny czerwcowatych (*Coccidae*). Samice są przykryte owalnymi, silnie wypukłymi, jasnobrunatnymi tarczkami długości do 4,0 mm. Żyje na cienkich gałązkach dębów. Występując masowo zabija sadzonki lub pojedyncze pędy.
- **Czerwiec dębowiec** (*Kermococcus quercus* L.). Pluskwiak równoskrzydły z rodziny czerwcowatych (*Coccidae*). Wytwarza kulistego kształtu tarczki, długości do 5,0 mm, na strzałkach i pędach dębów. Szkody wyrządzają larwy i dorosłe samice, wysysając soki z pędów, które zamierają.

- **Gwiazdosz dębowiec – czerwiec dębowiec** (*Asterodiaspis* [*Asterolecanium*] *variolosa* Ratz.). Pluskwiak równoskrzydły z nadrodziny czerwców (*Coccoidea*) i rodziny gwiazdoszowatych (*Asterolecaniidae*). Samica, długości 1,0–1,5 mm, wytwarza na pędach i młodych strzałkach sadzonek wypukłe tarczki pokryte białą wydzieliną woskową, wysysa soki. Po odpadnięciu tarczki na pędach pozostają charakterystyczne wgłębienia o zgrubiałym obwodzie w kształcie wałka.

MSZYCE (różne rodziny)

Sok komórkowy z igieł i młodych pędów wysysają następujące gatunki.

- **Smrekun zielony** (*Cinara bornei* H.R.L.). Ciemnobrunatno ubarwiona mszyca bez nalotu woskowego, żyjąca w koloniach na świerkach, zimuje w szczelinach kory.
- ***Cinara laricis*** Walk. Osobniki pokryte woskowym nalotem występują w koloniach, powodują wykrzywianie się tegorocznych młodych pędów wierzchołkowych sadzonek modrzewi, tak jak *Cinara kochiana* Born., żyjąca w koloniach na pędach i strzałkach modrzewi.
- **Miodownica bukowa** (*Lachnus excicator* Altum). Żyje w koloniach, czarne uskrzydłone i brązowe nieuskrzydłone mszyce wysysają sok z kory pędów modrzewi, powodując powstawanie martwic strzałek.

Obecność mszyc na sadzonkach ma dwojakie znaczenie. Z jednej strony wysysanie soków powoduje fizjologiczne osłabienie roślin, a obfite wydzielanie przez mszyce spadzi sprzyja rozwojowi grzybów, z drugiej zaś spadz jest pokarmem dla pożytecznych owadów z grupy melitofagów: mrówek, gąsieniczników, męczelkowatych i innych, będących pasożytami i drapieżcami owadów liściożernych.

- **Mszyca sosnowka** (*Pineus pini* Macoq.). Pluskwiak równoskrzydły z rodziny smrekunowatych (*Adelgida*). Larwy pokolenia wiosennego wysysają soki z młodych pędów, powodując osłabienie fizjologiczne drzewek, otwierają drogi infekcji chorobom grzybowym, bakteryjnym i szkodnikom wtórnym.
- **Zrostek jodłowy – wykrętka jodłowa** (*Mindarus abietinus* Koch.). Mszyca z rodziny zrostkowatych (*Thelaxidae*). Larwy od kwietnia do czerwca wysysają sok z igieł i młodych pędów jodeł: pospolitej, kaukaskiej, balsamicznej, syberyjskiej, kalifornijskiej i innych. Opanowane igły skręcają się. Przy licznej obecności mszyc pędy szarzeją i usychają.
- **Ochojnik wejmutkowy** (*Pineus strobi* Htg.). Mszyca z rodziny smrekunowatych (*Adelgidae*). Forma partenogenetyczna, dzieworodna trwale utrzymuje się na strzale i pędach (od sadzonek do starodrzewu) sosny wejmutki, rzadziej na sośnie zwyczajnej. Opanowane pędy majowe i strzały pokryte są gęstym białym nalotem. Larwy wysysają soki z igieł i pędów

powodując ich wyginanie się, a czasem zamieranie. Produkowana przez ochojnika spadź (ekskrekcje, rosa miodowa) jest zbierana przez owady melitofagi (mrówki, pszczoły, biedronki itp.).

Na 2-, 3-letnich sadzonkach jodły mogą występować:

- **Obiłka pędowa** (*Dreyfusia nordmanniana* Eckst.). Pokolenie letnie wysysa sok z igieł. Wyrządza szkody w szkółkach i młodnikach. Deformuje igły, powoduje uszkodzenia pędów, które ulegają skróceniu i zamierają oraz charakterystyczne „kędzierzawienie” igieł na młodych pędach.
- **Obiłka korowa** (*Dreyfusia piceae* Ratz.). Mszyca z rodziny smrekunowatych (*Adelgidae*). Monofag opanowujący jodłę. Występuje na cienkiej korze strzał, czasem atakuje igły, co prowadzi nawet do zamierania drzewek.

Na sadzonkach gatunków liściastych:

- **Włochatka klonowa czarna – mszyca klonowo-porzeczkowa** (*Periphyllus testudinaceus* Fern.). Owad należący do rzędu pluskwiaków równoskrzydłych (*Homoptera*) i nadrodziny mszyc (*Aphidoidea*). Brunatnoszare mszyce żyją w koloniach wzdłuż nerwów liści klonów. Powodują skręcanie się blaszki do wnętrza i jej przebarwienie na zgnięty kolor. Występuje bardzo często z następnymi gatunkami.
- **Włochatka klonowa żółta** (*Periphyllus aceris* L.). Powoduje przebarwienia (chlorotyczne plamy) i deformacje blaszki liściowej.
- **Zdobniczka (mszyca) jaworowa** (*Drepanosiphum platanoides* Schrank.) z rzędu pluskwiaków równoskrzydłych (*Homoptera*) i nadrodziny mszyc (*Aphidoidea*). W miejscach wysysania soków na dolnej stronie liści powstają pęcherzykowate uwypuklenia blaszek liściowych i inne deformacje.
- **Mszyca bukowo-liściowa** (*Phyllaphis fagi* L.) z rodziny mszycowatych (*Aphididae*). Żyje na liściach buka od stadium siewki. Larwy wylęgnięte z zimujących jaj atakują pączki, a także korzenie siewek i sadzonek. Latem mszyce, pokryte białą wełną woskową, wysysają soki z liści wzdłuż nerwów głównych. Liście skręcają się do środka i więdną. Generacja jednoroczna.
- **Miodownica dębówka** (*Lachnus roboris* L.). Pluskwiak równoskrzydły z nadrodziny mszyc (*Aphidoidea*), rodziny mszycowatych (*Aphididae*), długości 5,0 mm. Żyje w koloniach na młodych pędach. W miejscach, gdzie wysysa soki, powstają rakowate zgrubienia. Na bukach podobne uszkodzenia powoduje pokrewny gatunek – **mszyca bukowo-rakowa** (*Lachnus excicator* Alt.).
- **Miodówka olszowa** (*Psylla alni* L.O.). Pluskwiak równoskrzydły z podrzędu miodówek (*Psyllina*) i rodziny miodówkowatych (*Psyllidae*), o długości skrzydeł ponad 4,0 mm. Żeruje na dolnej stronie liści olch powodując tworzenie się wypukłych narośli wielkości ziarna żyta. Larwy żyją na nerwach głównych liści olszy czarnej, rosnących na pędach szczytowych.

- **Bawelnica porzeczkowa – mszyca wełnista** (*Eriosoma lanuginosum* Htg.). Pluskwiak równoskrzydły z nadrodziny mszycowych (*Aphidoidea*), rodziny bawelnicowatych (*Pemphigidae, Eriosomatidae*), długości do 1,5 mm, pokryty białą, woskową wydzieliną. Występuje od czerwca do sierpnia powodując powstawanie na liściach i pączkach szczytowych wiązków pustych, wewnątrz workowatych, galasów. Najbardziej podatny na tego typu uszkodzenia jest wiąz polny, najmniej – wiąz górski.
- Na wiązach występuje również: **bawelnica wiązowa** (*Eriosoma ulmi* L.), **bawelnica wiązowo-turzycowa – kogutnica wiązowa** (*Calopa compressa* Koch.), **torebnica wiązowa** (*Byrsocrypta, Tetraneur ulmi* L.).
- Na pędach i liściach topól soki wysysają: **mszyca topolowa korowa** (*Pterocomma populneum* Kalt.), **mszyca wierzbowo pniowa** (*Pterocomma salicis* L.), **przerostek skrętnik** (*Pemphigus spirothecae* Pass., Licht.), **przerostek torkowicz** (*Pemphigus bursarius* L.) i inne.

PIENIKOWATE (*Cercopidae*)

- **Pienik olszowiec** (*Aphrophora alni* Fall.). Owad długości 6,0–10,0 mm. Pojawia się w drugiej połowie czerwca i występuje na szkółkach oraz uprawach do połowy września. Żeruje na pędach, powodując powstawanie pierścieniowatych zgrubień, w miejscu których pędy łatwo się łamią. Zimują jaja. Wylęgające się w kwietniu–maju larwy wysysają soki pod osłoną białej, piankowatej otoczki. Gatunek wielożerny, oprócz wierzb żyje na: osicie, olszach, wiązach i roślinach zielnych.
- Podobnie żeruje **pienik wierzbowiec** (*Aphrophora salicina* Goeze.) i **kraśnanka owocowiec** (*Cercopis sanguinea* Geoffr.), często występujący masowo na młodych wierzbach, topolach i brzozech od maja do sierpnia.

Zasady zmniejszania szkód od owadów w szkółkach

Przed założeniem szkółki na terenach, gdzie mogą występować szkodniki korzeni oraz w szkółkach, gdzie już występują, zaleca się dezynsekcję gleby insektycydami na całej powierzchni lub w pasach. Należy również przestrzegać następujących zasad ogólnych, profilaktycznych.

1. Popierać początkowe, silne zwarcie sadzonek, uzyskiwane dzięki gęstym siewom.
2. Kwatery z gatunkami iglastymi na małych szkółkach podokapowych można okopywać rowkami, a w ramach zwalczania szkodników metodami integrowanymi należy stosować różne kombinacje metod mechanicznych, biologicznych, biotechnicznych i hylotechnicznych.

3. Wskazane jest zabezpieczanie chemiczne sadzonek przed żerami owadów jeszcze w szkółce, w okresie poprzedzającym wysadzenie ich na uprawy. Stosuje się moczenie nadziemnych części sadzonek w emulsjach wodnych środków ochrony roślin (najczęściej z grupy pyretroidów) lub opryskuje cieczą roboczą zaraz po wprowadzeniu na uprawę. W wypadku stosowania insektycydów doglebowych o działaniu systemicznym, sadzonka może być już zabezpieczona bezpośrednio w szkółce. Stosować należy wyłącznie środki ochrony roślin zarejestrowane do obrotu i stosowania w leśnictwie.
4. Coraz większego znaczenia nabiera również mikoryzowanie sadzonek przed ich wprowadzeniem na uprawy. Strzępki grzybów symbiotycznych, przeniesione na uprawę w systemie korzeniowym sadzonki, pozwalają na szybszą jej adaptację do nowych warunków życia i zmniejszają stres po przeniesieniu jej ze szkółki w najczęściej uboższe warunki bytowania.
5. Kontrole bieżące w szkółkach powinny być wykonywane od wczesnej wiosny do jesieni. Podczas lustracji kwater rejestruje się szkody od owadów, chorób infekcyjnych i kręgowców. Kontrole mają na celu określenie zagrożenia ze strony określonego sprawcy (lub zespołu sprawców) uszkodzeń. Należą do nich kontrole występowania:
 - zapędrczenia gleby;
 - ryjkowców (z wykorzystaniem: oceny wzrokowej, pułapek feromonowych czy naturalnych);
 - zwójek sosnowych, skośnika tuzinka i innych gatunków motyli (w wypadku ich masowych wystąpień może być prowadzona z wykorzystaniem metody oceny liczby uszkodzanych pączków i igieł oraz odłowu motyli do pułapek feromonowych z atraktantami płciowymi);
 - igłówki sosnowej i pryszczarków (z wykorzystaniem lepowanych plansz tekpolowych w kolorze żółtym na stojakach).
6. Propozycje postępowania dostosowane do specyfiki cyklu rozwojowego tych owadów, możliwości oddziaływać w zakresie hodowli oraz metod ochrony lasu zawierają Instrukcje Ochrony Lasu (z 1988 i 2004 roku).

Metody zwalczania, środki techniczne i środki ochrony roślin stosowane w ochronie szkółek gatunków iglastych są w zasadzie identyczne dla sosny, świerka, modrzewia, jodły i innych. Regulacja liczebności populacji szkodników owadzych powinna być prowadzona, w miarę możliwości, przy pełnym wykorzystaniu biologicznych metod podanych w opracowaniu. W stosunku do szkodników pierwotnych zalecane są metody biotechniczne (np. wykorzystanie pułapek feromonowych produkcji krajowej ZD „Chemipan” do odłowu motyli: IBL-1, PL-I i PL-II z feromonami, lub atraktantami płciowymi). W grupie biopreparatów zawierających kryształki białka bakterii glebowej *Bacillus thuringiensis*, stosowanych na młodsze stadia rozwojowe gąsienic mo-

tyli (szczególnie z rodzin zwójkowatych, miernikowcowatych, brudnicowatych, przedziorkowatych = barczatkowatych, zawisakowatych, sówkowatych i wielu innych), w leśnictwie dopuszczone do obrotu i stosowania są bioinsektycydy, np. Foray 04 EC (96 B).

Do inhibitorów syntezy chityny (biotechnicznych preparatów hormonalnych) dopuszczonych do stosowania w leśnictwie należą insektycydy o nazwach handlowych: Dimilin, Nomolt, Rimon i inne. Długa lista pyretroidów – kontaktowych środków ochrony roślin – podana jest corocznie w rozporządzeniu ministra rolnictwa i rozwoju wsi. Corocznie w IBL opracowywany jest wyciąg z tego opracowania pt.: „Środki ochrony roślin zalecane do stosowania w leśnictwie w roku ...”. Zabiegi ratownicze środkami chemicznymi należy wykonywać jako ostateczność na terenach otwartych szkółek, na siewki i sadzonki w tunelach oraz przed przeniesieniem ich na uprawy (przed złożeniem w przechowalniach – zimnych dołach). Do zabiegów może być wykorzystywana aparatura nawadniająca (deszczownie), opryskiwacze plecakowe (Sano, Solo, Arymitsu, Cifarelli i inne) lub opryskiwacze (w tym do drzewostanów wysokich) zawieszane na ciągnikach – Termit, L-105, L-142 z atomizerami.

P

Płodozmiany



WŁADYSŁAW BARZDAJN

Słowniczek

Odlóg – nieuprawiana powierzchnia gruntu (rola), która została porzucona i w ten sposób wyłączona z gospodarstwa. Odlóg jest ekonomicznym nieużytkiem.

Ugór – grunt (rola), na którym celowo i na ściśle określony czas zrezygnowano z podstawowej produkcji, aby przywrócić, utracone w wyniku uprawy, korzystne właściwości gleb; ugór może być czarny – poddany zabiegom uprawowym lub zajęty (zielony) – obsiany roślinami niebędącymi głównym celem produkcji; ugory są najczęściej planowym ogniwem płodozmianów.

Zmianowanie – kolejne następstwo roślin uprawianych na tym samym polu, uzasadnione przyrodniczo.

Płodozmian – jest celowym systemem zmianowania, zaplanowanym z góry na wiele lat i pól w taki sposób, aby uprawiane rośliny dobrze wykorzystywały potencjał gleb i by nie dopuścić do degradacji przestrzeni produkcyjnej; podstawową cechą każdego płodozmianu jest rotacja.

Rotacja – jest to pełny cykl płodozmianu, tzn. liczba lat potrzebnych do tego, aby wszystkie rośliny płodozmianu, uprawiane zgodnie ze zmianowaniem, przeszły przez to samo pole.

Zmęczenie gleby – spadek plonów (ilości i jakości produkcji) na skutek uprawiania roślin w monokulturze bez zmianowania; w wypadku uprawy roślin w bezglebowych substratach, występuje zmęczenie substratów.

Uzasadnienie stosowania płodozmianów w szkółkach leśnych

Zmianowanie w szkółkach leśnych nabrało znaczenia dopiero w chwili odstąpienia od produkcji leśnego materiału sadzeniowego w tzw. czasowych szkółkach gospodarczych i skoncentrowaniu produkcji w szkółkach stałych. Szkółki czasowe mają zwykle 3-, 4-letni żywot. Po tym okresie nasila się występowanie niekorzystnych zjawisk, obniżających ilość i jakość produkcji, określane nieprecyzyjnym terminem „zmęczenie gleby”. Gdy efektywność produkcji (jej ilość i jakość) zaczyna spadać, na szkółkę przeznaczona jest nowa „powierzchnię po świeżo usuniętym, a dobrze zwartym lub gęsto podszytym drzewostanie” [Tyszkiewicz, 1963]. Szkółki czasowe, prowadzone przez leśniczych „rewiowych”, mają zwykle powierzchnię nie większą niż kilkanaście arów. Na takiej powierzchni niekorzystnym zjawiskom łatwo jest przeciwdziałać, a w wypadku ich zaistnienia problem nie jest dokuczliwy. „Starzenie się” szkółek wiązano właśnie ze zmęczeniem gleby, zjawiskiem znanym od dawna w rolnictwie. Początkowo sądzono, że przyczyną zmęczenia gleby jest wyczerpywanie się zasobności w przyswajalne pokarmy mineralne. Problem rozwiązywano przez stosowanie bardzo wysokich dawek dobrego kompostu (7 m³ na ar), wyprodukowanego ze ściółki zgrabianej w otaczających szkółkę drzewostanach. Pozwalała ona eksploatować szkółkę przez następne 3, 4 lata. Dziś problem zasobności nie istnieje, bo nawozy przemysłowe są tanie i powszechnie dostępne, jednak zmęczenie gleby występuje nadal. Jest to zjawisko wieloaspektowe, ale wszystkie są związane z organizmami glebowymi i materią organiczną gleby. Jest ono skutkiem naruszenia równowagi biologicznej w biocenozach gleb uprawnych. Jednym z aspektów zmęczenia gleby jest zjawisko allelopatii, polegające na wydzielaniu przez rośliny do gleby substancji toksycznych dla swojego gatunku, a nieraz i dla innych. Do gatunków „autointolerantnych”, czyli wrażliwych na substancje wydzielane przez siebie, należą także sosna zwyczajna i dąb szypułkowy. Zjawisko allelopatii jest dobrze widoczne w warunkach laboratoryjnych [por. np.: Drogozewski i Barzdajn, 1984; Barzdajn, 1985; Jaworski, 1988; Łukaszewicz, 2002, 2006], jednak w naturze substancje toksyczne często występują w minimalnych stężeniach, podlegają sorpcji oraz rozkładowi mikrobiologicznemu i dlatego rola ekologiczna allelopatii nie jest łatwa do udowodnienia [Wójcik-Wojtkowiak i in., 1998]. Kolejną przyczyną zmęczenia gleb jest nagromadzenie się chorób i szkodników uprawianej w monokulturze rośliny, albo jej symbiontów. Np. rośliny motylkowate nie mogą być uprawiane po sobie ze względu na nagromadzenie się bakteriofagów bakterii symbiotycznych z rodzaju *Rhizobium*. W szkółkach leśnych istotnym zagrożeniem dla produkcji siewek i podstawowym objawem zmęczenia gleby są choroby obejmowane zbioro-

wą nazwą „pasożytnicza zgorzel siewek”, co może świadczyć o zaniku gatunków grzybów z grupy saprobiontów czy grzybów mikoryzowych. Inną przyczyną zmęczenia może być nagromadzenie szkodliwych nicieni i innych organizmów zwierzęcych. Jedną z podstawowych metod walki ze zmęczeniem gleby jest zmiana uprawianej rośliny, czyli zmianowanie.

Rolnictwo od dawna stosuje celowe, przemyślane systemy zmianowania, czyli płodozmiany. Sztuka układania płodozmianów rozwijała się szczególnie intensywnie w XIX i XX wieku. O zalecanym następstwie roślin decydowały: wymagania dotyczące nawożenia i dobre wykorzystanie zawsze brakującego obornika, jakość stanowiska dla rośliny następczej, odbudowa lub wykorzystanie struktury gleby oraz względy organizacyjne i rynkowe. Dziś, w okresie zaniku rolnictwa i pojawienia się agrobiznesu nastawionego na uprawę wyłącznie roślin dających duże doraźne dochody, stosuje się bardzo uproszczone zmianowanie, zwane eufemistycznie „płodozmianem dowolnym” [Chroboczek i Skąpski, 1984]. W tym „płodozmianie” następstwo roślin i tak nie może być całkowicie dowolne, a obniżkom plonów przeciwdziała się intensywnym nawożeniem, ochroną fizyczną i chemiczną (w tym dezynfekcją gleb i substratów) oraz deszczowaniem.

Szkółkarstwo leśne nie dopracowało się swoich własnych, dojrzałych systemów zmianowania (płodozmianów). Ze zjawiskiem zmęczenia gleby spotkało się stosunkowo niedawno. Zalecane postępowanie wciąż ma charakter intuicyjny i tylko częściowo ma oparcie w wynikach nielicznych badań naukowych [np. Gorzelak, Łukaszewicz, 1998; Łukaszewicz i Duda 2002]. Konstrukcja płodozmianów szkółkarskich jest trudniejsza niż płodozmianów rolniczych, gdyż asortyment uprawianych roślin jest ubogi, uprawa siewek drzew i krzewów leśnych w zasadzie przyczynia się do niszczenia struktury gleby i gwałtownego ubytku próchnicy, a w szkółkach nie uprawia się roślin na paszę (mieszanki traw z motylkowatymi odbudowują zapasy próchnicy i strukturę gleby). Uprawa młodocianych roślin leśnych musi być więc przerywana uprawą roślin nieleśnych, których szkółka nie może dobrze wykorzystać, i która jest elementem kosztów. Uprawa tych roślin może przerwać nagromadzanie się w edafonie organizmów szkodliwych i chorobotwórczych, ale też przyczynia się do zaniku edafonu leśnego. Nawet po ułożeniu dobrego płodozmianu jego stosowanie będzie zakłócanie zmieniającym się zapotrzebowaniem na sadzonki różnych gatunków i asortymentów, latami nasienymi, zmianami organizacyjnymi, a nawet koniunkturą na drewno.

Plodozmiany stosowane w szkółkach Lasów Państwowych

Zmianowanie upraw w szkółkach ma cechy plodozmianów, chociaż ich wpływ na fizyczne, chemiczne i biologiczne właściwości gleb szkółek nie jest dostatecznie rozpoznany. W szczególności nie ma informacji o dynamice ilości i formach próchnicy oraz kształtowaniu się edafonu, którego skład i stosunki ilościowe mają decydujący wpływ na produkcję sadzonek roślin drzewiastych. Poniżej w tabelach 38–42 przedstawiono oficjalnie zalecane plodozmiany (Anonim).

Zaleceń tych nie można zostawić bez komentarza. Nie uwzględniają one systemu nawożenia organicznego i wyłączają z produkcji szkółkarskiej 25–50% powierzchni produkcyjnej, są więc kosztowne. Na kwaterach oznaczonych „sadzonki” nic nie wiemy o ich przynależności gatunkowej, czy powinny się tam znajdować iglaste, czy może liściaste, produkowane jako jednolatki czy wielolatki, nieszkółkowane czy może przesadki itd. Niewiele jest

Tabela 38.
Plodozmian czteropolowy, tzn. z rotacją czteroletnią

| Rok | Kwaterna | | | |
|-----|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | I | II | III | IV |
| 1 | sadzonki | sadzonki | ugór zielony | ugór czarny |
| 2 | sadzonki | ugór zielony | ugór czarny | sadzonki |
| 3 | ugór zielony | ugór czarny | sadzonki | sadzonki |
| 4 | ugór czarny | sadzonki | sadzonki | ugór zielony |

W tym plodozmianie tylko połowa powierzchni produkcyjnej wykorzystana jest do produkcji sadzonek

Tabela 39.
Plodozmian pięciopolowy, tzn. z rotacją pięcioletnią

| Rok | Kwaterna | | | | |
|-----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | I | II | III | IV | V |
| 1 | sadzonki | sadzonki | sadzonki | ugór zielony | ugór czarny |
| 2 | sadzonki | sadzonki | ugór zielony | ugór czarny | sadzonki |
| 3 | sadzonki | ugór zielony | ugór czarny | sadzonki | sadzonki |
| 4 | ugór zielony | ugór czarny | sadzonki | sadzonki | sadzonki |
| 5 | ugór czarny | sadzonki | sadzonki | sadzonki | ugór zielony |

W tym plodozmianie jest wykorzystane 60% powierzchni produkcyjnej

Tabela 40.
Płodozmian trójpolewy, tzn.
z rotacją trzyletnią

| Rok | Kwaterna | | |
|--|--------------|--------------|--------------|
| | I | II | III |
| 1 | sadzonki | sadzonki | ugór zielony |
| 2 | sadzonki | ugór zielony | sadzonki |
| 3 | ugór zielony | sadzonki | sadzonki |
| W tym płodozmianie jest wykorzystane 67% powierzchni produkcyjnej | | | |

Tabela 41.
Płodozmian czterepolewy z rotacją
czteroletnią

| Rok | Kwaterna | | | |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | I | II | III | IV |
| 1 | sadzonki | sadzonki | sadzonki | ugór zielony |
| 2 | sadzonki | sadzonki | ugór zielony | sadzonki |
| 3 | sadzonki | ugór zielony | sadzonki | sadzonki |
| 4 | ugór zielony | sadzonki | sadzonki | sadzonki |
| W tym płodozmianie jest wykorzystane 75% powierzchni produkcyjnej | | | | |

Tabela 42.
Płodozmian sześciopolewy, tzn. z rotacją sześcioletnią

| Rok | Kwaterna | | | | | |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | I | II | III | IV | V | VI |
| 1 | sadzonki | sadzonki | sadzonki | sadzonki | ugór zielony | ugór czarny |
| 2 | sadzonki | sadzonki | sadzonki | ugór zielony | ugór czarny | sadzonki |
| 3 | sadzonki | sadzonki | ugór zielony | ugór czarny | sadzonki | sadzonki |
| 4 | sadzonki | ugór zielony | ugór czarny | sadzonki | sadzonki | sadzonki |
| 5 | ugór zielony | ugór czarny | sadzonki | sadzonki | sadzonki | sadzonki |
| 6 | ugór czarny | sadzonki | sadzonki | sadzonki | sadzonki | ugór zielony |
| W płodozmianie jest wykorzystane 67% powierzchni produkcyjnej | | | | | | |

informacji bądź o korzystnym, bądź niekorzystnym następstwie gatunków, dlatego uproszczenia autorów wytycznych są uzasadnione, ale tylko tymczasowo. W celu redukcji kosztów ugory zielone powinny produkować towar na sprzedaż (np. owies, nasiona łubinu, gorczyca, facelii itp.) i koniecznie masę roślinną do kompostowania, a nie tylko masę roślinną do przyorania. Ugory czarne już dawno zostały uznane przez rolnictwo za rozrzutność i przeżytek. Jedynym uzasadnieniem ich stosowania jest walka z uporczywym zachwaszczeniem, którego nie powinno być, a już na pewno nie można go planować. Dobrze zwarty łań roślin zielonego ugoru także walczy z chwastami. Czasami pojawia się konieczność zastosowania czarnego ugoru, ale na pewno poza zmianowaniem. Jego szkodliwość polega nie tylko na wyłączeniu kwater z produkcji, ale także na powodowaniu gwałtownego rozkładu gle-

bowej materii organicznej na skutek ciągłego stosowania uprawek odchwaszczających. Dlatego stosowanie czarnego ugoru po ugorze zielonym należy uznać za zdumiewające. Zielony ugór dostarcza glebie masy organicznej, która zostaje całkowicie rozłożona w następnym sezonie, jako skutek ciągłego napowietrzania gleby przez uprawki.

Dobre rady:

Jak już wspomniano, zielony ugór powinien dostarczać dodatkowych przychodów, masy organicznej do kompostowania oraz masy organicznej do przyorania. Można to osiągnąć, jeśli kwatery ugorowane będzie obsiana dwukrotnie: pierwszy raz wczesną wiosną i drugi do połowy sierpnia. Plon główny może dostarczyć ziarna na własne potrzeby lub sprzedaż i słomy do kompostowania, poplon dostarczy masy do przyorania. Postępowanie takie złagodzi problemy z produkcją własnych kompostów. Nie naruszając cytowanych wytycznych oraz wytycznych nawożenia szkółek można zaproponować, aby w czteroletniej rotacji wystąpiło dwukrotnie nawożenie organiczne gleb według poniższych lub podobnych schematów:

Schemat I

1. Rośliny na ziarno i słomę (owies, gorczyca, łubin) + poplon na przyoranie (gorczyca, peluszką).
2. Przesadki.
3. Siewki na kompoście.
4. Siewki.

Schemat II

1. Rośliny na ziarno i słomę (owies, gorczyca, łubin) + poplon na przyoranie (gorczyca, peluszką).
2. Siewki.
3. Dwulatki lub siewki (kompost doglebowo lub pogłównie).
4. Dwulatki lub siewki.

Przy takim postępowaniu nawożenie organiczne jest schematyczne, co pozwala na spokojne planowanie produkcji kompostu, gdyż z góry jest znane zapotrzebowanie. Corocznie otrzyma go 25% powierzchni produkcyjnej, każda kwatery co cztery lata.

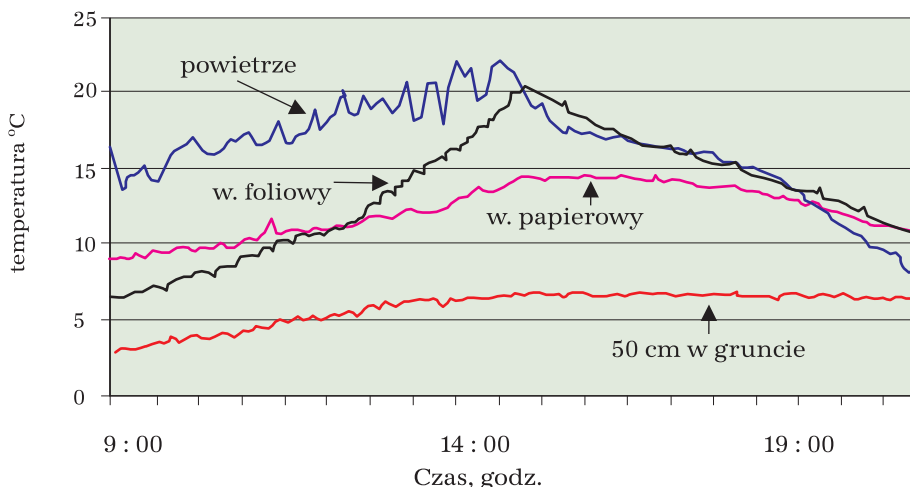
Propozycje te wymagają weryfikacji, pomimo tego, że nie naruszają dziś obowiązujących wytycznych.

Przechowywanie sadzonek od ich wyjęcia w szkółce do wysadzenia na uprawie

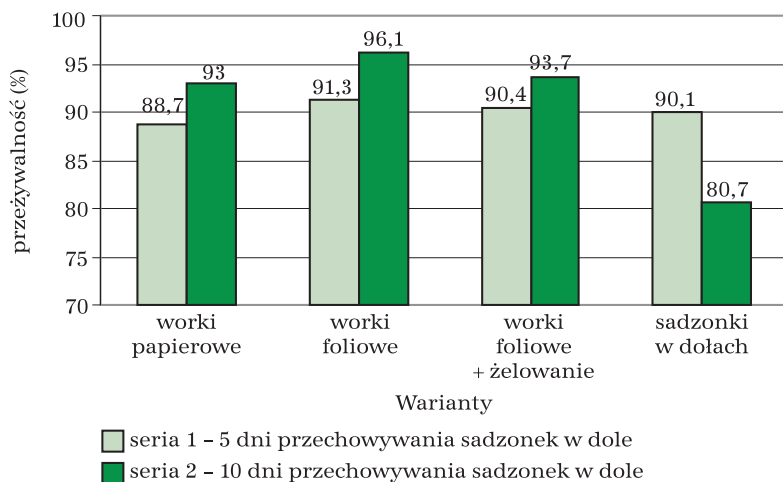
WOJCIECH WESOŁY

O żywotności wysadzanych sadzonek decyduje nie tylko sposób produkcji w szkółce, ale również sposób postępowania z nimi (ang. handling history) od wyjęcia do wysadzenia na uprawie [McKay, 1997]. Sadzonki po wyjęciu z kwatery szkółki podlegają działaniu czynników zewnętrznych, takich jak przesuszanie korzeni, nagłe skoki temperatury czy mechaniczne uszkodzenia przy transporcie i dołowaniu [Landis, Haase, 2008]. Stres, który działa na sadzonki w okresie przed ich wysadzeniem, może znacząco obniżyć ich żywotność. W przypadku sadzonek gatunków iglastych (wyłączając modrzew) zagrożenia są większe ze względu na stale funkcjonujący aparat asymilacyjny [Balneaves, Menzies, 1988].

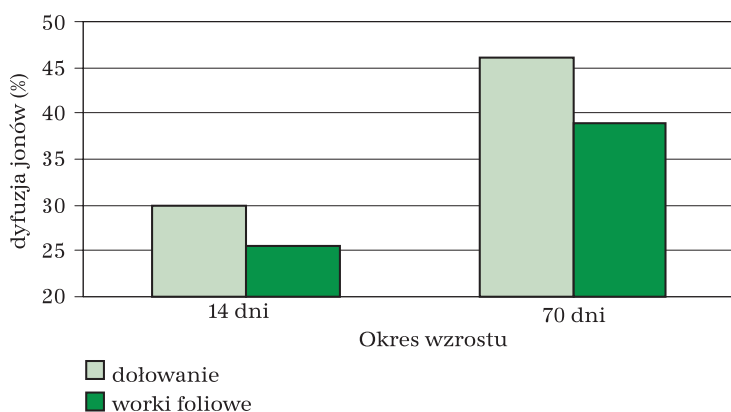
Dotychczasowe wyniki badań przeprowadzone w Katedrze Hodowli Lasu Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu [Wesoły i in., 1998] wyraźnie wskazują na istotną zależność między żywotnością sadzonek, określaną poprzez pomiar admitancji, a ich możliwością przeżycia, często w trudnych wa-



Ryc. 141. Wpływ przechowywania sadzonek w workach papierowych i foliowych oraz w dole na sadzonki na temperaturę przechowywania mierzoną przy korzeniach sadzonek



Ryc. 142. Procentowa przeżywalność sadzonek sosny 2/0 w pierwszym sezonie



Ryc. 143. Żywotność sadzonek sosny przetrzymywanych przez 12 dni od momentu wyjęcia w szkółce do posadzenia na uprawie (wyższy słupek oznacza niższą żywotność). Pomiar wykonano w 14. i 70. dniu po wysadzeniu na uprawie

runkach uprawy. Wyższe wartości admitancji wskazują na lepszą udatność uprawy.

Krótkotrwałe przechowywanie sadzonek w workach, od ich wyjęcia w szkółce do wysadzenia na uprawie, zabezpiecza je przede wszystkim przed przesuszeniem korzeni. Worki są jednocześnie dobrym opakowaniem do transportu sadzonek. Zdecydowanie korzystniejszymi parametrami użytkowymi cechują się worki papierowe, które w znacznym stopniu ograniczają wpływ wysokiej temperatury powietrza, często występującej w okresie sadzenia. Sadzonki w workach mogą znosić okresowo, bez większego wpływu na

ich żywotność, nawet bardzo wysoką temperaturę (ryc. 141). Sadzonki w workach mogą być wystawiane bezpośrednio na powierzchni odnowieniowej, bez dodatkowych zabezpieczeń. Należy stosować worki papierowe, składające się z trzech warstw papieru, przy czym wewnętrzna jego warstwa powinna być woskowana. Optymalne wymiary worka to: 120×80 cm przy 30 cm szerokości podstawy. Worki krajowej produkcji, wykorzystywane dotychczas, mają mniejsze wymiary.

Wyjmowane ze szkółki sadzonki, po ich selekcji, należy wiązać po 50 sztuk (w przypadku większych sadzonek gatunków liściastych po 25 sztuk). Do worka o optymalnych wymiarach wkładamy 6 wiązanek gatunków iglastych (300 sztuk) lub 150 sztuk sadzonek gatunków liściastych. Nie dopuszcza się moczenia korzeni w wodzie przed zapakowaniem sadzonek. Po zapakowaniu sadzonek worek zawiązujemy. W przypadku wysokich sadzonek zezwala się na wystawianie części pędów z zawiązanego worka.

Możliwe jest stosowanie tańszych worków foliowych. Nie zabezpieczają one jednak przed znacznym nagrzewaniem się przechowywanych sadzonek w wyższej temperaturze lub przy czasowej bezpośredniej insolacji. W wyniku takiego przechowywania sadzonki często są poddane stresowi fizjologicznemu, co negatywnie wpływa na udatność uprawy.

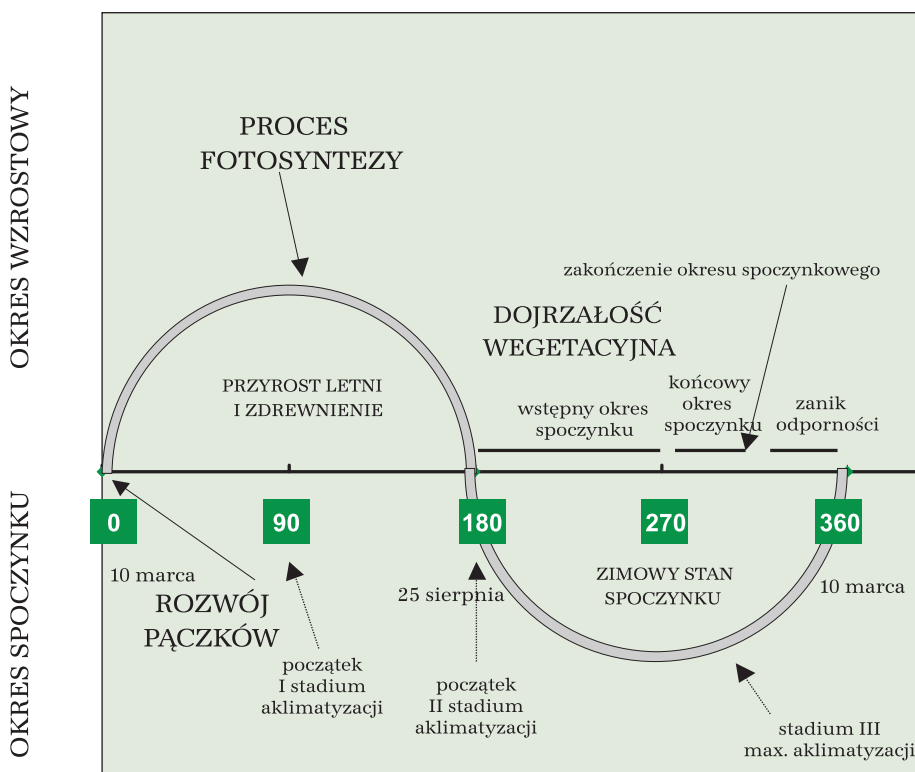
Umieszczenie sadzonek w workach jest szczególnie zalecane w wypadku przechowywania przy uprawie trwającego powyżej 5–6 dni. W warunkach tradycyjnego dołowania, dłuższego niż 5–6 dni, zawsze występuje obniżenie żywotności sadzonek (ryc. 142). Dodatkową konsekwencją dołowania jest utrata drobnych korzeni włóśnikowych, urywanych przy wyjmowaniu sadzonek z dołu. Obserwowano mniejszą udatność uprawy (ryc. 143) sadzonek dołowanych w stosunku do sadzonek przechowywanych w workach.

W wypadku planowania umieszczenia sadzonek w workach, ich korzeni nie należy żelować. Jednoczesne żelowanie i przechowywanie sadzonek w workach nie zwiększyło ich przeżywalności na uprawie (ryc. 143), negatywnie natomiast wpłynęło na trwałość worka papierowego.

Przechowywanie sadzonek przez zimę

WOJCIECH WESOŁY, MARIA HAUKE, STEFAN TARASIUK, WIOLETTA HOFFMAN

Efekt końcowy produkcji szkółkarskiej jest zależny od coraz częściej pojawiających się anomalii pogodowych i bardzo zmiennych warunków zimowania sadzonek drzew leśnych w szkółkach. Sadzonki przystosowują się do warunków zimowych już od końca sierpnia [Green i Fuchgami, 1985]. Przedstawiony przez autorów model wzrostu (GS model - ryc. 144) ilustruje w sposób dynamiczny stadia rozwoju pędów sadzonek drzew rosnących w umiarkowanej strefie klimatycznej. Stopnie od 0° do 360° GS nie są dokładnie skorelowane z dniami w roku i konkretną datą. Aklimatyzacja sadzonek do warunków



Ryc. 144. Model przedstawiający stadia rozwojowe u sadzonek gatunków drzewiastych w umiarkowanej strefie klimatycznej [za Green i Fuchigami, 1985]

zimowych od 180° do 270° GS, kiedy są w pełni odporne na trudne warunki zimowania, przebiega bez zakłóceń, gdy następuje stopniowy wzrost tolerancji na obniżenie temperatury. Występowanie niewielkich przymrozków wczesnych w nocy, przy stosunkowo wyższej temperaturze w dzień pozwala na fizjologicznie lepsze przystosowanie sadzonek do zimowania [Weiser, 1970].

Odporność roślin drzewiastych na zamarzanie jest kompleksowym, bogatym w biochemiczne i biofizyczne zmiany zjawiskiem, uwarunkowanym genetycznie. Wyróżnia się trzy fazy nabywania przez rośliny drzewiaste tolerancji na obniżoną temperaturę [Siminowitch, 1967]. W pierwszej fazie obserwuje się intensywne zmiany biochemiczne tkanek, wzrasta w nich zawartość cukrów, białek i związków lipidowych. Następnie zachodzi druga faza hartowania, wywołana temperaturą poniżej 0°C (może być również indukowana przez stres wodny). Faza ta charakteryzuje się przewagą zmian fizycznych nad biochemicznymi w tkankach roślin. Zmiany w błonach prowadzą do wzrostu przepuszczalności wody i cząstek polarnych. Równocześnie rośnie zawartość wody związanej. Trzecią fazę hartowania indukuje temperatura poniżej -20°C i jest głównie zjawiskiem fizycznym. Obserwuje się ją u odpornych gatunków drzewiastych, u których następuje znaczne obniżenie uwodnienia tkanek. Systemy korzeniowe sadzonek naszych gatunków drzewiastych nie mają zdolności do hartowania porównywalnego do części nadziemnych [Colombo i in., 1995] i są w stanie zahartować się tylko do temperatury -14°C. Korzenie sadzonek dębów wytrzymują temperaturę do -10°C. Śmierć korzeni następuje już przy pierwszej egzotermie [Pukacki, 1989]. Działanie mrozu prowadzi do obniżenia temperatury w tkankach korzenia. Woda zawarta w komórkach przechodzi w formę kryształów, natomiast substancje rozpuszczone w cytoplazmie ulegają zagęszczeniu. Kryształy lodu tworzą się w przestworach międzykomórkowych. Zdarza się, że narastające kryształy lodu mechanicznie uszkadzają struktury komórkowe. Z kolei zbyt długie działanie mrozu może doprowadzić do tak dalekiego odwodnienia komórki, że zagęszczone składniki cytoplazmy zaczynają się wytrącać, następuje wypadanie jonów, wysalanie białek, zmiana pH i wiele innych niekorzystnych zjawisk, powodujących śmierć sadzonki.

Wśród szkółkarzy często pada pytanie: jak uniknąć strat związanych z wymarzeniem sadzonek? Szuka się więc metod zabezpieczających przed ewentualnymi stratami w okresie zimowania materiału sadzeniowego. Najprostszym rozwiązaniem byłoby wysadzenie siewek i sadzonek już jesienią. Jesienne sadzenie jest jednak bardzo dalekie od tradycyjnego spojrzenia leśnika na termin odnowienia czy zalesienia i nie należy przewidywać, że zmienimy w najbliższych latach w większej skali wiosenny termin sadzenia na jesienią. Decydować o tym będą przede wszystkim wciąż nierozpoznane do końca najlepsze terminy jesienniego sadzenia różnych gatunków. Rozwiązaniem może być przechowywanie części materiału szkółkarskiego przez zimę po-

za kwaterą produkcyjną. Jest to także jednym z elementów prawidłowej organizacji pracy. Warunkuje płynne wykonywanie zadań w szkółce oraz przy zalesieniach i odnowieniach. Przechowywanie pozwala także na rozładowanie wiosennego natężenia prac, gdyż zmniejsza wzajemną zależność terminów wykonywania prac związanych z wydawaniem sadzonek w szkółce i odbioru sadzonek ze szkółki.

Przechowywanie materiału sadzeniowego w chłodniach

Materiał sadzeniowy możemy przechowywać w chłodni z regulacją temperatury i wilgotności powietrza. W takich obiektach możliwe jest przetrzymywanie sadzonek w okresie wiosennym i zimowo-wiosennym z niewielkim ryzykiem ich deprecjacji. W kraju tylko nieliczne szkółki wyposażone są w chłodnie z regulacją temperatury. Wiąże się to ze względami ekonomicznymi, wynikającymi z relacji kosztów budowy i eksploatacji chłodni do ceny sadzonek.

Chłodnia do sadzonek powinna mieć powierzchnię pozwalającą na magazynowanie przynajmniej części (szczególnie gatunków najbardziej wrażliwych na przemarzanie) produkcji zimującej w szkółce oraz być wyposażona w aparaturę do utrzymywania i monitorowania warunków panujących w jej wnętrzu. Szczególnie ważna jest temperatura, która jednocześnie musi umożliwić utrzymanie sadzonek w fazie spoczynku, a jednocześnie nie powodować przemarzania i nie dopuszczać do rozwoju patogenów.

Przechowywanie sadzonek gatunków liściastych produkowanych w szkółkach kontenerowych

- **Podjęcie decyzji o przechowywaniu.** Z uwagi na ograniczone możliwości przechowywania dużej liczby sadzonek w chłodniach, decyzja o przechowywaniu będzie dotyczyła każdorazowo sadzonek gatunków liściastych, mniej odpornych na długotrwałe przemarzanie w bezśnieżne zimy. Dysponując obecnie 80–90% trafnymi prognozami temperatury, szkółkarz powinien organizacyjnie być przygotowany do przetrzymywania sadzonek możliwie długo w szkółce i zaczynać przechowywanie materiału możliwie najlepiej naturalnie przygotowanego (hartowanego) do zimowania. Długie przetrzymywanie w szkółce będzie umożliwiało wstawianie sadzonek do chłodni z mniejszą liczbą utrzymujących się na pędach liści. Doświad-

czenia prowadzone w Katedrze Hodowli Lasu UP w Poznaniu wykazały, że można przechowywać sadzonki dębów i buka z liśćmi lub pozostałościami liści na sadzonkach oraz substracie, co – przy utrzymywaniu właściwej temperatury w chłodni – nie powoduje chorób grzybowych.

- **Przechowywanie w pudłach kartonowych.** Przechowywanie sadzonek kontenerowych jest możliwe po wyjęciu ich z kaset i umieszczeniu w pudłach kartonowych. W Szwecji wykorzystuje się różne modele opakowań wykonanych z tektury powleczonej cienką warstwą parafiny lub folii. Zarówno skład materiałowy tektury, jak i budowa opakowań są wynikiem wielu lat prób i doświadczeń. Typ pudła pomyślany został zarówno jako opakowanie do przechowywania (ryc. 145), jak i skrzynka do przenoszenia sadzonek podczas sadzenia w uprawie. Pudła kartonowe powinny spełniać następujące warunki:

- nie zmieniać swojego kształtu po nałożeniu kilku kartonów jeden na drugi,
- zachować swój kształt w okresie zimowego przechowywania przy utrzymywaniu w chłodni wilgotności względnej powyżej 96%,
- utrzymywać względną absorpcję wchłanianej przez karton wody na poziomie około 40%,
- w okresie przechowywania na ściankach kartonu nie może tworzyć się pleśń.

Obecnie dostępne na rynku tektury szwedzkie charakteryzują się odpornością na wchłanianie wody – względna absorpcja wody wynosi około 40%. Są wykonane z dobrych jakościowo papierów, nasączone środkiem wodoutrwalającym i gwarantują utrzymanie odpowiednich właściwości wytrzymałościowych w różnych warunkach. Szczegółowe opracowanie znajduje się w publikacji Hauke i inni [2007].



Ryc. 145. Pudło kartonowe do przechowywania sadzonek produkcji szwedzkiej

Sadzonki układamy w kartonach w taki sposób, żeby bryłki substratu ściśle przylegały do siebie.

- **Sposób ustawiania kartonów w chłodni.** Najlepiej byłoby umieszczać kartony w specjalnych, niezależnych stelażach. Zastosowanie możliwych do przesunięcia przez wózek widłowy stelaży z kartonami pozwala na łatwiejsze ustawianie kartonów i, po zawinięciu ich folią, przetransportowanie do chłodni. Gdy nie ma specjalnych stelaży, kartony bezwzględnie należy umieszczać na paletach. Chcąc wykorzystać pomieszczenie chłodni, musimy ustawiać kartony jeden na drugim. Stelaże (lub palety) z sadzonkami w pudłach kartonowych ustawiamy w sposób umożliwiający możliwie równomierny nawiew chłodnego powietrza w całej chłodni z agregatu chłodzącego. W wypadku umieszczenia w chłodni mniejszej liczby pudeł kartonowych, ustawiamy je możliwie blisko siebie tak, aby sadzonki miały podobną temperaturę chłodzenia. Istnieje tzw. efekt brzegowy sadzonek w chłodni, polegający na tym, że sadzonki przechowywane przy brzegach kartonu mają po zakończeniu przechowywania, w stosunku do sadzonek w jego środku, obniżoną żywotność. Dzieje się tak w wypadku przechowywania małej liczby pudeł kartonowych. Należy się liczyć z sytuacją odwrotną w przypadku maksymalnego wypełnienia chłodni i tym samym różnym w niej rozkładem temperatury.
- **Warunki przechowywania.** Doświadczenia szwedzkich szkółkarzy, w większości na podstawie przechowywania sadzonek świerka pospolitego, wskazują jako optymalną do przechowywania gatunków iglastych w pudłach kartonowych temperaturę -4°C , a bez pudeł -1°C . Optymalna temperatura przechowywania sadzonek przez zimę w chłodniach dla większości gatunków wynosi od -1 do -3°C . Możliwości techniczne pozwalają na ustawienie temperatury z dokładnością do $0,5^{\circ}\text{C}$. Utrzymywanie temperatury -1°C do 0°C w chłodni skutkuje temperaturą $+1, +2^{\circ}\text{C}$ w kartonie. W wypadku szczelnego ustawienia kartonów w chłodni lub złej cyrkulacji w niej powietrza, temperatura w kartonach wzrasta do $+4^{\circ}\text{C}$ przy utrzymywaniu -1°C w chłodni. Z tego powodu, przy małej liczbie pudeł kartonowych należy ustawić temperaturę na -2°C . W wypadku natomiast znacznego wypełnienia chłodni pudłami kartonowymi lepiej jest obniżyć temperaturę do -3°C .

Równocześnie należy pamiętać o zabezpieczeniu roślin przed wysychaniem przez zapewnienie wysokiej wilgotności względnej powietrza (co najmniej 95%) lub użycie opakowań – pudeł kartonowych czy worków, które pozwalają przez cały okres zimy utrzymać wilgotność korzeni w granicach 98%. Szczególnie istotne jest to przy przechowywaniu gatunków iglastych, które są bardziej narażone na utratę wody ze względu na dużą powierzchnię parowania. Wymagają one szczególnie wysokiej wilgotności. W praktyce sadzonki kontenerowe pakowane są w pudła, których rozmiary do-



Ryc. 146. Kartony w chłodni

stosowane są do wielkości sadzonek i przyjętego sposobu składowania. Dodatkową ochroną jest owijanie folią, ułożonych na paletach, pudeł kartonowych (ryc. 146). Zabezpieczenie folią musi umożliwiać wymianę gazową, gdyż nadmiar dwutlenku węgla może niekorzystnie wpływać na sadzonki. Dlatego osłaniając nią pudła, pozostawia się niezabezpieczone jego dno i górę lub używa folii perforowanej.

Przy projektowaniu nowej chłodni należy zwrócić szczególną uwagę na cyrkulację w niej powietrza przy ustawieniu maksymalnej liczby kartonów. Sposób cyrkulacji z jednej strony powinien zabezpieczać najbliższej stojące kartony przed nadmiernym działaniem wentylatorów (w kartonach są otwory), a jednocześnie zapewniać równomierną cyrkulację powietrza wokół pojemników wypełniających pomieszczenie chłodni. Optymalny byłby stały elektroniczny monitoring temperatury w wybranych różnych częściach chłodni przy kartonach.

Przy pierwszym przechowywaniu i braku możliwości elektronicznego pomiaru w różnych częściach chłodni, konieczne jest rozmieszczenie termometrów w kilku miejscach, na przynajmniej trzech poziomach, w celu sprawdzenia równomierności rozkładu temperatury po jej wypełnieniu sadzonkami. Umiejętność właściwego ustawienia kartonów w wypadku maksymalnego zapakowania chłodni będzie decydowała o żywotności sadzonek po ich przechowywaniu przez zimę.

Po rozpoczęciu procesu przechowywania temperatura w całym pomieszczeniu chłodni będzie w miarę równomierna po około 2-3 tygodniach od jej zamknięcia i ustawienia temperatury chłodzenia. Dopiero po tym okresie można będzie sprawdzać, poprzez rozmieszczenie termometrów, rozkład temperatury w pomieszczeniu. Należy możliwie jak najrzadziej otwierać chłodnię i po okresie sprawdzenia temperatury oraz

ewentualnej korekcie ustawienia pudeł kartonowych, starać się możliwie jak najmniej otwierać chłodnię do wiosny. Szczególnie w pierwszym miesiącu przechowywania, kiedy następuje etap schłodzenia sadzonek, otwieranie chłodni zakłóca przebieg chłodzenia i powoduje - możliwą do zmierzenia - reakcję sadzonek umieszczonych w pudłach w pobliżu drzwi. **Uwaga:** Szczególnie niebezpieczne jest, nawet krótkotrwale, przegrzanie (temp. $> +5^{\circ}\text{C}$) sadzonek w kartonie, co powoduje gwałtowne zwiększanie się zagrożenia ze strony patogenów grzybowych.

Dobre rady:

W przypadku przechowywania małej liczby sadzonek, konieczne jest sprawdzenie w okresie zimy stopnia wilgotności w pomieszczeniu chłodni. Gdy wilgotność względna obniży się, należy zwilżyć podłogę chłodni.

- **Wyjęcie sadzonek z chłodni.** Nagłe stresowe działanie wysoką temperaturą obniża żywotność sadzonek. Z tego powodu przejście z sadzonkami z minusowej temperatury chłodzenia do temperatury otoczenia powinno być stopniowe. Każda chłodnia powinna mieć dodatkowe, zamknięte pomieszczenie bezpośrednio przed drzwiami chłodni, co zabezpieczy sadzonki przed gwałtownymi skokami temperatury. Jeżeli natomiast decydujemy się wyjąć jednorazowo całą partię przechowywanych sadzonek, to wyłączamy chłodzenie na 3 doby przed jej wyjęciem. Jeżeli temperatura w pomieszczeniu bezpośrednio przylegającym do chłodni nie przekracza $+16^{\circ}\text{C}$, to otwieramy również drzwi chłodni. Optymalna temperatura w pomieszczeniu przy chłodni powinna wynosić $9-10^{\circ}\text{C}$. W przypadku przerwania zimowego spoczynku mniejszej partii sadzonek, wyjmujemy pudła kartonowe z sadzonkami z chłodni i pozostawiamy je w zamkniętym pomieszczeniu przy chłodni przez 3 doby. Jeżeli na zewnątrz jest temperatura powyżej 19°C , okres przetrzymywania w zamkniętym pomieszczeniu przy chłodni przedłużamy o 1 dobę, otwierając jednocześnie drzwi pomieszczenia w celu stopniowego zwiększenia temperatury przy korzeniach sadzonek.

Przechowywanie w chłodniach sadzonek z odkrytym systemem korzeniowym

- **Jakie gatunki przechowywać?** W zasadzie można przechowywać sadzonki 1-letnie i starsze wszystkich podstawowych gatunków drzewiastych.

Zmienna temperatura późną jesienią i wczesną wiosną w szkółce sprawia, że często sadzonki przechowywane przez zimę w chłodni – w stosunku do przetrzymywanych na kwaterze w szkółce i potem gwałtownie wyjmowanych, aby zdążyć przed ich wiosennym pędzeniem – zachowują większą żywotność. Sadzonki sosny zwyczajnej w porównaniu z innymi krajowymi gatunkami drzewiastymi należą do najtrudniejszych w długoterminowym przechowywaniu. Ich przechowywanie utrudnia duży aparat asymilacyjny i wyraźnie zaznaczona aktywność mitotyczna merystemów korzeniowych, nieustępująca w miesiącach zimowych. Decydująca jest jednak duża produkcja sadzonek sosny w wielu nadleśnictwach, która pozwoliłaby tylko na częściowe ich przechowywanie przez zimę w chłodniach. Przede wszystkim z tych względów sosnę pozostawia się przez zimę na kwaterach produkcyjnych. W wypadku modrzewia czy sadzonek olszy przechowanie ich przez zimę w chłodni jest bardzo celowe, gdyż pozwala na sadzenie wiosną bez ryzyka rozpoczęcia przez nie wegetacji. Bardzo pożądanym jest przechowywanie przez zimę w chłodniach sadzonek dębów. Są to gatunki bardzo wrażliwe na gwałtowne spadki temperatury po okresach ocieplenia. Sadzonki szczególnie narażone są na zmarznięcie korzeni przy cieplej jesieni i następnie gwałtownym, długotrwałym obniżeniu temperatury do -10°C i niżej. W okresie zimy korzenie marzną, nawet na otwartych kwaterach, przy długotrwałym obniżeniu temperatury poniżej -14°C .

- **Przygotowanie sadzonek do przechowania ich przez zimę.** Zazwyczaj w chłodniach nadleśnictw nie ma możliwości regulowania i utrzymywania w komorze przechowalniczej wilgotności na stałym, wysokim poziomie (97–98%). Dlatego przechowywanie w nich przez zimę sadzonek bez osłony korzeni nie jest możliwe. Możemy przechowywać podstawowe gatunki drzewiaste produkowane w szkółkach leśnych, umieszczając je w workach papierowych, co nie wymusza wysokiej wilgotności w komorze przechowalniczej, gdyż takie przechowywanie sadzonek zabezpiecza je przed przesuszeniem korzeni. Gdy wykorzystujemy worki, nie należy stosować żelu na korzenie, zabezpieczającego przed utratą wilgoci. Wysoką jakość fizjologiczną sadzonek zachowuje się stosując worki papierowe, składające się z trzech warstw papieru, przy czym wewnętrzna warstwa powinna być woskowana. Optymalne wymiary worka to 120×80 cm, przy 30 cm szerokości podstawy worka (ryc. 147). Nasze krajowe worki mają jednak mniejsze wymiary. Przy większych zamówieniach należy wymóc optymalne wymiary, podane wyżej. Możliwe jest stosowanie tańszych worków foliowych, jednak sadzonki mają w nich zdecydowanie gorsze warunki przechowywania przy obniżeniu w komorze przechowalniczej temperatury do -3°C . Worki są wygodnym nośnikiem przy wiosennym transporcie sadzonek, przy czym papierowe są zdecydowanie bardziej odporne na rozdarcia i lepiej chronią przed nagrzewaniem się prze-

Ryc. 147. Przechowywanie sadzonek w workach



chowywanych sadzonek w wyższej temperaturze lub przy czasowej bezpośredniej insolacji.

Wyjmowane sadzonki należy po ich selekcji wiązać po 50 sztuk (większe sadzonki gatunków liściastych po 25 sztuk). Do worka, o wymiarach przedstawionych wyżej, wkładamy np. 6 wiązek gatunków iglastych (300 sztuk), lub 200 sadzonek gatunków liściastych. Zasadą jest ustawiać wiązki sadzonek na dnie worka, nie wypełniając nimi całej jego pojemności. Nie dopuszcza się przed zapakowaniem sadzonek moczenia ich korzeni w wodzie. Worek zawiązuje się, przy czym dopuszcza, w przypadku wysokich sadzonek, wystawanie części pędów z zawiązanego worka.

- **Przechowywanie worków w chłodniach.** Worki z sadzonkami układamy na paletach. W komorze przechowalniczej utrzymuje się stałą temperaturę -2 , -3°C . Możliwe jest układanie worków w 2–3 warstwach, należy jednak dbać o możliwie jednakową cyrkulację chłodnego powietrza w chłodni. Komory, w których składujemy nasiona dębów (beczki) w temperaturze -2°C , stwarzają doskonałe warunki dla jednoczesnego przechowywania obok, w tej samej chłodni, sadzonek w workach.

Gdy pędy wystają z zawiązanego worka, z powodu przechowywania wyższych sadzonek, korzystniej jest utrzymać temperaturę w granicach -1 , -2°C . Niższa temperatura nie uszkadza pędów, ale może obniżyć żywotność wystających z worka pędów, np: modrzewia, czereśni ptasiej, czy olchy czarnej.

- **Postępowanie z sadzonkami po przechowaniu.** Podobnie jak w przypadku sadzonek kontenerowych, nagle stresowe działanie wysoką temperaturą wpływa negatywnie na obniżenie żywotności sadzonek. Z tego powodu przejście sadzonek z ujemnej temperatury chłodzenia do temperatury otoczenia powinno być stopniowe. Po okresie przechowywania,

w miarę możliwości, staramy się stopniowo (w okresie 48 godzin) przystosowywać rośliny do wyższej, dodatniej temperatury, wynosząc worki z sadzonkami z chłodni do jej przedsionka z optymalną temperaturą 8–10°C.

Po okresie aklimatyzacji do wyższej temperatury, sadzonki transportuje się do miejsc ich sadzenia w workach, chroniąc je przed intensywnym namoknięciem. Możliwe jest układanie worków na przyczepie w kilku warstwach. Na powierzchni odnowieniowej worki z sadzonkami składujemy w warunkach ograniczających znaczne wahania temperatury, najlepiej pod zadaszeniem i bez bezpośredniego działania promieni słonecznych. Możliwe jest przechowywanie ich w dołach na sadzonki. Zachowujemy wówczas warunki przechowywania sadzonek w dołach bez utraty drobnych korzeni włósnikowych, uszkodzanych przy wyjmowaniu sadzonek w warunkach tradycyjnego dołowania. Krótkotrwałe, np. podczas transportu na powierzchnię, bezpośrednie nagrzewanie worka, wywołane wystawieniem go na działanie promieni słonecznych, nie zmniejsza żywotności sadzonek [Wesoły i Naparty, 2003].

Przechowywanie sadzonek przez zimę w zamkniętej wiacie

Materiał sadzeniowy możemy również przechowywać w przechowalniach. Posłużyć może nam do tego wiata, w pewnym stopniu izolująca pomieszczenie od warunków zewnętrznych. W tego rodzaju pomieszczeniach, w warunkach bez możliwości regulacji temperatury, można bez ryzyka przechowywać przez zimę sadzonki świerka, modrzewia czy buka.

- **Przygotowanie sadzonek do przechowywania i ich przechowywanie w wiacie.** Sadzonki można przechowywać w wiacie po ich zadołowaniu. W wypadku dołowania w zamkniętych wiatach, przy ciepłych zimach istnieje zagrożenie występowania szarej pleśni. Z tego powodu celowe jest wiązanie sadzonek w wiązki po 50 sztuk, żelowanie ich korzeni, a następnie układanie w krąg, korzeniami do środka, bez dołowania. Wierzchnią warstwę przykrywa się folią. Jeżeli temperatura w okresie zimowym w wiacie będzie niższa niż –10°C, należy ułożony krąg sadzonek dodatkowo zabezpieczyć, najlepiej balotami ze słomy. Ten sposób postępowania zdecydowanie jest mniej pracochłonny i jednocześnie pozwala wiosną na bezpośrednio wydanie sadzonek.

Rozmnażanie wegetatywne

R

MARIA HAUKE

Postęp leśnych programów hodowlanych jest mocno warunkowany przez biologiczne cechy gatunków drzew. Gdy weźmiemy pod uwagę selekcję, rozmnażanie wegetatywne jest efektywną metodą do uzyskania większej liczby jednorodnego materiału roślinnego o określonym genotypie w krótkim czasie. Główna zaleta rozmnażania wegetatywnego polega na przekazaniu cennych cech potomstwu. Technologie klonalnego rozmnażania są uważane jako ważne narzędzie wzrostu możliwości hodowlanych drzew [Savill, Kanowski, 1993].

Rozmnażanie wegetatywne roślin drzewiastych dzieli się na dwie grupy: rozmnażanie autowegetatywne, w którym cała roślina ma taki sam genotyp, i rozmnażanie heterowegetatywne. Do metod heterowegetatywnych zalicza się wszystkie metody szczepienia, w których wykorzystuje się zraz i podkładkę.

Sadzonkowanie jest jedną z najczęściej wykorzystywanych metod rozmnażania roślin. Ten typ rozmnażania jest możliwy dzięki zdolności roślin do regenerowania i odtwarzania brakujących organów. Na efektywność sadzonkowania ma wpływ wiele czynników, z których najważniejszymi są:

- wiek rośliny matecznej, gdyż najlepiej ukorzeniają się sadzonki pochodzące z młodych roślin, a z wiekiem zmniejsza się liczba komórek wykazujących toipotencję i tym samym trudniej jest uzyskać wysoką efektywność ukorzeniania (roślinami matecznymi zazwyczaj są drzewa doborowe i elitarne, które zostały odmłodzone przez szczepienie, matecznikami zaś osobniki danego gatunku, które są najlepsze fenotypowo lub genotypowo);

- termin pobierania sadzonek, który w zasadniczy sposób wpływa na możliwości wysokiej udatności ukorzenia; u niektórych gatunków sadzonki pobiera się w okresie wychodzenia ze stanu spoczynku, a okres ten najczęściej przypada na wiosnę, wtedy gdy następuje wznowienie aktywności biochemicznej, u innych zaś ukorzeniane części muszą w pełni dojrzeć, zgromadzić składniki zapasowe lub częściowo zdrewnieć;
 - podłoża do ukorzenia sadzonek powinny charakteryzować się odpowiednią strukturą zapewniającą właściwe napowietrzenie substratu, dużą przepuszczalnością i właściwym odczynem, najczęściej więc do ukorzenia wykorzystuje się torf zmieszany z innymi substratami, tj. piasek czy perlit, a ostatnio włókna kokosowe, które charakteryzują się dużą przepuszczalnością [Nawrocka-Grześkowiak, 2004];
 - stymulatory ukorzenia, czyli auksyny, wpływają na proces tworzenia się korzeni; endogenne auksyny powstają w liściach i pąkach, a następnie są transportowane i gromadzą się w dolnej części sadzonek, a ich zawartość decyduje o zdolności do ukorzenia (w praktyce stosuje się dodatkową porcję auksyny w postaci ukorzeniaczy), stymulatory ukorzenia bowiem wpływają na szybsze powstawanie korzeni;
 - warunki sprzyjające ukorzeniu, to odpowiednia temperatura powietrza i podłoża oraz wilgotność, przy czym ważne jest, aby temperatura podłoża była nieco większa niż powietrza.
- **Szczepienie.** Jest to sposób rozmnażania wegetatywnego polegający na łączeniu pędu rośliny (zrazu) szlachetnego pochodzenia, z systemem korzeniowym podkładki uzyskanej z siewu nasion lub sadzonek pędowych; jego pozytywny wynik zależy od trwałego zrośnięcia zrazu i podkładki, dlatego obydwie części muszą należeć do tego samego gatunku, a często istotne jest to samo pochodzenie, gdyż niezgodność w postaci słabego połączenia mechanicznego, małej żywotności szczepu, a nawet śmiertelności objawia się w początkowych latach wzrostu szczepów; trwałość zrośnięcia zrazu z podkładką zależy także od metody szczepienia oraz pory roku; po zabiegu szczepom należy zapewnić odpowiednią temperaturę i wysoką wilgotność.

Szczegółowo techniki rozmnażania wegetatywnego zostały przedstawione w podręczniku pt.: „Szkółkarstwo leśne, ozdobne i zadrzewieniowe” [Sobczak, 1999] oraz w monografiach z serii „Nasze drzewa leśne”, wydawanych przez Instytut Dendrologii PAN w Kórniku.

Tradycyjne metody rozmnażania wegetatywnego, takie jak szczepienie, ukorzenie zrzesów pędowych (zdrewniałych i zielnych), korzeniowych czy odkłady jest trudne, wymaga dużej ilości materiału matecznego. Ponadto jest to możliwe w wypadku tylko kilku gatunków drzew leśnych, ponieważ wy-

stępują problemy z ukorzeniem, wiekiem drzew matecznych, przeżywalnością oraz dużymi kosztami. Przy rozmnażaniu wegetatywnym nie występuje proces łączenia się komórek płciowych, jedynie z fragmentu rośliny, dzięki totipotencji, powstaje nowa, samodzielna roślina. Z tego powodu zregenerowana roślina ma cechy młodości, jeśli te cechy miała roślina mateczna, albo charakteryzuje się takimi cechami dojrzałości, w jakim stadium była roślina mateczna. Nowo powstała sadzonka może zakwitnąć nawet po kilku latach swego istnienia. W przypadku natomiast, gdyby sadzonka powstała na drodze generatywnej, zakwitłaby dopiero po 2 lub 3 dekadach. Stosując te metody trudno jest uzyskać wysoką udatność rozmnażania, a dodatkowo przy rozmnażaniu drzew iglastych obserwuje się wzrost plagiotropowy.

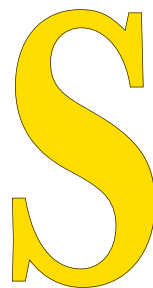
Niektóre z tych problemów mogą być przewyciężone przy wykorzystaniu technik *in vitro*. Rozmnażanie roślin *in vitro* (w szkle), zwane także mikrorozmnażaniem, to klonowanie roślin w sterylnych i ściśle kontrolowanych warunkach laboratoryjnych, na specjalnie dobranych pożywkach. Nazwa mikrorozmnażanie bierze się stąd, że rośliny potomne uzyskuje się z niewielkiego fragmentu rośliny, zwykle mikroskopijnej wielkości. Argumentem przemawiającym za wykorzystaniem tej techniki w produkcji sadzonek drzew leśnych jest fakt, że u niektórych gatunków nie istnieją, albo mało skuteczne są prostsze metody rozmnażania wegetatywnego, natomiast kwitnienie i owocowanie tych roślin następuje dopiero, kiedy osiągną wiek kilkudziesięciu lat. Do mikrorozmnażania wystarczy pobrać niewielki fragment, gdy tylko się stwierdzi, że właśnie ta roślina wykazuje korzystne cechy fenotypowe.

Głównym celem mikrorozmnażania jest szybka produkcja dużej liczby identycznych pod względem genetycznym roślin, uzyskanych z cennych, już wyselekcjonowanych wcześniej, roślin rodzicielskich [Klimaszewska i in., 2002]. Szczegółowo mikrorozmnażanie zostało przedstawione w opracowaniu pt.: „Mikrorozmnażanie drzew leśnych” [Hauke i Wesoły, 2006] oraz „Możliwości wegetatywnego rozmnażania drzew leśnych *in vitro*” [Szczygieł, 2006].

Kolejną zaletą rozmnażania drzew leśnych metodą kultur tkankowych jest możliwość krioprezerwacji w ciekłym azocie. W wypadku 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 i mogą być wykorzystane jako drzewa rodzicielskie dopiero w kolejnej generacji. Jednakże istnieje możliwość krioprezerwacji kultury embriogennej (embriogeneza somatyczna) z każdego dostępnego genotypu. Następnie elitarne genotypy mogą być rozmrażane i masowo namnażane na potrzeby programów genetycznych lub zalesień. Tkanka embriogenna poddana krioprezerwacji, nie zmienia swego genetycznego charakteru oraz nie traci juwenalności [Park

i in., 1998], dzięki czemu można ją zastosować do ochrony roślinnych zasobów genowych. Kultury *in vitro* są rutynowo stosowane do zachowania genetycznej bioróżnorodności świata roślinnego. Przewiduje się ich znaczącą rolę w zachowaniu puli genowej roślin drzewiastych [Blakesley, 1996]. Z hodowlanego punktu widzenia istotne jest opracowanie skutecznych metod mikrorozmnażania drzew, których nasiona trudno się przechowują, np. dębu, lub nieregularnie owocują, np. buk zwyczajny [Rakowski i Szczygieł, 1999].

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 unikalną 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 małymi kosztami oraz wysoką jakością produkowanych nasion, o dużej żywotności oraz znanym genotypie i fenotypie [Redenbaugh i in., 1986].



Sadzonki do zalesień

WŁADYSŁAW BARZDAJN

Jako sadzonkę w tym rozdziale należy rozumieć młodą roślinę drzewiastą, przeznaczoną do: odnowień, zalesień, poprawek, uzupełnień, dolesień, plantacji, zadrzewień i posadzenia w podszytach. Wyjaśnienie to jest konieczne, gdyż pojęcie „sadzonka” jest też używane w rozmnażaniu autowegetatywnym, gdzie oznacza część rośliny, przeznaczoną do restytucji całej rośliny.

Sadzonki są produktem szkółki. W zasadzie szkółkarz nie powinien się interesować ich losem po wydaniu. Z jego punktu widzenia sadzonki są towarem, który jest dobry wtedy, kiedy się dobrze sprzedaje. Z punktu widzenia gospodarza lasu sadzonki są materiałem, który jest dobry, gdy wyrasta z niego zdrowy i dorodny las. „Dobrym materiałem sadzonkowym będzie ten, który po posadzeniu nie tylko się przyjmuje, ale także potem dobrze przyrasta” [Tyszkiewicz, 1963]. Taki jest też ekonomiczny i społeczny sens produkcji sadzonek. Dlatego oderwanie organizacyjne czy ekonomiczne produkcji sadzonek leśnych (szkółkarstwa leśnego) od leśnictwa nie jest i nigdy nie będzie dobrym rozwiązaniem.

Sadzonki w różnych etapach i przy różnych sposobach produkcji dzieli się na:

1. Wyrosłe z nasion - ziarnówki:

- siewki - rosące lub wyrosłe w miejscu wysiania,
- samosiewki - pozyskane z nalotu,
- przesadki - sadzonki po przesadzeniu, czyli szkółkowaniu lub pikowaniu.

2. Powstałe z rozmnożenia wegetatywnego - sadzonki wegetatywne:

- na własnych korzeniach - sadzonki autowegetatywne,
- powstałe przez szczepienie (w tym okulizację) - sadzonki heterowegetatywne (szczepy, okulizanty).

Charakterystyczną cechą leśnego materiału sadzeniowego jest krótki okres produkcji. Jest on minimalizowany z dwóch ważnych powodów: pierwszy to większe zdolności regeneracyjne młodych organizmów, a drugi - dążenie do minimalizowania kosztów produkcji. Przy cenie 10 gr za sadzonkę sosny i sadzeniu 10 000 szt./ha, koszt materiału sadzeniowego to 1000 zł/ha. Przy hipotetycznej cenie 1 zł za sadzonkę ten koszt to 10 000 zł/ha, a więc 40% dochodu ze sprzedaży drewna z 1 ha zrębu w 2006 r. Każde przedłużenie okresu produkcji sadzonek o jeden sezon wegetacyjny musi zwielokrotnić koszt ich produkcji. Na przykład: przy wydajności 18 tys. sztuk/ar jednolatek i 10 tys. sztuk/ar dwulatek sosny, w okresie 2 lat produkuje się na 1 arze 36 tys. sztuk jednolatek lub tylko 10 tys. sztuk dwulatek. Tylko z tytułu zmniejszenia wydajności koszt produkcji wzrósł więc niemal czterokrotnie.

Gatunki charakteryzujące się cyklicznością urodzaju nasion (buk, dąb) często zmuszają do gromadzenia zapasów sadzonek w szkółce na lata głuche. Buk i dąb mogą być wydane ze szkółki zarówno jako jednolatki, jak i dwulatek, czy trzylatki. Gatunki o powolnym wzroście w młodości (jodła) wymagają same z siebie długich, tj. trzyletnich i czteroletnich cykli produkcyjnych. Długie przebywanie sadzonek w szkółce zmusza do formowania korzeni przez podcinanie lub szkółkowanie, gdyż zaniechanie tego prowadzi do znacznej redukcji korzeni przy wyjmowaniu sadzonek z gleby. Formowanie korzeni dodatkowo zwiększa koszty produkcji wielolatek.

Podstawową wartością materiału sadzeniowego jest jego potencjał genetyczny, jednak jego ocena nie należy do szkółkarstwa. Drugą wartością jest żywotność, przejawiająca się w zdolności do adaptacji w miejscu posadzenia. Jakość techniczna sadzonek jest oceniana zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 18 lutego 2004 r. W wymaganiach ogólnych w dokumencie tym podane są parametry o dobrym ukształtowaniu pączków, prostości i zdrewnieniu strzałek, kierunku wzrostu pędów ostatniego roku, skupieniu i obfitości systemów korzeniowych, przesuszeniu, uszkodzeniach mechanicznych i mrozowych, żerach owadów, oznakach chorób i o innych cechach. Wymagania szczegółowe dotyczą przede wszystkim wysokości, średnicy szyjki korzeniowej i pionowego zasięgu korzeni. Są to wymagania uniwersalne, które nie uwzględniają przeznaczenia sadzonek. Tymczasem sadzonki mogą, a niekiedy powinny być inne, dla poszczególnych przeznaczeń. Na przykład sadzonki sosny na siedlisku suchym i oligotroficznym powinny przede wszystkim mieć długi korzeń, sięgający głęboko w glebę, aż do warstw niewysychających, gdyż na tym siedlisku o przyjęciu się sadzonki decyduje zaopatrzenie jej w wodę. Długość pędu nie odgrywa tu roli. Na żyzniejszym i wilgotniejszym siedlisku sadzonka powinna mieć zwarty system

korzeniowy, trudny do uszkodzenia przez narzędzia (wyorywacze) i znaczną wysokość, ułatwiającą konkurencję z chwastami. Sadzonki buka wyprodukowane w szkółce otwartej nadają się na powierzchnie otwarte i podokapowe. Sadzonki buka ze szkółki podokapowej nadają się tylko na powierzchnie podokapowe [Ceitel, 1976; Rzeźnik, 1994]. Jednolatki sosnowe z bryłką są niewrażliwe na porę sadzenia (w okresie od sierpnia do kwietnia), a jednolatki z nagim korzeniem reagują silnie na wilgotność gleby w okresie sadzenia i bezpośrednio po nim [Barzdajn, 2006]. Sadzonki przeznaczone do poprawek, uzupełnień i dolesień będą wysadzone w trudniejszych warunkach silnej konkurencji, powinny być więc większe i silniejsze od sadzonek przeznaczonych do zwykłych upraw. Będą to sadzonki zwykle starsze (i droższe). Sadzonki na potrzeby zalesień powinny być zaopatrzone w mikoryzy spon-taniczne (lepiej) lub wprowadzone sztucznie (gorzej). Szczególne wymagania są stosowane wobec sadzonek do zalesień gleb zdewastowanych czy gruntów bezglebowych, gdzie są głównym narzędziem przywracania nie tyle nawet lasu, a wręcz życia [Szabla 2004, 2007]. Sadzonki do plantacji powinny współuczestniczyć w zadaniu skrócenia cyklu produkcyjnego i dlatego powinny być większe. Okoliczności te skłaniają do tego, aby gospodarz lasu odpowiedzialny za jego stan, w tym stan upraw, miał wpływ na to, z czego i w jaki sposób produkowane są dla niego sadzonki.

Wpływ technologii produkcji na jakość sadzonek jest decydujący. Przejawia się on w wyborze miejsca, pory i normy wysiewu, wyborze wielkości bryłki, nawożenia, deszczowania, formowania korzeni itp. Sadzonki ze szkółki podokapowej są słabsze od sadzonek ze szkółki otwartej. Sadzonki spod osłon są silniejsze od sadzonek z gruntu, jednak mogą być nieproporcjonalnie ukształtowane i niezdrewniałe [Barzdajn, 1981; Gorzelak, 1986]. Sadzonki wyrosłe w dużym zagęszczeniu są słabsze od tych, którym zapewniono dostateczną przestrzeń wzrostu [Urbański, 1967; Urbański i Wesoły, 2004]. Wpływ jakości sadzonek na wzrost lasu nie kończy się na fazie uprawy, lecz rozciąga jeszcze przynajmniej na fazę młodnika [Szymański, 1979]. Uzupełniające znaczenie ma ocena ich kondycji na podstawie nieniszczących pomiarów fizjologicznych. Można wtedy oceniać sadzonki w trakcie produkcji, przed i po przechowaniu, czy przed wydaniem ze szkółki [Wielgosz, Wesoły, 2000; Pukacki i Kamińska-Rożek, 2005; Wesoły i in., 1998, 2009].

Nawet najlepsze i najbardziej żywotne sadzonki mogą zostać zepsute w trakcie wyjmowania, sortowania, przechowywania, transportu i sadzenia, a ze złych sadzonek nigdy nie wyrosnie dobra uprawa. Ich wzrost po posadzeniu jest ostatecznym kryterium jakości, a ta z kolei rozstrzyga o kosztach wyprowadzenia uprawy i wpływa na rozwój drzewostanu jeszcze w późniejszych fazach rozwojowych.

Schematy blokowe produkcji sadzonek w szkółce leśnej



WOJCIECH WESOŁY

Rozdział ten przeznaczony jest przede wszystkim dla młodych adeptów sztuki szkółkarskiej i studentów zapoznających się z problematyką szkółkarstwa leśnego. Uwaga: ze względu na znaczne ograniczenia dostępności fungicydów, w tabeli wskazuje się tylko konieczność stosowania opryskiwania, bez podawania nazwy środka (fungicydu).

Tabela 43.
Produkcja jednorocznych (1/0) i dwuletnich (2/0) sadzonek sosny zwyczajnej

| Termin | Zakres czynności | Dodatkowe czynności - uwagi |
|----------------|--|--|
| Jesień-wiosna | określenie potrzeb nawożeniowych na podstawie ekspertyzy gleboznawczo-nawożeniowej; wykonanie nawożenia startowego | wapnowanie, jeżeli istnieje taka konieczność; nigdy nie łączyć nawożenia z wapnowaniem |
| ↓ | | |
| Kwiecień | zaprawione nasiona, przed siewem delikatnie zrosić siewnikiem i deszczowanie zasiewów | rozpoczyna się proces pęcznienia nasion, dzięki czemu szybciej kiełkują i siewki mają większe szanse w konkurencji z chwastami |
| ↓ | | |
| Kwiecień | wykonać oprysk na pękającą glebę przeciwko patogenom | |
| ↓ | | |
| Po 7-10 dniach | wykonać drugi oprysk | |
| ↓ | | |
| Maj | bieżąca obserwacja siewek, opryski przeciwko zgorzelom | częstotliwość uzależniona od stopnia porażenia siewek oraz warunków pogodowych |
| ↓ | | |
| Około 15 maja | wykonać pierwsze pielienie | deszczowanie zależnie od potrzeb |
| ↓ | | |
| Około 15 maja | rozpoczęcie nawożenia dolistnego | rezygnacja z pogłównego nawożenia azotowego |
| ↓ | | |
| 22-30 czerwca | wykonanie pierwszego oprysku przeciwko osutce sosny | następne pielienia w zależności od potrzeb |

Schematy blokowe produkcji sadzonek w szkółce leśnej

| Termin | Zakres czynności | Dodatkowe czynności - uwagi |
|------------------------|---|--|
| ↓ | | |
| Okolo 2-4 tyg. później | wykonanie drugiego oprysku przeciwko osutce sosny | przy opadach deszczu drugi oprysk wykonać po 2 tygodniach |
| ↓ | | |
| 1-5 sierpnia | zmiana dawki nawożenia dolistnego | |
| ↓ | | |
| Sierpień | wykonanie trzeciego i czwartego oprysku przeciwko osutce sosny | |
| ↓ | | |
| Początek września | zakończenie nawożenia dolistnego | |
| ↓ | | |
| Koniec października | wykonanie kolejnego oprysku przeciwko osutce | w przypadku ciepłej jesieni i początku zimy ostatni oprysk przeciwko osutce wykonujemy w grudniu |
| ↓ | | |
| Marzec następnego roku | wyoranie sadzonek (1/0), sortowanie, wydawanie sadzonek | |
| ↓↓ | | |
| Marzec-kwiecień | podcięcie korzeni, produkcja (2/0) | przed rozpoczęciem wegetacji |
| ↓↓ | | |
| Po podcięciu korzeni | intensywne deszczowanie | |
| ↓↓ | | |
| Okolo 15 maja | wykonać pierwsze pielienie | deszczowanie w zależności od potrzeb |
| ↓↓ | | |
| Okolo 1 czerwca | rozpoczęcie nawożenia dolistnego 2 razy w miesiącu, zmniejszone dawki | tylko w przypadku niepodawania pogłównie w poprzednim roku nawożenia azotowego |
| ↓↓ | | |
| 22-30 czerwca | wykonanie pierwszego oprysku przeciwko osutce sosny | następne pielienia w zależności od potrzeb |
| ↓↓ | | |
| Okolo 2-4 tyg. później | wykonanie kolejnych oprysków przeciwko osutce sosny | przy opadach deszczu drugi oprysk wykonać po 2 tygodniach |
| ↓↓ | | |
| Koniec października | ostatni oprysk na osutkę | w przypadku ciepłej jesieni i początku zimy ostatni oprysk przeciwko osutce wykonujemy w grudniu |

| Termin | Zakres czynności | Dodatkowe czynności - uwagi |
|---------------------------------|---|-----------------------------|
| ↓↓↓ | | |
| Marzec-kwiecień następnego roku | wyoranie sadzonek (2/0), sortowanie, wydawanie sadzonek | |

Tabela 44.
Produkcja świerka pospolitego sadzonek dwu-, trzyletnich (1/1),(1/2), (1,5/1,5) lub (2/1)

| Termin | Zakres czynności | Dodatkowe czynności - uwagi |
|-----------------|--|--|
| Jesień-wiosna | określenie potrzeb nawożeniowych na podstawie ekspertyzy gleboznawczo-nawożeniowej; wykonanie nawożenia startowego | wapnowanie - jeżeli istnieje taka konieczność; nigdy nie łączyć nawożenia z wapnowaniem |
| ↓ | | |
| Kwiecień | zaprawione nasiona przed siewem delikatnie zrosić | rozpoczyna się proces pęcznienia nasion, dzięki czemu szybciej kiełkują i siewki mają większe szanse w konkurencji z chwastami |
| ↓ | | |
| Kwiecień | siew i deszczowanie zasiewów | najlepiej wykonać siewy w tunelach foliowych lub inspektach |
| ↓ | | |
| Kwiecień | wykonać oprysk na pękającą glebę przeciwko patogenom | |
| ↓ | | |
| Po 7-10 dniach | wykonać drugi oprysk przeciwko zgorzelom | |
| ↓ | | |
| Maj | bieżąca obserwacja siewek, opryski przeciwko zgorzelom | częstotliwość uzależniona od stopnia porażenia siewek oraz warunków pogodowych |
| ↓ | | |
| Około 15 maja | wykonać pierwsze pielenie | deszczowanie w zależności od potrzeb |
| ↓ | | |
| Około 15 maja | rozpoczęcie nawożenia dolistnego | rezygnacja z pogłównego nawożenia azotowego |
| ↓ | | |
| Czerwiec-lipiec | następne pielenia w zależności od potrzeb | |
| ↓ | | |
| 1-5 sierpnia | zmiana dawki nawożenia dolistnego | |
| ↓ | | |

Schematy blokowe produkcji sadzonek w szkółce leśnej

| Termin | Zakres czynności | Dodatkowe czynności - uwagi |
|------------------------------------|---|--|
| Koniec sierpnia, początek września | wyjęcie i szkółkowanie sadzonek (1/1) i (1/2); sadzonki, które planujemy szkółkować w innym terminie, zostają na kwaterze | w zasadzie tylko w przypadku siewu w warunkach kontrolowanych |
| ↓ | | |
| Wrzesień | intensywne deszczowanie | dotyczy sadzonek szkółkowanych |
| ↓ | | |
| Początek września | zakończenie nawożenia dolistnego | |
| ↓↓ | | |
| Około 15 maja następnego roku | wykonać pierwsze pielenie | deszczowanie w zależności od potrzeb |
| ↓↓ | | |
| Około 15 maja | rozpoczęcie nawożenia dolistnego | następne pielienia w zależności od potrzeb |
| ↓↓ | | |
| Około 15 lipca | wyjęcie sadzonek, sortowanie i skrócenie korzeni; pozostałe sadzonki zostają w szkółce | przy produkcji (1,5/1,5) |
| ↓↓ | | |
| Około 15 lipca | szkółkowanie (1,5/1,5); intensywne deszczowanie | wcześniej przygotować właściwą wilgotność podłoża |
| ↓↓ | | |
| Początek sierpnia | zmiana dawki nawożenia dolistnego | |
| ↓↓ | | |
| Koniec sierpnia | zakończenie nawożenia dolistnego | |
| ↓↓↓ | | |
| Marzec-kwiecień następnego roku | wyoranie sadzonek, sortowanie, wydanie sadzonek (1/1); pozostałe sadzonki zostają w szkółce | dotyczy tylko sadzonek szkółkowanych w pierwszym sezonie i intensywnie podlewanych oraz nawożonych |
| ↓↓↓ | | |
| Marzec-kwiecień następnego roku | wyoranie sadzonek, sortowanie podcięcie korzeni sadzonkom szkółkowanym (1/2) i (1,5/1,5) | dotyczy tylko sadzonek szkółkowanych w trzecim sezonie (2/1) |
| ↓↓↓ | | |
| Marzec-kwiecień następnego roku | skrócenie korzeni i szkółkowanie (2/1), intensywne deszczowanie | wcześniej przygotować właściwą wilgotność podłoża |
| ↓↓↓ | | |
| Około 15 maja | rozpoczęcie nawożenia dolistnego | pielienia - w zależności od potrzeb |
| ↓↓↓ | | |

| Termin | Zakres czynności | Dodatkowe czynności - uwagi |
|------------------------|---|-----------------------------|
| Koniec sierpnia | zakończenie nawożenia dolistnego | |
| ↓↓↓ | | |
| Marzec następnego roku | wyoranie sadzonek, sortowanie, wydanie sadzonek | |

Tabela 45.
Produkcja dwuletnich (2/0) sadzonek dębów (szypułkowego i bezszypułkowego)

| Termin | Zakres czynności | Dodatkowe czynności - uwagi |
|---------------------------------------|--|---|
| Jesień | określenie potrzeb nawożeniowych na podstawie ekspertyzy gleboznawczo-nawożeniowej; przygotowanie powierzchni pod siew, wykonanie nawożenia startowego | wapnowanie, jeżeli istnieje taka konieczność; nigdy nie łączyć nawożenia z wapnowaniem |
| ↓ | | |
| Jesień | wykonanie zabiegu zaprawiania nasion | zabieg wykonujemy bezpośrednio po termoterapii żołądki |
| ↓ | | |
| Jesień | siew częściowy | ręczne przykrycie zasiewów w miejscach, które tego wymagają |
| ↓ | | |
| Grudzień - po pierwszych przymrozkach | okrywanie zasiewów na zimę | trociny, ściółka, maty; dodatkowa ochrona przed przymrozkami późnymi i zbyt wczesnymi wschodami |
| ↓ | | |
| Zima | kontrola stanu warstwy izolacyjnej | |
| ↓ | | |
| Koniec kwietnia | usunięcie warstwy izolacyjnej | |
| ↓ | | |
| Kwiecień | siew częściowy, siewów dodatkowo nie przykrywać | dotyczy nasion przetrzymywanych przez zimę w chłodni |
| ↓ | | |
| Maj | ewentualny oprysk środkami chwastobójczymi, wykonać pierwsze pielnie | deszczowanie w zależności od potrzeb |
| ↓ | | |
| Okolo 15 maja | rozpoczęcie nawożenia dolistnego | rezygnacja z pogłównego nawożenia azotowego |
| ↓ | | |
| Okolo 15 czerwca | wykonanie pierwszego oprysku przeciwko mączniakowi prawdziwemu | po całkowitym rozwinięciu się liści |

Schematy blokowe produkcji sadzonek w szkółce leśnej

| Termin | Zakres czynności | Dodatkowe czynności - uwagi |
|------------------------|--|--|
| ↓ | | |
| Około 15 lipca | wykonanie drugiego oprysku przeciwko mączniakowi | następne pielienia w zależności od potrzeb |
| ↓ | | |
| Około 15 sierpnia | wykonanie trzeciego oprysku przeciwko mączniakowi | przy wilgotnej i cieplej pogodzie niezbędne są 1 lub 2 dodatkowe opryski |
| ↓ | | |
| Koniec sierpnia | zakończenie nawożenia dolistnego | |
| ↓↓ | | |
| Marzec-kwiecień | podcięcie korzeni | przed rozpoczęciem wegetacji |
| ↓↓ | | |
| Po podcięciu korzeni | intensywne deszczowanie | |
| ↓↓ | | |
| Kwiecień | pierwszy oprysk przeciwko mączniakowi | oprysk na tzw. pękający pączek |
| ↓↓ | | |
| Około 15 maja | wykonać pierwsze pielienie | deszczowanie w zależności od potrzeb |
| ↓↓ | | |
| Około 15 maja | rozpoczęcie nawożenia dolistnego | |
| ↓↓ | | |
| Około 15 maja | wykonanie drugiego oprysku przeciwko mączniakowi prawdziwemu | |
| ↓↓ | | |
| Około 15 lipca | wykonanie trzeciego oprysku przeciwko mączniakowi | przy wilgotnej i cieplej pogodzie może zająć potrzeba dodatkowych oprysków |
| ↓↓ | | |
| Koniec sierpnia | zakończenie nawożenia dolistnego | |
| ↓↓↓ | | |
| Marzec następnego roku | wyoranie sadzonek, sortowanie, wydawanie sadzonek | |

Tabela 46.
Produkcja dwuletnich (2/0) sadzonek brzozy brodawkowatej – „siew na zielono”

| Termin | Zakres czynności | Dodatkowe czynności – uwagi |
|-----------------------------|---|---|
| Wiosna | określenie potrzeb nawożeniowych na podstawie ekspertyzy gleboznawczo-nawożeniowej i nawożenie startowe | |
| ↓ | | |
| Przełom czerwca i lipca | zbiór na zielono nasion brzozy | ręczne skruszenie niedojrzałych owocostanów |
| ↓ | | |
| Przełom czerwca i lipca | przygotowanie właściwej wilgotności podłoża | mechaniczne wyciśnięcie rządków siewnych |
| ↓ | | |
| Przełom czerwca i lipca | ręczny wysiew nasion – wysiewanie bezpośrednio po zbiorze | nasiona zmieszane z wilgotnym podłożem |
| ↓ | | |
| Bezpośrednio po siewie | osłona siewów matami wiklinowymi lub agrowłókniną | |
| ↓ | | |
| Lipiec | utrzymywanie wysokiej wilgotności pod przykryciem w okresie wschodów | zwracać uwagę na równomierne pokrycie wodą pod agrowłókniną |
| ↓ | | |
| Koniec lipca | wykonać pierwsze pielenie, tzw. w okresie wschodów | bieżąca obserwacja stanu siewek |
| ↓ | | |
| Koniec lipca | w przypadku zauważenia objawów rdzy brzozy, zdjęcie mat z zasiewów | |
| ↓ | | |
| Koniec lipca | wykonanie oprysku przeciwko rdzy brzozy | kolejne opryski w zależności od bieżącej obserwacji siewek |
| ↓ | | |
| Początek sierpnia | rozpoczęcie nawożenia dolistnego | pielenie w zależności od potrzeb |
| ↓ | | |
| Początek września | zakończenie nawożenia dolistnego | |
| ↓↓ | | |
| Następny rok, około 15 maja | pierwsze pielenie | następne pielenia w zależności od potrzeb |
| ↓↓ | | |

| Termin | Zakres czynności | Dodatkowe czynności - uwagi |
|------------------------|--|--|
| Okolo 15 maja | rozpoczęcie nawożenia dolistnego | |
| ⇓ | | |
| Początek czerwca | bieżąca obserwacja stanu siewek | przy niewielkim występowaniu rdzy oprysk może być nieuzasadniony |
| ⇓ | | |
| Początek czerwca | w wypadku wystąpienia rdzy - wykonanie oprysku | kolejne opryski dostosować do zagrożenia wystąpienia rdzy |
| ⇓ | | |
| Początek sierpnia | zmiana dawki nawożenia dolistnego | |
| ⇓ | | |
| Sierpień | bieżąca obserwacja stanu siewek | |
| ⇓ | | |
| Początek września | zakończenie nawożenia dolistnego | |
| ⇓⇓ | | |
| Marzec następnego roku | wyoranie sadzonek, sortowanie, wiązanie w pęczki, wydanie sadzonek | |

Szkółkarstwo leśne w warunkach górskich



JANUSZ SABOR

Założenia programowe

Przyjęty w Polsce model szkółkarstwa leśnego [Fonder, 2007] promuje zasadę, że produkcja sadzonek przeznaczona na potrzeby odnowieniowe i zalesieniowe, koncentrująca się głównie w szkółkach otwartych, powinna charakteryzować się samowystarczalnością w ramach podstawowej jednostki administracyjnej, jaką jest nadleśnictwo. W świetle obowiązujących zasad hodowlanych rozmiar produkcji szkółkarskiej ustalany jest pod względem ilości oraz rodzaju asortymentów, gatunkowego i wiekowego, na podstawie wiel-

kości powierzchni odnowieniowych oraz przyjętych gospodarczych typów drzewostanów, zgodnych z wymaganiami siedliskowymi upraw leśnych. Eksport oraz obrót między nadleśnictwami odbywa się przez dyrektorów RDLP. Obowiązuje przy tym zasada realizacji programu zachowania leśnych zasobów genowych oraz leśnej regionalizacji nasiennej [Zasady Hodowli Lasu, 2002].

W porównaniu do terenów niżowych, produkcja sadzonek w górach prowadzona jest w odmiennych warunkach klimatycznych i glebowych. Są one bardzo zróżnicowane i istotnie wpływają na wybór metody hodowli materiału odnowieniowego oraz jakość produkowanych sadzonek [Bałut, 1967]. W nadleśnictwach górskich najczęściej znajdują zastosowanie metody hodowli leśnego materiału rozmnożeniowego w warunkach kontrolowanych (namioty foliowe, inspekty) oraz techniki produkcji sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym (sadzonki pojemnikowe), umożliwiające częściową lub pełną kontrolę i optymalizację warunków wzrostu i rozwoju sadzonek. Hodowla sadzonek w górach uwzględnia zasady regionalizacji nasiennej powierzchniowej i pionowej, profil asortymentowy i gatunkowy zakładanych upraw leśnych określony typami gospodarczymi drzewostanów oraz ich przyszłymi funkcjami ochronnymi, produkcyjnymi i krajobrazowymi.

Warunki produkcji

- **Klimat.** Wysokość nad poziomem morza oraz rzeźba terenu istotnie określa zakres zmian najważniejszych elementów klimatycznych, wpływających na efektywność produkcji szkołkarskiej, tj. temperatury powietrza, opadów, długości okresu bezprzymrozkowego, zalegania pokrywy śnieżnej, pojawiania się dni z przymrozkami wczesnymi oraz długości okresu wegetacyjnego (tabela 47).

Wg Hessa [1965] za Bałutem [1967], średnia temperatura roczna w Karpatach Zachodnich zmniejsza się o 0,6 (0,54)° C na każde 100 metrów wysokości n.p.m. Taki stopień gradacji odpowiada obniżaniu się średniej rocznej temperatury o 1°C na każde 185 m wysokości n.p.m. W skali zmienności elementów klimatu terenów niżowych, określonej szerokością geograficzną, taka zmiana temperatury następuje dopiero po 150 km w kierunku północnym. Daje to 800-krotnie silniejszą presję selekcyjną w górach, w porównaniu do terenów niżowych, przekładającą się zarówno na aktualną zmienność naturalnych stref roślinnych w piętrach wysokościowych (regle) jak też, w przypadku doboru sztucznego leśnego materiału rozmnożeniowego (LMR), na większe prawdopodobieństwo popełnienia ryzyka hodowlanego. Wraz ze wzrostem wysokości w górach zwiększa się

Tabela 47.

Elementy klimatu na różnych wysokościach terenu w Karpatach Zachodnich

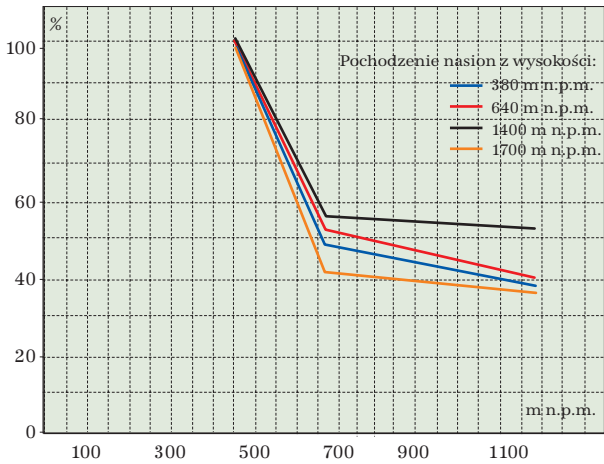
[wg Hessa, 1965; za Saborem, 1999 a]

| Wysokość (n.p.m.) | Średnia wieloletnia temperatura roczna (°C) | Roczna suma opadów (mm) | Długość okresów ze średnią temperaturą dobową >5°C | Średnie daty pojawienia się i znikania pokrywy śnieżnej | Długość okresu bez przymrozków (dni) | Długość zalegania pokrywy śnieżnej (dni) |
|-------------------|---|-------------------------|--|---|--------------------------------------|--|
| 200 | 8,2 | 600 | 220 | 3.12-21.03 | 240 | 68 |
| 400 | 6,8 | 660 | 203 | 22.11-5.04 | 225 | 90 |
| 600 | 5,4 | 780 | 185 | 12.11-16.04 | 200 | 108 |
| 800 | 4,3 | 1000 | 179 | 2.11-15.04 | 170 | 120 |

natomiast wielkość opadów atmosferycznych. O podobnych zależnościach termiczno-wysokościowych donosi dla Sudetów Barzdajn [1993]. W regionie klimatycznym karkonosko-izerskim okres wegetacyjny (dni z temperaturą +5°C) skraca się średnio o ponad siedem dni, a w regionie wschodniokarkonoskim o ponad dziewięć dni na każde 100 m wysokości nad poziomem morza. Szkółki terenów górskich Karpat znajdują się w zasięgu różnych pięter klimatycznych, od piętra umiarkowanie chłodnego do umiarkowanie ciepłego, według Hessa [1965].

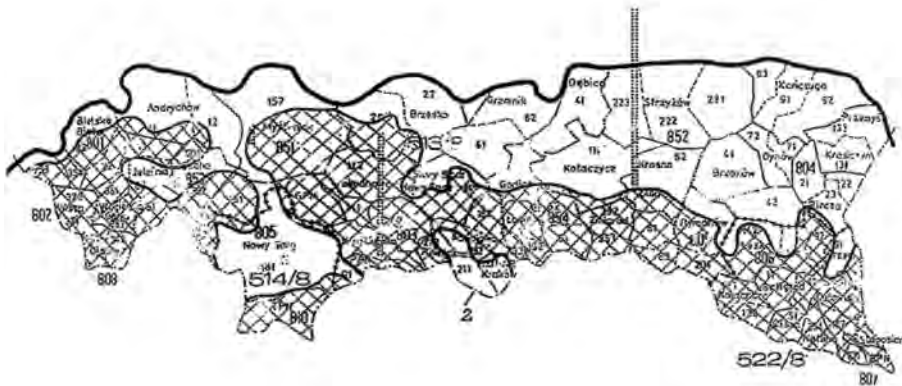
Warunki klimatyczne bezpośrednio wpływają na jakość produkowanych w szkółkach otwartych sadzonek. Między innymi, według badań niemieckich, austriackich i szwajcarskich [Holzer, 1975; Sabor, Różański, 1993], lokalizacja obiektów szkółkarskich na dużych wysokościach powoduje znaczne zmniejszenie się parametrów wzrostu materiału sadzeniowego. Wyniki badań Englera [za Schmidt-Vogtem, 1966] wykazują, że wysokość sadzonek wyhodowanych z nasion tego samego pochodzenia w szkółce na wysokości 720 m n.p.m. osiąga tylko 50% wysokości materiału sadzeniowego ze szkółki zlokalizowanej na wysokości 460 m n.p.m. (ryc. 148).

Według badań Katedry Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych UR w Krakowie, granicę opłacalności ekonomicznej produkcji materiału szkółkarskiego w terenach górskich Krainy Karpackiej określa piętro klimatu umiarkowanie ciepłego [Hess, 1965]. Piętro to charakteryzuje się średnią liczbą 145 dni bez przymrozków, długością okresu wegetacyjnego 210 dni, liczbą dni z pokrywą śnieżną 65 oraz sumą rocznych opadów od 800 do 1000 mm. Środek piętra wyznacza izohipsa 450-500 m n.p.m. Jest to również górna granica strefy, w której produkcja sadzonek w szkółkach otwartych jest opłacalna. Zakładanie szkółek w wyższych lokalizacjach może przynieść wyraźne pogorszenie jakości sadzonek i znaczne straty gospo-

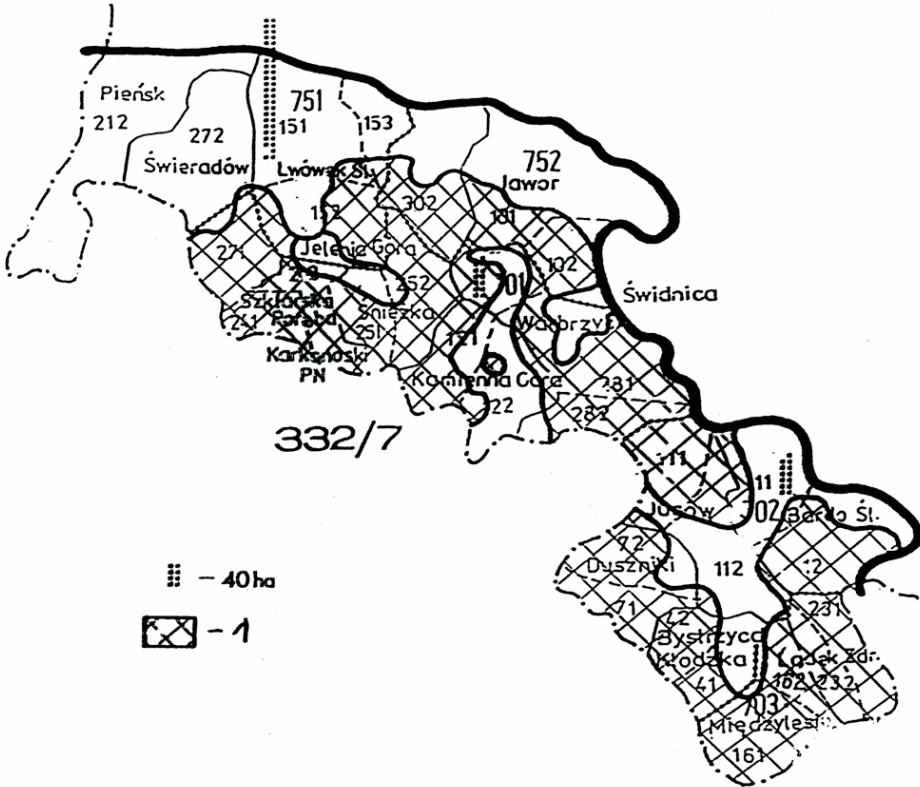


Ryc. 148. Jakość 2-letnich sadzonek sosny i świerka w szólkach zlokalizowanych na różnych wysokościach n.p.m. wg Englera za Schmid - Vogtem [1996]

darze. Analiza warunków klimatycznych Karpackiej i Sudeckiej Krainy Przyrodniczo-leśnej wykazuje, że około 70-80% obszaru nadleśnictw górskich nie nadaje się do zakładania szółek otwartych (ryc. 149 i 150) [Sabor, 1998 a; 1999 a, b]. W terenach powyżej tej izohipsy należy stosować takie metody hodowli sadzonek, które umożliwiają skuteczną optymalizację warunków zewnętrznych produkcji.



Ryc. 149. Warunki produkcji szólkarskiej w regionach nasiennych Krainy Karpackiej. 1 - obszary o niekorzystnych lokalizacjach, 2 - obszar badań. Makroregiony nasienne 513/8 - Beskidzki, 514/8 - Podhalańsko-Tatrzański, 522/8 - Bieszczadzki. 801-810 mikroregiony mateczne, 851-854 mikroregiony zwykłe. Na mapie zaznaczono również lokalizację i powierzchnię nasiennych drzewostanów gospodarczych i wyłączonych sosny zwyczajnej



Ryc. 150. Warunki produkcji szkółkarskiej w regionach nasiennych Krainy Sudeckiej. 1 - obszary o niekorzystnych lokalizacjach. Makroregion nasiennych 332/7 - Sudecki, 701-703 mikroregiony mateczne, 751-752 mikroregiony zwykłe. Na mapie zaznaczono również lokalizację i powierzchnię nasiennych drzewostanów gospodarczych i wyłączonych sosny zwyczajnej

- **Gleba.** Istotnym czynnikiem ograniczającym wydajność i jakość produkcji szkółkarskiej w terenach górskich są również warunki glebowe, głównie ich skład mechaniczny oraz właściwości fizyczne i chemiczne. Od tych właściwości zależy łatwość obróbki i uprawy gleby, a więc przydatność szkółek otwartych do hodowli materiału sadzeniowego. Poszczególne pasma górskie zbudowane są z różnego rodzaju skał macierzystych. W Karpatach są to głównie osady fliszowe, piaskowce, łupki i zlepieńce, z których wytworzyły się zróżnicowane pod względem właściwości fizycznych i chemicznych gleby automorficzne (bielice próchniczne, gleby darniowo-bielicowe właściwe i skrytobielicowe, gleby brunatne zbielicowane i kwaśne, skrytobielicowe kwaśne, oglejone lub pseudooglejone), gleby litomorficzne (słabo wykształcone gleby właściwe - rankery, brunatne) oraz rzadziej hydromorficzne (mady inicjalne na siedliskach olsu górskiego). Pod względem warunków chemicznych są to gleby na ogół ubogie w przyswajalny fosfor,

w małych ilościach zawierają dostępny azot, są natomiast zasobne w potas. Z innych składników pokarmowych mają małe ilości wapnia oraz stosunkowo znaczne magnezu i żelaza. Skład mechaniczny gleb szkółek górskich charakteryzuje się glinami i ilami oraz ciężkimi utworami pyłowymi, z rzadko występującą frakcją piasku. Są to gleby o złych właściwościach fizycznych, charakteryzujące się brakiem struktury gruzełkowej, złą gospodarką wodną, zróżnicowaną kwasowością (pH w H₂O od 4,6 do 7,1), wpływającą na występowanie glinu ruchomego, oraz małą miąższością i dużym udziałem części szkieletowej (tabela 48 i 49) [Bitka i in., 1976].

Gleby leśne w Sudetach Zachodnich tworzą głównie typy gleb brunatnych kwaśnych, bielcowanych i bielcowych. Są to gleby płytkie, o frak-

Tabela 48.

Charakterystyka gleb w szkółkarstwie górskim; procentowy skład mechaniczny

(wg badań Katedry Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych UR w Krakowie)

| Nr | Lokalizacja szkółki | | | Liczba próbek | Udział frakcji mechanicznych o średnicy w mm | | | | | | Grupa mechaniczna gleby |
|-----|---------------------|-------------------|------------|---------------|--|----------|-----------|------------|--------------|---------|---------------------------------------|
| | nadleśnictwo | leśnictwo | oddział | | 1-0,1 | 0,1-0,05 | 0,05-0,02 | 0,02-0,006 | 0,006-0,0002 | <0,0002 | |
| 1. | Sobótka | Będkowice | 155w | 3 | 45 | 11 | 10 | - | - | 34 | glina lekka |
| 2. | Nowy Sącz | Rożnów | 45a | 5 | 11 | 19 | 32 | 18 | 9 | 11 | utwór pyłowo-ilasty |
| 3. | Nawojowa | Feleczyn | 149p | - | 20 | 9 | 16 | 16 | 17 | 22 | glina ciężka pylasta |
| 4. | Nawojowa | Kotów | 19d | - | 35 | 16 | 18 | 10 | 10 | 11 | glina lekka pylasta słabo spiaszczona |
| 5. | LZD Krynica | Kopciowa | 6h | 50 | 40 | 10 | 17 | 33 | - | - | glina lekka słabo spiaszczona pylasta |
| 6. | Dukla | Franków | 19b | - | 20 | 12 | 12 | 15 | 15 | 26 | glina ciężka |
| 7. | Rymanów | Pasada Zarszyńska | 19g | - | 23 | 11 | 13 | 12 | 13 | 28 | glina ciężka |
| 8. | Brzozów | Nowiny | 95a | - | 10 | 7 | 32 | 30 | 11 | 10 | glina ciężka pylasta |
| 9. | Cisna | Dołżyca | - | 3 | - | - | - | - | - | - | glina średnia |
| 10. | Baligród | Bukowiec | 92, 98, 99 | 6 | - | - | - | - | - | - | glina średnia |
| 11. | Lutowiska | Dwerniczek | 83, 84 | 3 | - | - | - | - | - | - | glina średnia |

Tabela 49.

Charakterystyka chemiczna gleb w wybranych szkółkach leśnych Karpat (wg badań Katedry Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych UR w Krakowie)

| Lp. | Lokalizacja szkółki | | pH | | CaCO ₃ | Właściwości sorpcyjne | | | | Składniki przysw., w mg/100 g gleby | | C org. Zawartość % | N org. Zawartość % | C/N |
|-----|---------------------|--------------------|------------------|-----|-------------------|-----------------------|-----|------|------------------|-------------------------------------|------------------|--------------------|--------------------|------|
| | | | H ₂ O | KCl | | H | S | Th | V _h S | P ₂ O ₅ | K ₂ O | | | |
| | nadl. | leśnictwo | | | | | | | | | | | | |
| 1. | Sobótka | Będkowice | - | 6,6 | - | - | - | - | - | 0,6 | 2,5 | - | 0 | - |
| 2. | Nowy Sącz | Rożnów | 4,6 | 3,8 | 0,081 | 8,82 | 6,3 | 15,1 | 41,6 | 2,0 | 3,5 | 0,83 | 0,08 | 10/1 |
| 3. | Nawojowa | Feleczyn | 5,4 | 4,0 | 0,118 | I" 4,78 | 13 | 17,4 | 72,5 | 4,3 | 5,8 | 2,32 | 0,21 | 11/1 |
| 4. | Nawojowa | Kotów | | 3,6 | 0,085 | 8,15 | 8,8 | 17,0 | 51,3 | 2,8 | 3,0 | 1,48 | 0,14 | 11/1 |
| 5. | LZD Krynica | Kopciowa | - | 4,1 | - | - | - | - | - | 2,0 | 1,6 | 3,04 | 0,16 | 18/1 |
| 6. | Dukla | Franków | 4,6 | 3,8 | 0,040 | 10,76 | 23 | 34 | 68,3 | 2,7 | 3,0 | 1,41 | 0,12 | 12/1 |
| 7. | Rymanów | Posada Zaryszyńska | 4,8 | 3,9 | 0,145 | 8,22 | 17 | 25,1 | 67,8 | śląd | 6,5 | 1,40 | 0,10 | 14/1 |
| 8. | Brzozów | Nowiny | 6,2 | 4,8 | 0,085 | 3,06 | 20 | 23,2 | 86,8 | śląd | 6,5 | 1,25 | 0,12 | 10/1 |
| 9. | Cisna | Dołżyca | 4,7 | 4,1 | 0,099 | 11,05 | 14 | 73,7 | 56,1 | 2,53 | 4,1 | 1,85 | 0,17 | 10/1 |
| 10. | Baligród | Bukowiec | 7,1 | 6,0 | 0,170 | 9,21 | 40 | 50,9 | 81,6 | 6,70 | 12,8 | 3,11 | 0,24 | 13/1 |
| 11. | Lutowiska | Dwemiczek | 4,7 | 4,1 | 0,093 | 11,15 | 14 | 25,2 | 55,9 | 2,66 | 4,1 | 1,80 | 0,16 | 11/1 |

cyjach piasków gliniastych lekkich i mocnych, rzadko zawierających w głębszych warstwach glin, utworzone na ubogich w składniki pokarmowe skałach granitowych, gnejsach i łupkach krystalicznych z niskim pH, z ubogim składem składników mineralnych [Walendzik, 1993].

Możliwość poprawy warunków produkcji

- **Rozwój metod hodowli.** Badania prowadzone przez Katedrę Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych UR w Krakowie wskazują na ograniczone możliwości poprawy warunków produkcji w górskich szkółkach, zakładanych na terenach otwartych. Jednym z ważniejszych zabiegów wpływających korzystnie na właściwości mechaniczne i fizyczne gleb jest torfowanie i tarasowanie szkółek. Torfowanie wpływa na poprawę przyrostu masy siewek od 15 do 20%. W wyniku poprawy właściwości fizycznych gleb oraz zmniejszenia wymywania składników pokarmowych efekt tarasowania poprawia wzrost sadzonek o około 40%, jest jednak ekonomicznie kosztowny [Bałut, Bitka, Kulej, Sabor 1976]. Z możliwych do zastosowania metod intensyfikacji produkcji materiału sadzeniowego w gó-

rach wymienić należy przeniesienie hodowli sadzonek na potrzeby odnowieniowe upraw górskich na tereny niżowe lub zastosowanie metod produkcji w warunkach kontrolowanych, w połączeniu z hodowlą sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym w szkołkach kontenerowych. Fakt występowania zróżnicowanego składu gatunkowego drzewostanów w poszczególnych strefach klimatycznych (przewaga występowania w wyższych piętrach świerka oraz jodły, buka, a także znaczny udział sosny, dębu i innych gatunków domieszkowych w strefie pogórza) określa konieczność stosowania regionalizacji szkołkarskiej, gwarantującej ekonomiczną opłacalność produkcji oraz racjonalne przemieszczanie materiału odnowieniowego, umożliwiające wykorzystanie lokalnej bazy drzewostanów nasiennych, istniejącej w danym regionie infrastruktury szkołkarskiej.

Z uwagi na zróżnicowanie klimatu gór, istotne jest zachowanie pionowej regionalizacji przenoszenia sadzonek, która uwzględnia jednolitość warunków stref klimatycznych, umożliwiając przenoszenie materiału sadzeniowego ze szkołyki na uprawę bez ryzyka hodowlanego [Bałut, 1972]. Biorąc pod uwagę lokalizację zakładanych upraw, konieczny staje się taki dobór pochodzeń leśnego materiału rozmnożeniowego (LMR), który pod względem cech adaptacyjnych będzie wykazywał pozytywną interakcję pochodzenia z warunkami uprawy.

Wysadzane sadzonki w lesie musi charakteryzować zdolność do przeżycia i wzrostu w trudnych warunkach uprawowych gór, bez późniejszej opieki człowieka. Chociaż jakość materiału oceniana jest głównie w szkołce, to sprawdza się przede wszystkim na uprawie leśnej [Landis, Tinus, Mc Donald, Barnett, 1995].

Istnieje również możliwość optymalizacji wyboru lokalizacji otwartych obiektów szkołkarskich, ich powierzchni oraz wielkości produkcji gatunkowej i asortymentowej sadzonek metodą „modelu zbilansowanej produkcji”, wykorzystującą zasady programowania liniowego [Botwin, 1970]. Metoda ta może przynieść, szczególnie w górach, znaczne korzyści ekonomiczne. Na podstawie obliczonego zapotrzebowania na materiał sadzeniowy w poszczególnych oddziałach nadleśnictwa i ustaleniu zadań produkcyjnych obiektów szkołkarskich oraz odległości przewozowych, można opracować plan wewnętrznie zgodny produkcji sadzonek, przyjmując następujące funkcje celu [Sabor, 1999 b]:

$$\sum_{j=1} C_{ij}x_{ij} = \min$$

gdzie:

C_{ij} – odległość między szkołką (i) i oddziałem (j),

x_{ij} – liczba sadzonek (i) przeznaczona do odnowienia poszczególnych oddziałów (j).

Drugim elementem istotnie wpływającym na produkcję materiału szkółkarskiego na otwartej powierzchni są gleby [Schmidt-Vogt, 1966]. Z uwagi na znaczną zawartość frakcji gliniastych, obróbka mechaniczna gleb górskich jest utrudniona. Gleby te, nazywane „godzinowymi”, zmieniające często strukturę i wilgotność, utrudniają prawidłowe przeprowadzenie takich zabiegów jak orka, przygotowanie podłoża do siewu, siew, przykrycie nasion itp. [Bitka i in., 1976]. Gleby strefy pogórza są nieco łatwiejsze do obróbki, niemniej jednak, w większości przypadków, skład mechaniczny w podobny sposób ogranicza mechanizację prac szkółkarskich.

Badania w szkółkach otwartych wykazują znacznie wyższe wydajności z 1 ara szkółek niżowych w porównaniu z obiektami szkółkarskimi zlokalizowanymi w strefie gór i pogórza. Również analiza kosztów bezpośrednich wskazuje, że koszt produkcji w szkółkach nizinnych jest około dwukrotnie mniejszy niż w szkółkach górskich, podobnie jak wskaźnik pracochłonności wyrażony liczbą dni przypadających średnio na 1 ar powierzchni produkcyjnej w ciągu roku [Bitka i in., 1976]. Te przyczyny stały się podstawą do opracowywania bardziej nowoczesnych technologii, które pozwalają na optymalizację glebowych i klimatycznych warunków produkcji. Metodami tymi stały się, rozwijane w terenach górskich i podgórskich, techniki produkcji sadzonek w kontrolowanych warunkach zewnętrznych z zakrytym systemem korzeniowym, a także szkółki kontenerowe, zlokalizowane często w korzystniejszych lokalizacjach niżowych, ale produkujące na potrzeby odnowieniowe terenów górskich. Większość produkcji sadzonek tymi metodami w górach, w namiotach foliowych i inspektach, wykorzystuje sztuczne substraty na bazie torfu wysokiego z udziałem innych komponentów, takich jak perlit, wermikulit, piasek czy trociny [Bałut i in., 1976; Bałut, Sabor, 1976]. Metody te dają gwarancję skrócenia produkcji do jednego roku dla gatunków liściastych (buk, jawor, jesion) oraz do dwóch lat dla sadzonek iglastych [Bałut, Sabor, 1976]. Jakość sadzonek wyhodowanych w warunkach kontrolowanych zależy przede wszystkim od prawidłowego przygotowania i nawożenia substratów, jak też właściwego hartowania (doprowadzenia do zdrewnienia) sadzonek. Dotychczasowe badania nie potwierdziły istotnych różnic cech adaptacyjnych materiału sadzeniowego produkowanego tymi metodami w porównaniu z sadzonkami ze szkółki otwartej. W wyjątkowych przypadkach można prowadzić produkcję szkółkarską na otwartej powierzchni materiału rozmnożeniowego, głównie sadzonek, które nie osiągnęły określonych normami jakościowymi parametrów wzrostowych oraz tych gatunków, których zbiór i przechowywanie nasion, a zatem zachowanie ciągłości produkcji, są trudne. Ogólna produkcja w szkółkach otwartych terenów górskich nie powinna być większa niż 10–15% całkowitego zapotrzebowania na leśny materiał rozmnożeniowy.

Z uwagi na specyfikę upraw w górach należy również rozwijać metody hodowli materiału sadzeniowego z zakrytym systemem korzeniowym. Systemy te wymagają jednak zakupu droższych linii produkcyjnych. Szkołki gospodarcze, czasowe, podokapowe w nadleśnictwach górskich powinny spełniać funkcje pomocnicze. Zastosowanie namiotów foliowych do produkcji szkółkarskiej stwarza możliwość częściowej optymalizacji mikroklimatu wnętrza namiotu, jak też podłoża, przez odpowiedni dobór komponentów substratu i wielkości dawek nawożenia.

Ogólnie zaleca się stosowanie do produkcji sadzonek w kontrolowanych warunkach sztuczne podłoża, które powinny charakteryzować się lepszymi właściwościami fizycznymi, w porównaniu z glebą w szkółce otwartej, a mianowicie większą porowatością oraz pojemnością powietrzną i wodną, trwałością struktury, jak też zdolnością sorpcyjną. Do hodowli wykorzystuje się głównie mieszanki trocinowo-torfowe z użyciem torfu wysokiego sfagnowego, słabo rozłożonego oraz świeżych trocin drzew iglastych (jodła, świerk) nawożonych m.in. Azofoską lub innymi nawozami wieloskładnikowymi. Pogłębiający się jednak deficyt torfu zmusza szkółkarzy do zastępowania go różnymi substratami organicznymi i sztucznymi. Mogą być one stosowane bądź jako komponenty alternatywne, bądź też mieszanki.

Stosowane mieszanki charakteryzują się odmiennymi właściwościami fizycznymi, które zależne są w znacznej mierze od okresu ich użytkowania. Wykorzystanie sztucznych podłoży w kolejnych cyklach produkcyjnych sadzonek jest oczywistą korzyścią ekonomiczną, wymaga jednak zastosowania odpowiednich zabiegów przygotowawczych, mających na celu ponowną ich aktywację. Według badań w Krynicy prowadzonych przez Katedrę Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych wieloletnie użytkowanie substratów trocinowo-torfowych do produkcji sadzonek w namiotach foliowych i inspektach jest możliwe dla większości gatunków iglastych, głównie świerka i jodły, natomiast do hodowli asortymentów gatunków liściastych konieczne jest wykorzystywanie podłoży świeżych [Sabor, 1999b].

Ocena wydajności i jakości sadzonek wyhodowanych na substratach trocinowo-torfowych w namiotach foliowych wykazuje wzrost wydajności pięcio-, dziesięciokrotny w porównaniu ze szkołkami otwartymi. Większość gatunków liściastych uzyskuje po roku produkcji parametry wzrostowe odpowiadające dwu-, trzylatkom produkowanym w szkołkach otwartych [Walos, 1982]. W przypadku gatunków iglastych okres produkcyjny skraca się do dwóch lat.

Inspekty Dünemanna w modyfikacji Kosterkiewicza znajdują obecnie coraz szersze zastosowanie w produkcji sadzonek szkółek górskich [Kosterkiewicz, 1990]. Dają one możliwość optymalizacji podłoży, a przede wszyst-

kim, w porównaniu z namiotami foliowymi, lepiej można wykorzystać wodę opadową. Przez zastosowanie perforowanych mat foliowych przykrywających inspekty możliwe jest przesiąkanie wody do podłoża przy ograniczeniu jej nadmiernego parowania i jednoczesnej ochronie wschodów przed przymrozkami [Woźniak, 1970].

Odnowienie sztuczne w warunkach upraw górskich, szczególnie przy górnej granicy lasu, sadzonkami z odkrytym systemem korzeniowym powoduje straty gospodarcze w wyniku słabej udatności upraw i konieczności wielokrotnego wprowadzania poprawek. Dlatego w ekstremalnych warunkach korzystne jest stosowanie materiału sadzeniowego z zakrytym systemem korzeniowym, mikoryzowanego według polskiej technologii, opracowanej przez prof. S. Kowalskiego. Większość technik produkcji sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym, wykorzystujących zróżnicowane kontenery, kasety i pojemniki, nadaje się do wykorzystania w terenach górskich, np. baloty Nisuli, torebki foliowe oraz pojemniki: z Nawojowej, GM, Rotrainers, Robin Antichignion, Melfert, Hiko i inne. Tak wyhodowane sadzonki poprawiają udatność upraw górskich od 20 do 40%. Należy jednak dostosować system produkcji pojemnikowej sadzonek do warunków, w których będzie wysadzany materiał odnowieniowy. Obecnie bowiem nie ma uniwersalnego pojemnika, który mógłby pozwolić na produkcję sadzonek spełniających wymagania techniczne, biologiczne, ekonomiczne i ergonomiczne materiału odnowieniowego, przeznaczonego do sadzenia na trudnych i zróżnicowanych siedliskowo uprawach górskich [Bałut i in., 1976; Banach, Sabor, 1997; Banach 1999]. W wielu krajach, między innymi w USA, rodzaj pojemników i kontenerów jest dostosowany do warunków terenowych szkółek i upraw leśnych poszczególnych stref uprawowych kraju [Metres, Hahn, 1990].

Dotychczasowy rozwój szkółkarstwa w terenach górskich uwzględniał głównie możliwości ekonomiczne i techniczne Lasów Państwowych oraz zadania odnowieniowe w zakresie przebudowy przedplonów i monokultur, głównie świerkowych, oraz zalesienia terenów zdegradowanych. W latach 1955–1960 materiał sadzeniowy w typowych nadleśnictwach górskich (Krynica, Nawojowa) hodowano w licznych, kilkuarowych szkółkach gospodarczych (75–140 obiektów) [Kosterkiewicz, 1976]. Tak duże rozdrobnienie produkcji spowodowane było brakiem możliwości mechanizacji prac i koniecznością wykorzystania pracy ręcznej, wymuszającej lokalizację szkółek przy osadach pracowniczych. W latach sześćdziesiątych XX wieku, w wyniku reorganizacji i centralizacji, zlikwidowano małe szkółki, utworzono obiekty większe, scalone lub zespolone, w których możliwa była poprawa efektywności ekonomicznej produkcji sadzonek (ryc. 151 i 152). Zwiększył się wydatnie w tym okresie asortyment gatunkowy leśnego materiału rozmnożeniowego. Istotną poprawę produktywności szkółkarskiej



Ryc. 151. Mechanizacja prac szkółkarskich w szkółce LZD Krynica (fot. S. Bałut)



Ryc. 152. Szkółki w Nadleśnictwie Nawojowa - ocena wschodów jodły, lata 1955-1960 (z materiałów dokumentalnych nadleśnictwa)

spowodowało wprowadzenie w latach sześćdziesiątych ub.w. mechanicznego zestawu do pielęgnacji gleby i siewu systemu duńskiego Egedal. Sprzęt ten, z uwagi na trudne warunki terenowe oraz glebowe, nie sprawdził się w terenach górskich.

Wprowadzanie namiotów foliowych do hodowli sadzonek w Karpatach rozpoczęto w roku 1972. W tym okresie zapoczątkowano w Nadleśnictwie Nawojowa produkcję sadzonek w doniczkach torfowo-celulozowych oraz pojemnikach własnego pomysłu, określonych później jako doniczki z Nawojowej (ryc. 153 i 154). W tej technologii po raz pierwszy w szkółkarstwie terenów górskich zastosowano sztuczne substraty torfowe, uzupełnione później komponentami trocinowymi [Bałut, Bitka, 1976; Bałut, Sabor, 1976; Bałut i in., 1976b]. Metoda ta okazała się w tamtym okresie metodą ekonomiczną i tanią, umożliwiającą m.in. przygotowanie sadzonek w okresie zimowym (przygotowanie substratu i wypełnienie nim doniczek, a także



Ryc. 153. Pojemniki z Nawojowej wykorzystywane do produkcji sadzonek jodły (z materiałów dokumentalnych nadleśnictwa)



Ryc. 154. System korzeniowy sadzonek jodły osłonięty ściankami doniczki z Nawojowej

transport w przygotowanych kontenerach do chłodni, a potem na uprawy). Obecnie technologia doniczek z Nawojowej jest nadal stosowana do hodowli jednolatek asortymentów gatunków liściastych, a także do produkcji wielolatek jodłowych. Stanowi również dla szkółkarstwa w terenach górskich istotne uzupełnienie innych technik, stosowanych m.in. w szkółkach kontenerowych [Gryzło, 1999; Banach, Sabor, 1997].

Z uwagi na częste uszkodzenia konstrukcji namiotów foliowych spowodowane opadami śniegu (ryc. 155), a także konieczności doprowadzenia instalacji zraszających do pojedynczych obiektów, na początku lat osiemdziesiątych ub.w. w niektórych gospodarstwach szkółkarskich namioty zastąpiono inspektami według koncepcji Dünemanna, w modyfikacji Kosterkiewicza (ryc. 156 i 157) [Kosterkiewicz, 1990]. Stosuje się je do produkcji sadzonek w wielu nadleśnictwach górskich. Wieloletnia ocena efektów hodowlanych produkcji sadzonek w górskich szkółkach zlokalizowanych w Beskidzie Sądeckim, m.in. w Krynicy (LZD, Stacja Dydaktyczno-Badawcza Katedry) i Nawojowej (szkółka Feleczyń) wykazała ich pełną przydatność w warunkach górskich. Stopniowo metody kontrolowanej produkcji sadzonek w namiotach i inspektach w nadleśnictwach górskich wyparły tradycyjne szkółki terenowe.

Z uwagi na problemy ze szkółkowaniem, szerszego natomiast zastosowania nie znalazła – propagowana w terenach górskich – metoda produkcji jednolatek w skrzynkach, opracowana przez Neubachera (ryc. 158) [Ba-



Ryc. 155. Uszkodzenia namiotów foliowych spowodowane późnymi opadami śniegu (materiały dokumentalne Nadleśnictwa Nawojowa)



Ryc. 156. Przygotowanie powierzchni pod siew w inspekcji założonym po demontażu konstrukcji namiotu foliowego (materiały dokumentalne Nadleśnictwa Nawojowa)



Ryc. 157. Inspepty zmodyfikowane przez Kosterkiewicza w 1990 r. (materiały dokumentalne Nadleśnictwa Nawojowa)

Ryc. 158. Produkcja jednolatek w skrzynkach metodą Neubachera (fot. S. Bałut)



Ryc. 159. Górská szkółka w Nadleśnictwie Nawojowa (fot. Z Gryzło)



hut, Kulej, 1976]. W związku z realizacją zwiększonych zadań gospodarczych wynikających z sytuacji klęskowych w Sudetach i Karpatach, rozbudowuje się nowoczesne szkółki kontenerowe oraz przechowalnie nasion i sadzonek. Są to m.in. szkółka kontenerowa w Oleszycach oraz przechowalnia nasion buka w Dukli, wykorzystująca metody przechowywania nasion opracowane przez Instytut Dendrologii PAN w Kórniku [Suszka, 2000]. W hodowli materiału rozmnożeniowego na potrzeby odnowieniowe znaczącą rolę odgrywają także regionalne obiekty szkółkarskie i przechowalnicze, m.in. w nadleśnictwach: Nawojowa (ryc. 159), Stary Sącz, Bielsko, Wiśła, Gidle, a w Sudetach w Nadleśnictwie Śnieżka.

Zasady wykorzystania bazy nasiennej

Możliwości wykorzystania selekcyjnej bazy nasiennej w górach, głównie wyłączonych drzewostanów nasiennych, uwarunkowane są głównie intensywnością i częstotliwością obradzania, zależną od czynników klimatycznych, genetycznych i antropogenicznych. Szczególnie istotne dla szółkarstwa w terenach górskich jest zabezpieczenie ciągłości produkcji sadzonek jodły i buka. Gatunki te obradzają rzadko i nieregularnie, a długookresowe przechowywanie wymaga odpowiedniej infrastruktury technicznej [Suszka, 2000]. Pozyskanie nasion z drzewostanów nasiennych gatunków domieszkowych w terenach górskich jest również trudne z uwagi na niewielką liczebność i powierzchniowo bazę górskiego leśnego materiału podstawowego [Sabor, 2002]. Hodowla sadzonek gatunków domieszkowych jest tym ważniejsza, że są one często pomijane w programie zakładania upraw górskich. Z ogólnej liczby około 50 gatunków rodzimych w Karpatach, zaledwie połowa jest uwzględniana w docelowym składzie gatunkowym drzewostanów, określonym obecnymi zasadami hodowli lasu. Ponadto z 40 leśnych zespołów fitosocjologicznych, w typologii leśnej pod kątem składu docelowego drzewostanów opisanych jest zaledwie 15 kategorii siedliskowych. W związku z tym zachowanie biologicznej zmienności lasów górskich wymaga od szółkarzy większego zaangażowania się w hodowlę leśnego materiału rozmnożeniowego również gatunków biocenotycznych, nieobjętych programem hodowli selekcyjnej i zachowania zasobów genowych, takich jak: limba, cis, brekinia, grusza, jabłoń płonka, trześnia i inne [Różański, 2002]. Wprowadzanie na uprawy górskie sadzonek gatunków domieszkowych wymaga zastosowania technologii ich produkcji z zakrytym systemem korzeniowym, stosowania odpowiednich metod przechowywania nasion tych gatunków oraz oceny jakości pochodzeniowej [Wnioski, 2002].

Podstawowym problemem szółkarskim w terenach górskich jest zapewnienie możliwości pełnego wykorzystania rodzimych populacji leśnego materiału podstawowego, głównie wyłączonych drzewostanów nasiennych jodły, buka i świerka, jak też realizacja w praktyce gospodarczej bezpiecznego transferu leśnego materiału rozmnożeniowego. Roślinność pięter klimatycznych (regli) obejmuje ewolucyjnie wykształcone naturalnie klimaty, czyli zbiorowiska ukształtowane w wyniku presji selekcji naturalnej głównego czynnika ekologicznego, który oddziaływał w czasie ewolucji, jakim był klimat. Są to populacje najlepiej genetycznie przystosowane do specyficznych warunków określonego środowiska. W większości przypadków zbiorowiska te nie stanowią tzw. roślinności klimaksowej, czyli populacji roślinnych, które najbardziej odpowiadają siedlisku i nie ulegają zmianom genetycznym z pokolenia na pokolenie. Obserwuje się natomiast mniej lub bardziej inten-

sywne, dynamiczne procesy, polegające na zmianie składu gatunkowego i strukturalnego w kierunku dostosowania się populacji do stale zmieniających się warunków klimatycznych i środowiskowych. Wykształcone naturalnie piętra roślinne w górach nie mogą być zatem traktowane jako w pełni stabilne w perspektywie realizacji wieloletnich programów i strategii hodowlano-selekcyjnych przebudowy świerczyn, drzewostanów przedplonowych, a także zalesiania nieużytków i gruntów porolnych [Sabor, 2000].

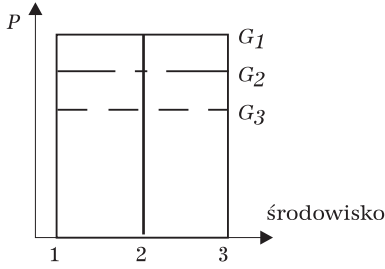
Gwałtowna zmiana klimatu, której trendy oceniane są na podstawie zmian temperatury i opadów, może spowodować, według prognoz Kromp - Kolb [Sabor, 2002], zahamowanie przyrostu, a także wystąpienie wszystkich objawów osłabienia, określonego jako syndrom choroby spiralnej. Zjawisko to coraz częściej dotyka naturalnie uformowane populacje gatunków lasotwórczych, praktycznie wszystkich regli górskich.

W takiej sytuacji nowe pokolenie kształtowane musi być w sposób sztuczny. Aby określić optymalny dobór sadzonek do poszczególnych pięter klimatycznych Karpat i Sudetów, musimy hodować odpowiednio przetestowany leśny materiał rozmnożeniowy, dostosowany do zadań hodowlanych określonych lokalnymi warunkami siedliskowymi upraw i możliwości doboru bazy nasiennej zlokalizowanej w poszczególnych piętrach klimatycznych, które stanowią odrębne strefy uprawowe. O powodzeniu zakładanych tam upraw, jak również w przedplonach i drzewostanach podlegających przebudowie, będzie decydować genetyczna reaktywność leśnego materiału rozmnożeniowego na zmianę warunków siedliskowych, często określana pojęciem plastyczności. Sadzonki reagują na transfer powierzchniowy i wysokościowy zmienną reaktywnością genetyczną, zależną od struktury genetycznej leśnego pochodzenia materiału rozmnożeniowego. Reaktywność ta, według Gallaisa [1990], powoduje zróżnicowane skutki hodowlane zakładanych upraw, oceniane m.in. procentem udatności oraz wzrostem i rozwojem sadzonek (ryc. 160). Adaptację genetyczną leśnego materiału rozmnożeniowego można ocenić metodą Finlay Wilkinsona (ryc. 161).

Warunkiem powodzenia hodowanego zakładanych upraw jest założenie, że sadzonki obcego pochodzenia są lepsze od odnowienia naturalnego lokalnego drzewostanu podlegającego przebudowie. Nie należy bowiem preferować odnowienia naturalnego tam, gdzie stwierdza się wszystkie negatywne objawy rozpadu drzewostanów (np. świerczyn), tj. braku adaptacji, zahamowania przyrostu oraz nadmiernego wydzielania się posuszu, uitożsamianego często z obcym pochodzeniem drzewostanu. Według prawa Hardy-Weinberga struktura genetyczna takich populacji pozostaje w pokoleniu potomnym taka sama. W takim wypadku nie można spodziewać się poprawy jakości drzewostanu odnawianego naturalnie [Sabor, 2006].

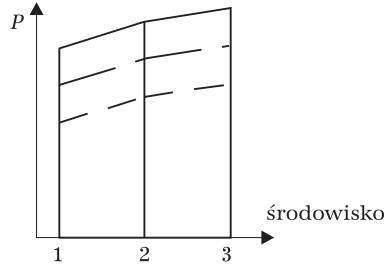
Według Giertycha [1989], cytując: „Zbieranie nasion do odnowienia z drzewostanów genetycznie gorszych niż normalne dla danego terenu na-

Wartość genotypu

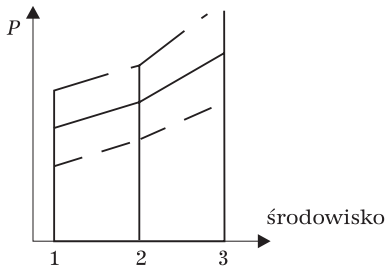


brak efektu genotypu (G) i siedliska (E) oraz interakcji $G \times E$

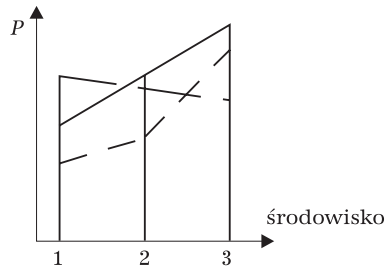
Wartość genotypu



istotny brak genotypu (G) i siedliska (E) oraz brak efektu interakcji $G \times E$

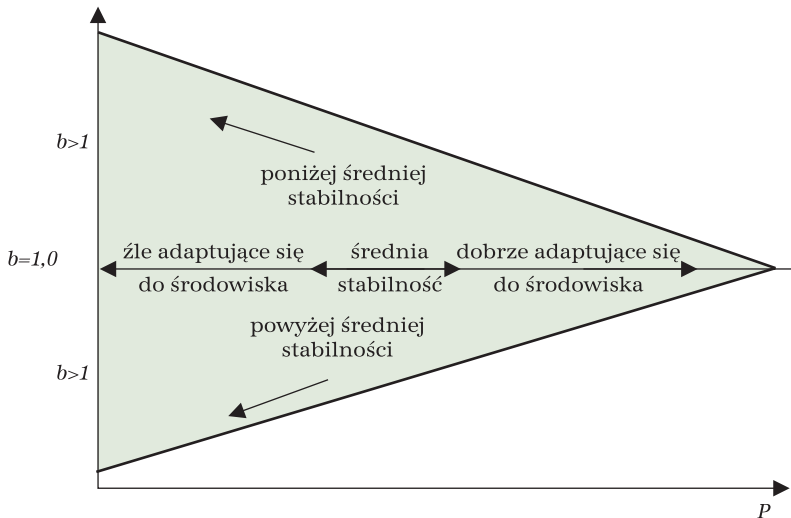


istotny efekt genotypu (G) i siedliska (E); istotna interakcja $G \times E$ bez zmiany klasyfikacji oceny wartości genotypu



istotny efekt genotypu (G) i siedliska (E); istotna interakcja $G \times E$ ze zmianą klasyfikacji oceny wartości genotypu

Ryc. 160. Reaktywność genetyczna wg Gallaisa [za Sabor, 2006]



Ryc. 161. Ocena adaptacji materiału sadzeniowego na uprawach, metoda Finley - Wilkinson [Sabor, 2006]

leży uznać za szkodliwe dla gospodarki leśnej, gdyż powoduje obniżenie jakości naszych lasów. Jeżeli do zalesień użyjemy innej niż lokalna rasy (pochodzenia), to poprawa lub obniżenie plonu będzie zależeć od wartości ras lokalnych i sprawdzonych”. Wartość potomstwa sprawdza się w uprawach porównawczych, testach i doświadczeniach proweniencyjnych.

Wieloletnia eksploatacja w drzewostanach górskich głównie jodły i buka spowodowała, że nie znamy aktualnej wartości genetycznej, wykształconych drogą selekcji naturalnej, lokalnych populacji tych gatunków. Jedynie pozostałe fragmenty drzewostanów zachowawczych mogą stanowić bazę reprodukcyjną naturalnych populacji tych gatunków w gospodarce hodowlanej Karpat Zachodnich i Sudetów. Skuteczność wprowadzania leśnego materiału rozmnożeniowego na uprawy górskie zależeć będzie zatem głównie od naszej wiedzy o wartości genetycznej jego drzewostanów rodzicielskich.

W działalności gospodarczej należy uwzględnić szczegółowe zasady regionalizacji powierzchniowej i wysokościowej zbioru nasion, przemieszczania materiału odnowieniowego oraz lokalizacji zakładanych upraw zgodnie z zaleceniami „Programu zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew leśnych w Polsce na lata 1991–2010” oraz „Leśnej regionalizacji dla nasion i sadzonek w Polsce” [załącznik nr 2 do „Programu zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew leśnych na lata 1991–2010”], a w zakresie regionalizacji wysokościowej metody Bałuta i Hessa [Bałut, 1972; Hess, 1965]. Według obowiązujących zasad tylko leśny materiał rozmnożeniowy (LMR), pochodzący z zarejestrowanych baz nasiennych w regionach pochodzenia, może być dopuszczony do obrotu i wykorzystany do zakładania upraw.

Przemieszczanie wysokościowe materiału sadzeniowego w górach musi uwzględniać zasięg jednej strefy klimatycznej pomiędzy drzewostanem nasiennym (matecznym) i lokalizacją planowanej uprawy (różnica $\pm 1^{\circ}\text{C}$), określony wysokością n.p.m. i ekspozycją uprawy według określonego wariantu regionalizacji pionowej, przyjętej dla Karpat i Sudetów [Fonder i in., 2007].

Aktualne zasady doboru selekcyjnego leśnego materiału rozmnożeniowego w terenach górskich przewidują wykorzystanie sadzonek lokalnych pochodzeń sosny górskiej (podhalańskiej), wyspowej oraz wdziarowej na terenie naturalnego występowania sośnin, a w przedplonach sosny wdziarowej oraz z pochodzeń północnych (Pomorze i Mazury) [Fonder i in., 2007].

Ocena jodły w doświadczeniach proweniencyjnych wskazuje na dużą wartość genetyczną pochodzeń z Beskidu: Sądeckiego, Wyspowego i Niskiego oraz Gorców, w porównaniu z przeciętną jakością jodły z Gór Słonnych, Bieszczadów oraz Pogórza Karpackiego i małej wartości populacji z Beskidu: Śląskiego, Małego i Żywieckiego. Analiza zmienności na poziomie pochodzeń wykazuje bardzo dobrą jakość jodły krynickiej z Powroźnika, jak też sąsiednich drzewostanów nasiennych w Bereście (Beskid Sądecki) [Sabor, 1994; Sa-

bor i in., 1996; Skrzyszewska, 1999a; Gunia, 1999]. Program regionalizacji nasiennej uwzględnia wykorzystanie sadzonek z siedmiu jodłowych matecznych regionów pochodzenia, z których dwa zlokalizowane są w Bieszczadach (804, 806) i jeden (803) w Beskidzie Sądeckim [Fonder i in., 2007].

Dla buka zaleca się wykorzystanie lokalnych drzewostanów nasiennych oraz potomstwo reprezentujące selekcję indywidualną. Przy transferze materiału rozmnożeniowego należy uwzględnić fakt, że przenoszenie nasion i sadzonek buka z odległych terenów nie ma uzasadnienia, gdyż gatunek ten charakteryzuje się, z wyjątkiem wczesności pędzenia wiosennego, wyraźną ekotypową zmiennością genetyczną. Należy również istotnie ograniczyć sprowadzanie nasion buka bieszczadzkiego, natomiast w szerszym stopniu wykorzystać populacje nasienne tego gatunku z Pogórza Karpackiego [Sabor i Żuchowska, 2002]. Górską regionalizacją pochodzeniową buczyn obejmuje dwa regiony mateczne bieszczadzkie (804 i 806), jeden beskidzki (801) oraz dwa sudeckie (701, 702) [Fonder i in., 2007].

W wypadku świerka, poza obowiązującym, dopuszczalnym zakresem wykorzystania nasion i sadzonek, określonym regionalizacją nasienną, obecnie sprawdzoną w warunkach Karpat, jest plastyczna populacja świerka istebniańskiego. Potwierdzają ten fakt pozytywne wyniki analizy cech adaptacyjnych świerka w doświadczeniu IPTNS – IUFRO 1964/1968 w Krynicy, w tym drzewostanów tej rasy, m.in. z Ujsoł, Rycerki – Kiczory, Węgierskiej Górki, Wisły 54A, a przede wszystkim z Istebnej (Bukowiec, oddział 149h) [Sabor 1996a, b, c; Bałut, Sabor, 2001, 2002].

Karpackie drzewostany nasienne świerka orawskiego, podobnie jak proveniencje świerka bieszczadzkiego, charakteryzują się mało jeszcze rozpoznaną wartością genetyczną [Sabor, 1998]. W regionalizacji nasiennej wyodrębniono w Karpatach Zachodnich i Sudetach cztery pochodzeniowe regiony mateczne świerka beskidzkiego (801, 802, 805, 808), jeden (807) świerka wschodniokarpackiego i dwa świerka sudeckiego [Fonder i in., 2007].

Dobór leśnego materiału rozmnożeniowego gatunków domieszkowych, m.in. modrzewia [Kulej, 2001] oraz jaworu, jesionu i lipy powinien uwzględniać podstawowe zasady wykorzystania, sprawdzonych pod względem hodowlanym, rodzimych górskich ekotypów drzew. Do celów hodowlano-selekcyjnych modrzewia europejskiego wyodrębniono w Sudetach trzy pochodzeniowe regiony nasienne (701, 702, 703) [Fonder i in., 2007].

Uzupełnieniem dotychczasowej bazy nasiennej powinny być, zakładane przez administrację Lasów Państwowych, plantacje nasienne oraz archiwa klonowe i pochodzeniowe. Ich przyszłe wykorzystanie ma istotne znaczenie dla gospodarki hodowlano-selekcyjnej terenów górskich Karpat i Sudetów [Sabor i in., 2003a, b].

Szkółkarstwo leśne w programach selekcji i zachowania zasobów genowych

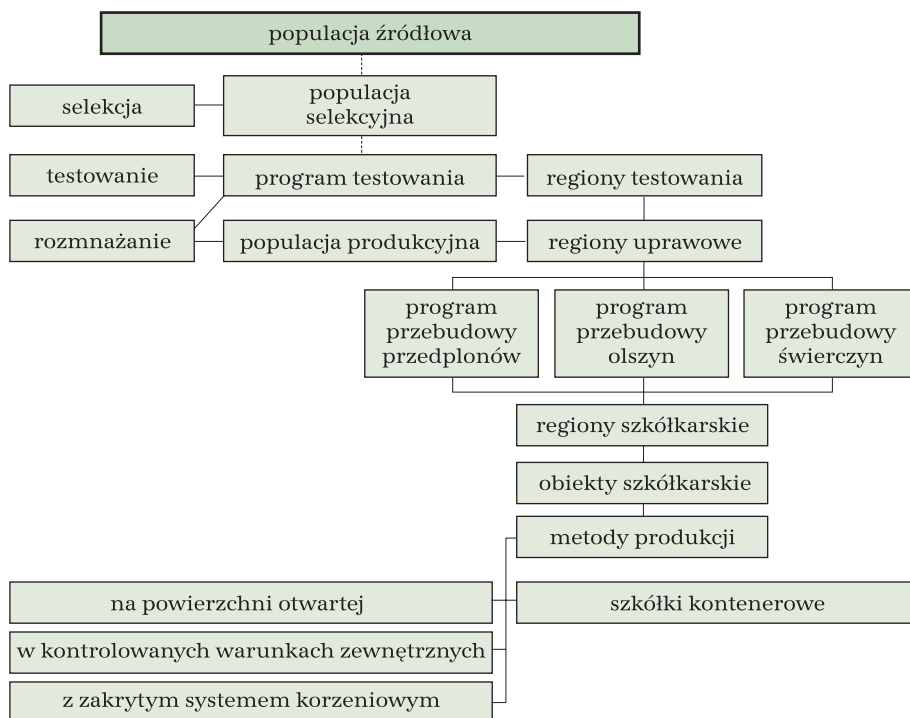
Specjalizacja produkcji szkółkarskiej, w tym również w nadleśnictwach górskich, jest obecnie jednym z najważniejszych zadań, jakie stoją przed polskim szkółkarstwem. W Polsce ponad 95% powierzchni leśnej odnawia się w sposób sztuczny. Wprawdzie odnawianie naturalne jest w lasach górskich dominujące, niemniej jednak wyzwania gospodarcze w sytuacjach klęskowych powodują, że skala odnowień sztucznych na uprawach karpackich i sudeckich rośnie z roku na rok.

Obecne badania wykazują trwałą destabilizację ekosystemów leśnych wyższych położen Sudetów i Karpat oraz zmniejszający się zakres zmienności genetycznej drzewostanów górskich [Niemtur, Janson za Saborem, 1995]. Istotny wpływ na profil produkcyjny szkółek terenów górskich ma również przyjęty program zwiększenia lesistości kraju do 30%, plan odnowienia lasu w reglu górnym oraz przebudowa drzewostanów, głównie przedplonowych. Dla terenów górskich planuje się istotne zwiększenie produkcji sadzonek w doniczkach oraz sadzonek hodowanych w warunkach kontrolowanych [Gorzela, 1993].

Według aktualnych prognoz w najbliższym czasie sytuacja ta nie zmieni się, co zmusza gospodarkę leśną do przyjęcia zasad wykorzystania leśnego materiału rozmnożeniowego w regionie jego pochodzenia i poza nim na podstawach genetycznych [Fonder i in., 2007]. Tylko takie założenie pozwoli na skuteczną realizację podstawowego zadania gospodarki leśnej, jaką jest zachowanie trwałości naszych drzewostanów w świetle zmian klimatu oraz zagrożenia ekosystemów leśnych. Wprowadzane do upraw leśnych sadzonki muszą gwarantować przekaz oczekiwanych, pozytywnych cech swoich drzewostanów rodzicielskich, również obecnych selekcyjnych populacji drzew doborowych, plantacji nasiennych i plantacyjnych upraw nasiennych.

Szkółkarstwo leśne w coraz to szerszy sposób zostaje włączone w realizację programów selekcyjnych, łączących wybór populacji selekcyjnych z oceną testowania ich potomstwa oraz rozmnażaniem zróżnicowanymi metodami kwalifikowanego materiału sadzeniowego na potrzeby odnowieniowe upraw zakładanych w zróżnicowanych warunkach siedliskowych terenów pogórza i gór (ryc. 162) [Sabor, 1998 b, c].

Konieczność włączenia szkółkarstwa do programów selekcji wynika również z zasad gospodarki leśnej, określonych Dyrektywą Unijną i Ustawą Nasienną. W naszym kraju zasady te zostały uprawomocnione „Ustawą o leśnym materiale rozmnożeniowym” z 18 lipca 2001 r., przyjętą przez Sejm oraz uzupełnione wewnętrznymi przepisami Lasów Państwowych. Ustawa oraz rozporządzenia regulują zagadnienia pozyskiwania, produkcji i obrotu leśnym



Ryc. 162. Szkołkarstwo w programach selekcji [Sabor, 2007]

materiałem rozmnożeniowym, w tym również zasady dotyczące ustanowienia podziału na regiony pochodzenia LMP, jak też określenia ich granic oraz obszarów [Sabor, 2007].

Profil produkcji szkółkarskiej w górach określają lokalne programy hodowlane dla stref uprawowych, uwzględniające specyfikę m.in. przebudowy monokultur świerkowych i olszowych, zakładania oraz przebudowy przedplonów itp., zasadę wykorzystania lokalnej bazy nasiennej na podstawie oceny jej wartości genetyczno-hodowlanej i możliwości bezpiecznego transferu sadzonek. Regionalne programy hodowli selekcyjnej powinny określić prawidłowość doboru leśnego materiału rozmnożeniowego do zróżnicowanych warunków zakładanych upraw na terenach zdegradowanych, w drzewostanach do przebudowy oraz na powierzchniach zalesieniowych lub przedplonowych. Ogólne zasady tworzenia takich stref uprawowych dla nowoczesnego szkółkarstwa leśnego przy wykorzystaniu istniejących podziałów na regiony nasienne i programów selekcji przedstawiono na ryc. 162 [Sabor, 2006].

Przykładem tworzącej się regionalizacji szkółkarskiej są nowoczesne obiekty - szkółki kontenerowe. Większość z nich powstała w wyniku konieczności szybkiego wyhodowania sadzonek dających gwarancję dobrej udatności

zakładanych upraw w warunkach m.in. klęski ekologicznej w Sudetach (szkółka w Kostrzycy) czy też zdegradowanych w wyniku pożaru terenów leśnych (szkółka w Rudach Raciborskich). Szkółka kontenerowa w Rudach Raciborskich produkuje obecnie materiał odnowieniowy również na potrzeby „Programu przebudowy Beskidów” [Rzońca, 2006].

Szkółki

Szkółki podokapowe

 LEON JAGODA, EDWARD GURGUL

Pojęcie „szkółka podokapowa” pojawia się w literaturze dotyczącej szkółkarstwa dość rzadko. W *Zasadach Hodowli Lasu* (2002 r.), w rozdziale 2 pt.: „Gospodarka szkółkarska” znajdujemy następujące stwierdzenie „...w terenie pofałdowanym w warunkach górskich oraz dla jodły i buka również na niżu można zakładać szkółki małe, w tym podokapowe”. W opracowaniu „Szkółkarstwo leśne ozdobne i zadrzewieniowe” [praca zbiorowa pod red. Ryszarda Sobczaka, Oficyna Edytorska „Wydawnictwo Świat”], w rozdziale pt.: „Rodzaje szkółek” wyróżniono szkółki otwarte i podokapowe przyjmując za kryterium osłonę górną. W tym samym opracowaniu, w części XII pt.: „Problematyka szkółkarstwa leśnego w warunkach górskich” również poświęca się szkółkom podokapowym kilka zdań. Sabor [1999] uznaje te szkółki za specyficzne dla szkółkarstwa górskiego. Według autora są to szkółki małe, do 0,50 ha, zakładane w drzewostanach z przewagą sosny, na glebach z dobrze wykształconą warstwą próchnicy i widoczną mikoryzą. Wykorzystują one osłonę drzewostanu. Szkółki te zakłada się jako czasowe, a gdy uzyskuje się dobrą jakość sadzonek, pozostawia jako stałe. Ze względu na warunki ekologiczne produkuje się na nich głównie jodłę i buka. Za mankament uznano ręczne wykonywanie prac. Opinie co do jakości sadzonek, szczególnie jodły, określono jako podzielone [za Tyszkiewiczem i Obmińskim, 1963].

W latach 1990–2008 w kilku nadleśnictwach RDLP Kraków (Gorlice, Gromnik, Łosie, Myślenice) produkowano na takich szkółkach sadzonki jodły. Do przebudowy rozpadających się sosnowych drzewostanów przedplonowych pod ich okapem posadzono sadzonki ze szkółek podokapowych. W latach 1990–1995 tylko w 2 nadleśnictwach. Obecnie szkółki podokapowe zakłada

się w latach pełnego urodzaju jodły, tworząc w miarę potrzeb rezerwę tych sadzonek do odnowień zgodnie z zapotrzebowaniem w poszczególnych latach. Przystępując do zakładania takich szkółek wykorzystywano informacje z prac naukowych i podręczników, a także wiedzę leśników praktyków, którzy produkowali sadzonki jodły na takich szkółkach w latach trzydziestych i pięćdziesiątych XX wieku.

Jodła dobrze odnawia się wzrastając pod osłoną drzewostanów sosnowych, brzoźowych, modrzewiowych, świerkowych lub z udziałem tych gatunków. Naloty jodłowe pod osłoną takich drzewostanów nie cierpią od przymrozków, mają zapewnioną wystarczającą ilość wilgoci w glebie, odpowiednią intensywność światła o korzystnym składzie spektralnym, a cienka warstwa próchnicy typu moder sprzyja kiełkowaniu nasion. Naloty jodłowe również obficie pojawiają się i utrzymują na odsłoniętej glebie mineralnej. Niewątpliwie w glebach tych występują naturalne mikoryzy. Te spostrzeżenia stanowią podstawę hodowli jodły w szkółkach podokapowych i mieszczą się w idei naturalnego kierunku hodowli lasu.

- **Wybór miejsca pod szkołkę.** Szkółki podokapowe, w miarę możliwości, zakłada się w pobliżu powierzchni, na których wykonywane będą prace odnowieniowe, związane z przebudową drzewostanu w formie podsadzeń pod osłoną drzewostanu. Zapewnia to warunki klimatyczne zbliżone do tych, w jakich sadzonki znajdują się w momencie sadzenia ich na uprawach, zgodnie z zasadami leśnej regionalizacji dla nasion i sadzonek, w tym regionalizacji pionowej w górach. Jest to niezwykle ważne podczas zakładania upraw w terenach górskich, ze względu na duże różnice we wznieśieniu terenu ponad poziom morza i związane z tym różnice klimatyczne.

Zakładanie szkółek podokapowych w terenie o lekkim nachyleniu północnym powoduje, że sadzonki tam produkowane później rozpoczynają vegetację, co umożliwi wydłużenie okresu wiosennych prac odnowieniowych. Wydłużenie natomiast cyklu produkcji sadzonek o rok lub dwa lata, a nawet do czterech i pięciu lat w wypadku jodły, umożliwi lepsze planowanie prac odnowieniowych. Szkółki te najczęściej zakłada się pod drzewostanami sosnowymi, o zadrzewieniu 03 oraz 04, zwarcu przerywanym, po usunięciu podrostu i podszytu oraz roślin runa leśnego. Tak przygotowany drzewostan daje sadzonkom wystarczającą osłonę przed niską temperaturą oraz dostateczną ilość światła, potrzebną do prawidłowego rozwoju sadzonek jodły. Powoduje to, że po skielkowaniu nasion pod okapem drzewostanu nie trzeba wykonywać prac związanych z ocienieniem i ochroną przed przymrozkami, co obniża koszty produkcji sadzonek. Osłona drzewostanu zapewnia również lepsze warunki wilgotnościowe gleby, wystarczające do produkcji sadzonek bez stosowania systemów nawadniających.

W wymienionych wcześniej nadleśnictwach nie ma gleb o składzie granulometrycznym odpowiednim do produkcji szkółkarskiej, czyli piasków

slabogliniastych czy gliniastych lekkich. Poszukiwano więc gleb o najlepszych właściwościach, ale były to i tak najczęściej gliny. Niemniej jednak i takie gleby przez 4 czy 5 lat, przy odpowiedniej uprawie, zapewniały korzystne warunki pod względem właściwości powietrznych, wodnych i zawartości składników odżywczych.

W górach szkółki podokapowe zakłada się na siedlisku lasu wyżynnego i górskiego, na glebach brunatnych, glinach średnich z udziałem części szkieletowych, a więc glebach gliniasto-kamienistych, stosunkowo przewiewnych. Gleba powinna być głęboka, dobrze wykształcona, z warstwą próchnicy typu „moder”. Bardzo ważną zaletą gleb pod drzewostanem jest występowanie naturalnej mikoryzy. Wielkość szkółki dostosowuje się do zapotrzebowania na materiał sadzeniowy. Kształt szkółek może być prostokątny lub kwadratowy. Ten drugi powoduje, że w przypadku konieczności ich grodzenia potrzeba mniej materiałów, co obniża koszty zakładania szkółek.

- **Przygotowanie gleby pod szkółki.** Powierzchnia pod szkółkę podokapową przygotowywana jest ręcznie. Do prac przygotowawczych należą: wycięcie podszytu i podrostu, wykarczowanie drobnych pni i wystających korzeni, wygrabienie drobnych gałęzi, usunięcie jeżyny i innych roślin runa oraz usunięcie krzewów, po otrząśnięciu ich korzeni z gleby. Tak przygotowaną powierzchnię w miesiącach poprzedzających zbiór nasion przekopuje się ręcznie łopatą na głębokość 15–20 cm, a następnie grabi głębie usuwając korzenie i kamienie oraz wyrównuje teren przygotowywany do siewu. Następnie powierzchnię szkółki dzielimy na kwatery, wyznaczamy drogi i ścieżki, z których pracownicy będą wykonywać prace związane z pielęgnacją szkółek, a także będą nimi transportowane sadzonki.
- **Siewy.** Siew w szkółkach podokapowych wykonuje się jesienią. W wyznaczonych znacznikiem lub motyką rzędkach siewnych, oddalonych od siebie o 10–15 cm, wykonuje się siew ręcznie w ilościach jak dla siewu pełnego, który zgodnie z Zasadami Hodowli Lasu wynosi dla jodły 7–12 kg/ar nasion, w zależności od ich klasy jakości. Normę siewu ustala się po ocenie jakości nasion metodą krojenia, w zależności od liczby stwierdzonych nasion zdolnych do skiełkowania w 1 kg zapasu. W przypadku mniejszej odległości rzędków i gdy siewy są zbyt gęste po trzech latach produkcji, w przypadku jodły przerzedza się ją wyjmując co drugi rządki sadzonek, a resztę pozostawia do dalszej produkcji. Sadzonki wyjmuje się ze szkółki w miarę potrzeb, nawet pięcioletnie, resztę pozostawia się jako wartościowe odnowienie. Wydajność sadzonek uzyskiwanych z 1 ara szkółki podokapowej dla jodły wynosi około 8–10 tys. sadzonek I klasy jakości. Szkółki podokapowe do produkcji jodły wykorzystywane są tylko raz. Jeżeli powierzchnia drzewostanu sosnowego jest dostatecznie duża, szkółki ta-



Ryc. 163. Szkółka podokapowa z sadzonkami jodły

kie zakłada się obok siebie, dostarczając sadzonki z kolejnych lat nasiennej (ryc. 163). W szkółkach podokapowych do hodowli sadzonek wykorzystuje się również, po odpowiednim przygotowaniu gleby, bardzo dobry naturalny obsiew jodły i obsiew górny, np.: dębu i buka, lecz sadzonki z nich wykorzystywane hoduje się w krótkim okresie, maksimum dwa lub trzy lata.

- **Pielęgnowanie szkółek.** W szkółkach podokapowych w zasadzie nie stosuje się nawożenia mineralnego. W przypadku osłabionego wzrostu lub niewłaściwego wybarwienia igliwia stosuje się niewielkie dawki nawozów azotowych, w ilości 1-2 kg/ar saletry amonowej w pierwszym roku, na przełomie czerwca i lipca, w pozostałych latach zależnie od potrzeb, w połowie maja. Nie ma również potrzeby stosowania środków ochrony roślin. Nie zanotowano przypadków zgorzeli siewek powodowanej przez grzyby. Sporadycznie zdarzają się minimalne wypadki trzy- i czteroletnich sadzonek, spowodowane przez szarą pleśń. Pielęgnowanie szkółek podokapowych polega na usuwaniu chwastów. Prace te wykonuje się ręcznie 2, 3 razy w roku, zależnie od potrzeb.

Sadzonki ze szkółek podokapowych mają krótsze systemy korzeniowe niż ze szkółek otwartych i nie wymagają podcinania systemu korzeniowego. Przy wydłużonym okresie produkcji, zwłaszcza takich gatunków jak dąb i buk, systemy korzeniowe wymagają podcięcia, jednak w warunkach szkółek podokapowych jest to niemożliwe.

W wypadku, gdy zagrożenie powstania szkód od zwierzyny jest małe, szkółki te mogą być nieogrodzone. W przeciwnym razie, na etapie prac przygotowawczych, należy szkółkę ogrodzić, wykorzystując do tego celu siatkę stosowaną do gradzenia upraw leśnych przed szkodami od zwierzyny o wysokości minimum 2 m.

Szkółki kontenerowe



WOJCIECH WESOŁY

Obecnie w Polsce mamy 5 dużych szkółek kontenerowych i kilka mniejszych, stosujących technologię kontenerową. W sumie, w 2007 roku, 81 mln sadzonek (8% produkcji) pochodziło z tzw. produkcji specjalistycznej – sadzonki produkowane w namiotach foliowych, inspektach i szklarniach [Zajączkowski, 2008]. Podstawowe wiadomości dotyczące produkcji w szkólkach kontenerowych czytelnik znajdzie w publikacji Szabli i Pabiana pt.: „Szkółkarstwo kontenerowe” [2003]. Należy się spodziewać, że zakres tego rodzaju produkcji będzie się zwiększał. Tendencje do hodowli sadzonek w technologii kontenerowej w małej skali szkółki nadleśnictwa należy popierać ze względu na stosunkowo małe koszty jej założenia. W dużych szkólkach kontenerowych duży koszt ich założenia przekłada się na znaczny koszt produkowanych sadzonek ze względu na ponad 50% amortyzację w cenie sadzonki [Szabla i Pabian, 2003].

Niezależnie od wielkości produkcji w technologii kontenerowej, należy zachować wszystkie reżimy związane z tym sposobem produkcji. Dlatego niżej podajemy, jakie jest niezbędne wyposażenie dla tego rodzaju produkcji wraz z komentarzem ułatwiającym podjęcie decyzji o rozpoczęciu produkcji w systemie kontenerowym w małej skali (około 200–500 tys. sadzonek), zaspokajającej potrzeby nadleśnictwa w tym zakresie.

- **Namiot foliowy.** W przypadku zakupu dużych tuneli foliowych (10×50 m) konieczny jest system otwierania na całej ich długości. Koszt takiego tunelu wraz z deszczownią przekracza obecnie 200 tys. zł. Dlatego możliwe jest stosowanie małych tuneli, często już wykorzystywanych w szkólkach, o wymiarach 6×30 m. Należy jednak kupić cieniówkę do przykrycia tunelu (ryc. 164).



Ryc. 164. Wyposażenie namiotu foliowego

- **Powierzchnia produkcyjna poza tunelem foliowym.** Należy przygotować dla każdego namiotu pola produkcyjne poza tunelem foliowym o przynajmniej podwójnej powierzchni tunelu. Kasety z siewkami, zależnie od gatunku, wywozimy po kilkutygodniowym pobycie w namiotach, gdzie możemy siać nasiona w kolejnym cyklu produkcyjnym. Zarówno w wypadku powierzchni w namiocie jak i poza nim konieczne jest wybranie miejsca bez spływu wód powierzchniowych oraz jej utwardzenie. W warunkach dużych szkółek środkiem transportowym jest wózek widłowy i wtedy konieczne jest stałe utwardzenie powierzchni. W przypadku produkcji w małej skali możliwe jest wyłożenie namiotu i pól produkcyjnych czarnym pokryciem akrylowym, przepuszczającym wodę, ale jednocześnie wstrzymującym wzrost chwastów z podłoża. Chodzenie, a nawet przejazdyci ciągnikiem nie uszkadzają tego pokrycia.
- **Deszczownie.** Najlepiej wykorzystywać deszczownie w postaci ramp deszczujących, ze względu na równomierne podlewanie czy nawożenie z jej użyciem (ryc. 165). Deszczownie takie mają wyliczony większy wydatek wo-



Ryc. 165. Rampa deszczująca

dy w skrajnych odcinkach ramp deszczujących, co w efekcie pozwala na równomierne podawanie wody i nawozu na całej szerokości powierzchni deszczowania. Z naszych doświadczeń wiemy, że stosowanie tanich, rotacyjnych deszczowni ze zraszczaczami typu „Hadar”, w odpowiednim ich zagęszczeniu, pozwala także na zadowalającą produkcję sadzonek w szkółkach leśnych.

- **Kasety.** U nas są stosowane kasety „Hiko” oraz styropianowe. Przed podjęciem decyzji o zakupie kaset należy zapoznać się z informacjami na ten temat, zawartymi w cytowanej już pozycji Szabli i Pabiana [2003]. Należy zwrócić uwagę, że wcześniejsze informacje dotyczące mniejszego ryzyka

związanego z przemarzaniem systemów korzeniowych w pojemnikach styropianowych w wypadku dużych spadków temperatury nie są prawdziwe.

- **Palety.** Pojemniki „Hiko” i inne podobnego typu muszą stać na paletach. Takie umieszczenie kaset produkcyjnych umożliwia dostęp powietrza do korzeni i jednocześnie zabezpiecza w znacznym stopniu ich wzrost poza kasetę. Można używać palety drewniane, ale znacznie trwalsze i wygodniejsze w użyciu są metalowe. Dobrym przykładem palety dla szkółek mniejszych, gdzie nie stosuje się wózków widłowych, są palety stosowane w Nadleśnictwie Tychowo (RDLP Szczecinek). Palety takie wraz z wypełnionymi kasetami mogą swobodnie przenosić 2 osoby. Podobne rozwiązanie jest stosowane także w szkółce Nadleśnictwa Babimost (RDLP Zieleną Górą). W przypadku pojemników styropianowych ustawienie ich na paletach polepsza warunki wzrostu sadzonek. Należy przyjąć jako zasadę, że w szkółkach o mniejszej produkcji pojemniki z sadzonkami zdejmują się z palet na powierzchnię gruntu przed okresem ich zimowania. Zabieg ten zdecydowanie zmniejsza ryzyko przemarzania korzeni w najgroźniejszym dla produkcji okresie wczesnej zimy.
- **Dozownik.** Nabycie dozownika jest niezbędnym warunkiem właściwego podawania nawozów w tunelu foliowym i na polach produkcyjnych. W przypadku mniejszych powierzchni produkcyjnych konieczne jest wykonanie rurowego obejścia dozownika, umożliwiającego podawanie wody nad sadzonki częściowo przez dozownik wraz z nawozem i jednocześnie poza dozownikiem. Tylko taki system pozwala na ustawienie nawożenia poprzez dozownik wymaganymi, małymi dawkami nawozów.
- **Konduktometr.** Właściwe ustawienie dozownika jest możliwe poprzez konduktometryczne zmierzenie zastosowanej dawki nawozów, mierzonej bezpośrednio nad nawożonymi sadzonkami. Tylko taki pomiar umożliwi skuteczne i pewne ustawienie dawki nawozu, zmieniającej się w sezonie wegetacyjnym.
- **Substrat.** Najważniejszą cechą substratu jest jego właściwe napowietrzenie. Dlatego do produkcji substratu w przypadku stosowania technologii kontenerowej nadaje się tylko torf wysoki, z dodatkami umożliwiającymi utrzymanie właściwej pojemności powietrznej do prawidłowego wzrostu korzeni. W początkowych latach stosowania w naszym kraju technologii kontenerowej, właśnie przede wszystkim substrat decydował o udanej lub nieudanej produkcji sadzonek drzew leśnych. Obecnie problem jest rozwiązany, gdyż właściwy substrat jest produkowany w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie (RDLP Katowice) i tylko tam należy się zaopatrywać w niego do wypełniania pojemników do produkcji sadzonek w szkółkach leśnych.
- **Nawozy dolistne.** W przypadku produkcji sadzonek w pojemnikach o ich wzroście decyduje stosowanie nawozu wieloskładnikowego w formie do-

listnej (poprzez deszczownię i dozownik). W substracie jest niewielka ilość nawozu startowego, ale o wzroście decyduje pokarm, jaki dostarczamy w niskich, ale częstych dawkach poprzez deszczownię. Badania porównawcze między produkcją w substracie z nawozami startowymi oraz bez tych nawozów wskazywały na nieistotne różnice między przyjętymi wariantami na końcu sezonu wegetacyjnego. Jakość nawozu i stosunkowo mała zawartość azotu pozwala z dużym powodzeniem stosować sztuczną mikoryzację korzeni sadzonek.

- **Siewniki.** Nasiona gatunków liściastych wysiewa się ręcznie do pojemników. W przypadku gatunków iglastych lepiej jest stosować sposób siania przyjęty w dużych szkółkach kontenerowych. Wysiewanie 1–3 nasion ręcznie do każdej celi pojemnika jest czynnością bardzo pracochłonną. Można wykorzystać linie siewne jednej z pięciu krajowych szkółek. Sposób ten



Ryc. 166. Łatwy do transportu moduł siewny

jest jednak niewygodny ze względu na konieczność transportu kaset do własnej szkółki. W wypadku stosowania kaset typu Hiko istnieje możliwość wypożyczenia łatwego do transportu modułu siewnego (ryc. 166) z Leśnego Zakładu Doświadczalnego w Siemianicach lub w Nadleśnictwie Tychowo (RDLP Szczecinek).

Najczęściej popełniane błędy przez szkółkarzy zaczynających produkcję sadzonek w technologii kontenerowej:

- źle przygotowany substrat, obecnie błąd eliminowany poprzez zakup substratu;
- stosowanie nasion o małej zdolności i energii kiełkowania, w takiej sytuacji lepiej wysiewać 2–3 nasiona i następnie po ich skielkowaniu wycinać nadmiar siewek w jednej celi kasety (takie postępowanie jest ekonomicz-

- nie uzasadnione w porównaniu z zostawianiem pustych cel do końca produkcji);
- przykrywanie nasion gatunków iglastych, to obecnie częsty błąd w pierwszych sezonach produkcji, a najczęściej stosowany piasek i żwir ma pH nieodpowiednie dla kiełkujących nasion, przy czym piasek jest dodatkowym elementem utrudniającym kiełkowanie nasion przy intensywnym nawadnianiu kaset w trakcie kiełkowania; jeżeli wysiane kasety ustawia się w namiocie, najlepiej jest wierzch kaset delikatnie poproszyć perlitem w taki sposób, żeby część nasion była widoczna, w tunelu foliowym natomiast należy utrzymywać bardzo wysoką wilgotność względną powietrza, co wystarcza w prawidłowym kiełkowaniu nasion; należy też rozważyć zakup elektrozaworów do deszczowni i zegara pozwalającego na automatyczne włączanie deszczowania – koszt nieduży, a eliminuje ryzyko przesuszenia kiełkujących nasion;
 - nawożenie niesprawdzonymi wcześniej, najlepiej w innych szkółkach, nawozami;
 - stosowanie tylko nawozów wieloskładnikowych o długim okresie rozkładu;
 - nieumieszczanie kaset na paletach;
 - zbyt późne wyjmowanie kaset z namiotu;
 - niewyjmowanie z kaset typu Hiko co drugiej sadzonki gatunków liściastych, które bez tego zabiegu rosną zbyt gęsto, co przy dużej wzajemnej konkurencji i dobrym odżywianiu prowadzi do gwałtownego wzrostu wysokości sadzonek;
 - przetrzymywanie sadzonek w kasetach dłużej niż jeden sezon i zimę;
 - sadzenie pod łopate, a nie specjalnymi kosturami, przez co wydajność sadzenia obniża się ponad 50%;
 - brak mycia i odkazania kaset.

Dodatkowe, bardzo szczegółowe informacje związane z całym procesem produkcji w technologii kontenerowej można znaleźć w 7 tomach „The Container Tree Nursery Manual” (Agric. Handbk. 674. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service):

- Volume One Planning, Development, and Management
- Volume Two Containers and Growing Media (1990)
- Volume Three Atmospheric Environment (1992)
- Volume Four Seedling Nutrition and Irrigation (1989)
- Volume Five The Biological Component: Nursery Pests and Mycorrhizae (1990)
- Volume Six Seedling Propagation
- Volume Seven Seedling Processing, Storage, and Outplanting

Warunki mikroklimatyczne w namiotach foliowych

PIOTR ZAJĄCZKOWSKI

Metoda produkcji sadzonek w namiotach foliowych dotarła do polskiego leśnictwa ze Skandynawii oraz terenu dawnej Czechosłowacji. Początkowo opierała się głównie na doświadczeniach producentów warzyw i kwiatów [Gorzela, 2000]. Produkcja materiału sadzeniowego w namiotach foliowych, w zależności od zastosowanych środków technicznych, może odbywać się w ciągu całego roku lub też, tak jak jest ona wykorzystywana w polskim leśnictwie, nieznacznie wyprzedzać wegetację na otwartej powierzchni. Hodowla sadzonek w namiotach foliowych pozwala na znaczne uniezależnienie się od warunków atmosferycznych. Pod tego typu osłonami istnieje ponadto możliwość kontrolowania i w znacznym stopniu kształtowania mikroklimatu korzystnego dla wzrostu sadzonek, a tym samym uzyskania wysokiej jakości materiału sadzeniowego.

Obecnie produkowanych jest wiele typów namiotów foliowych o różnych gabarytach i konstrukcjach. Dostępne są również w dużym wyborze urządzenia służące kontroli oraz sterowaniu mikroklimatem wewnątrz namiotów, takie jak: ogrzewacze powietrza, wentylatory, systemy irygacji, zamgławiacze, cieniówki, ekrany ciepła, a także systemy monitorujące w sposób ciągły warunki wewnątrz namiotów oraz sterujące tymi urządzeniami. W namiocie foliowym ulegają zmianie: temperatura oraz wilgotność powietrza i podłoża, intensywność światła, a także zawartość dwutlenku węgla w powietrzu, którego wpływ jest pomijany podczas produkcji materiału sadzeniowego. Są to czynniki niezmiernie istotne dla wzrostu i rozwoju roślin. Wszystkie te parametry, prócz stężenia CO₂, można w znacznym stopniu regulować stosując wietrzenie namiotów, ich ogrzewanie, cieniowanie, doświetlanie oraz zraszanie.

- **Temperatura powietrza i podłoża.** W namiotach foliowych, zależnie od ich wyposażenia technicznego, możemy mieć do czynienia z procesami wymiany ciepła pomiędzy [Wachowicz, 2006]:
 - powietrzem wewnątrz i ekranami ciepła,
 - otoczeniem i ekranami ciepła,
 - otoczeniem i powietrzem wewnętrznym podczas wentylacji,
 - powietrzem i glebą,
 - roślinami i powietrzem wewnętrznym podczas transpiracji i ewaporacji,
 - elementami grzejnymi i powietrzem,
 - elementami grzejnymi i glebą,
 - elementami grzejnymi i roślinami.

Występują tu również procesy wymiany masy pomiędzy:

- powietrzem wewnątrz i otoczeniem,
- powietrzem wewnątrz i ekranami ciepła,
- glebą i powietrzem,
- roślinami i powietrzem.

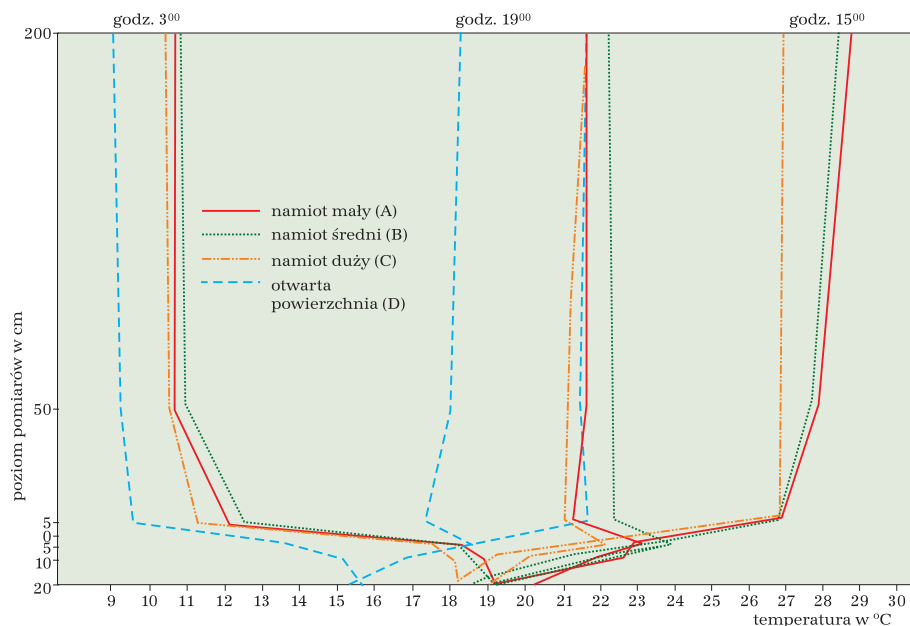
Pod osłonę z folii ciepło dociera w znacznym stopniu również dzięki promieniowaniu słonecznemu, którego intensywność zależy od: szerokości geograficznej, pory roku i dnia, zachmurzenia, zamglenia, zanieczyszczeń powietrza, rodzaju folii, jej grubości, wieku oraz stopnia zanieczyszczenia. Przedstawione procesy są silnie ze sobą powiązane. Świadomość ich istnienia ułatwia zaś sterowanie warunkami mikroklimatycznymi namiotu foliowego.

Temperatura powietrza i podłoża wywiera ogromny wpływ na wszystkie procesy życiowe sadzonek, przede wszystkim zaś na fotosyntezę, oddychanie oraz transpirację. Zarówno zbyt niska jak i zbyt wysoka temperatura hamuje lub całkowicie uniemożliwia fotosyntezę. U zimozielonych drzew iglastych rozpoczyna się ona już od -3 do -6°C i, w miarę wzrostu temperatury do wartości $15-35^{\circ}\text{C}$, zwiększa się jej intensywność. Powyżej tych wartości nad fotosyntezą zaczyna przeważać oddychanie. U drzew liściastych fotosynteza osiąga maksymalną wartość w temperaturze około 25°C [Gunia, Sobczak, 1981]. Temperatura ujemna może powodować przemarzanie sadzonek, a zbyt wysoka ich śmierć z przegrzania. Nie powinno się dopuszczać do wzrostu temperatury w namiocie foliowym powyżej 30°C . Każdorazowo zraszanie przyczynia się do obniżenia temperatury powietrza w namiocie o $5-8^{\circ}\text{C}$. Temperaturę pod osłonami obniża także wietrzenie i cieniowanie.

Ze względu na to, iż wzrost korzeni najintensywniej przebiega w temperaturze podłoża $20-22^{\circ}\text{C}$, przy 25°C słabnie, a przy 30°C prawie ustaje, trzeba kontrolować jego temperaturę [Gunia, Sobczak, 1981]. Zraszanie oraz cieniowanie są w stanie znacznie zmniejszyć temperaturę, szczególnie wierzchnich warstw podłoża.

Ponieważ procesy zachodzące w liściach są zależne od dostępności wody i substancji pokarmowych transportowanych z systemu korzeniowego, temperatura podłoża jest równie istotna jak temperatura powietrza. Absorpcja wody przez system korzeniowy siewek zwiększa się do pewnego stopnia wraz ze wzrostem temperatury. Razem z prądem transpiracyjnym z korzeni do liści przedostają się azot oraz inne substancje pokarmowe. Ich dostępność dla rośliny jest więc również limitowana temperaturą podłoża.

Warunki termiczne osłon o różnej wielkości różnią się znacznie między sobą, co dotyczy zarówno wartości średniej temperatury jak i występujących pod nimi amplitud temperatury (ryc. 167).



Ryc. 167. Warunki termiczne przy różnym rodzaju osłonach

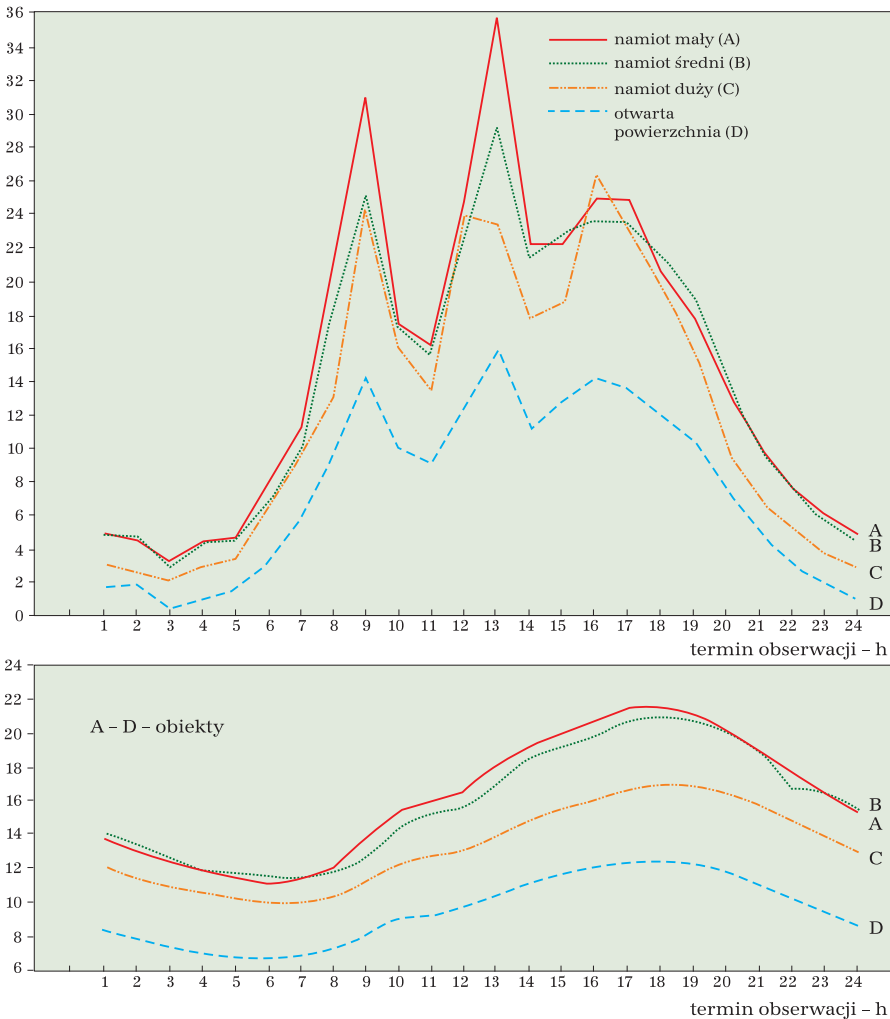
Przyspieszenie wzrostu sadzonek, będące jednym z głównych celów ich produkcji w namiotach foliowych, wymaga wyrównanych warunków termicznych podczas ich wzrostu. Takie wymagania spełniają lepiej obiekty o znacznych wymiarach i kubaturze. Gwarantują one największą stabilność warunków termicznych (większa bezwładność termiczna oraz najmniejsza amplituda temperatury) od małych szklarni, inspektów itp. Duże konstrukcje zwiększają ponadto możliwość zastosowania pełnej mechanizacji, pod warunkiem odpowiedniego rozplanowania wnętrza namiotu. Mikroklimat dużego namiotu sprzyja szczególnie wzrostowi buka zwyczajnego oraz olszy szarej [Gorzela, 2000].

Średniej wielkości namioty foliowe charakteryzują się przeciętnymi amplitudami temperatury, a także najwyższą temperaturą podłoża w porównaniu z dużymi i małymi obiektami. Ich mikroklimat jest najbardziej korzystny dla wzrostu siewek większości podstawowych gatunków lasotwórczych: sosny zwyczajnej, świerka pospolitego, modrzewia europejskiego, jodły pospolitej, brzozy brodawkowatej, olszy czarnej oraz dębu szypułkowego [Gorzela, 2000].

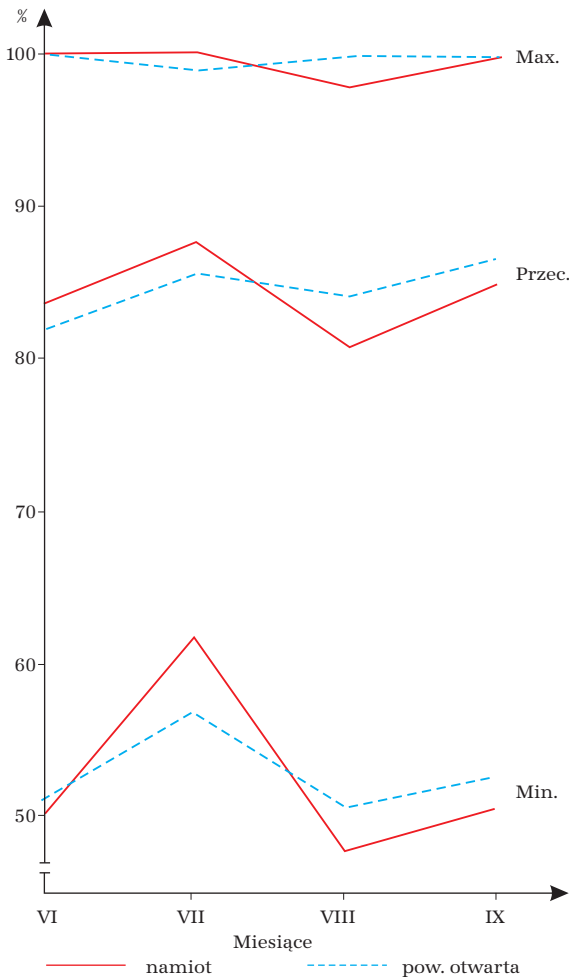
Małe namioty foliowe cechują największe amplitudy temperatury. Powietrze pod wpływem słońca nagrzewa się w nich szybko i mocno. Ciepło to równie szybko tracone jest nocą. Mikroklimat takich osłon okazał się być szczególnie korzystny dla jednorocznych siewek gatunków takich jak:

świerk kłujący, jedlica zielona, jodła olbrzymia, żywotnik zachodni oraz toполя osika [Gorzelał, 2000].

- **Wilgotność powietrza i podłoża.** Wilgotność powietrza i podłoża, podobnie jak ich temperatura, w istotny sposób wpływa na wzrost siewek w namiotach foliowych. Gdy jest zbyt mała – rośliny ulegają stresowi wodnemu, gdy zbyt duża, istnieje ryzyko intensywniejszego wystąpienia patogenów grzybowych, glonów, mchów i wątrobowców. Właściwe zaś wartości wilgotności powietrza oraz podłoża wpływają korzystnie na wzrost hodowanych siewek.



Ryc. 168. Wilgotność powietrza w zależności od rodzaju namiotu oraz w porównaniu z otwartą powierzchnią



Ryc. 169. Porównanie wilgotności powietrza w namiocie i na otwartej powierzchni

Wilgotność powietrza w namiocie foliowym kształtuje się inaczej niż na otwartej powierzchni (ryc. 168 i 169). Parowanie wody oraz jej kondensacja w znaczący sposób jest w stanie wpłynąć na właściwości termiczne wnętrza namiotu foliowego. Wiąże się to z bardzo wysokim, utajonym ciepłem parowania wody. Zjawisko to umożliwia ponadto chłodzenie się roślin w wyniku transpiracji. Wilgotność powietrza ma znaczący wpływ na intensywność fotosyntezy i wzrost siewek. Przy dużej wilgotności względnej powietrza (70–80%) obserwuje się intensywniejszą fotosyntezę przy mniejszej niż optymalna wilgotności podłoża (poniżej 60% polowej pojemności wodnej). Mała wilgotność względna powietrza (40–50%) wpływa hamująco na fotosyntezę [Gunia, Sobczak, 1981]. W okresie od wysiewu nasion do zakończenia okresu masowych wschodów wilgotność powietrza powinna

Ryc. 170. Wnętrze tunelu do hodowli sadzonek z urządzeniami cieniującymi i rampami do deszczowania



Ryc. 171. Stacja pomp do deszczowania, umożliwiająca również nawożenie dolistne sadzonek



być utrzymywana na wysokim poziomie, co eliminuje potrzebę częstej irygacji, zazwyczaj szkodliwej w tym okresie. Czas intensywnego wzrostu siewek wymaga pewnego zmniejszenia wilgotności względnej powietrza w namiocie. Dalszego jej ograniczenia potrzebują rośliny w okresie hartowania (ryc. 170 i 171).

- **Intensywność światła.** Światło jest najważniejszym czynnikiem odpowiedzialnym za przebieg fotosyntezy oraz fotomorfogenezy z jej najistotniejszym elementem – fotoperiodyzmem. Jego najważniejszym źródłem jest promieniowanie słoneczne. Wartość energii promieniowania, której istotą jest gęstość strumienia fotonów, wyrażana jest w jednostkach $\mu\text{mol/s/m}^2$ (mikromole na sekundę na metr kwadratowy). W słoneczne dni osiąga ona wartość $2000 \mu\text{mol/s/m}^2$ (450 W/m^2 , $108\,000 \text{ lx}$), a w pochmurne $60 \mu\text{mol/s/m}^2$ (15 W/m^2 , 3200 lx). Światło księżyca prezentuje energię

0,6 $\mu\text{mol/s/m}^2$. Przy natężeniu światła 0–20 $\mu\text{mol/s/m}^2$ (0–1100 lx) nad fotosyntezą przeważa oddychanie. Wzrost jego wartości od 20 do 50 $\mu\text{mol/s/m}^2$ (1100–2700 lx) powoduje wyrównanie natężenia fotosyntezy i oddychania (tzw. punkt kompensacji świetlnej). Takie oświetlenie umożliwia więc utrzymanie roślin przy życiu, lecz nie jest w stanie przyczynić się do ich przyrostu. Przy większym natężeniu światła nad oddychaniem przeważa już fotosynteza. Jej natężenie rośnie aż do momentu, gdy intensywność światła osiąga około 180 $\mu\text{mol/s/m}^2$ (9700 lx) [Landis i in., 1992].

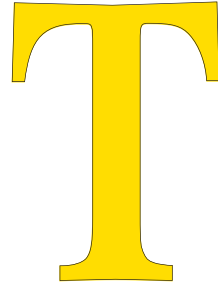
Namioty foliowe spotykane w polskich szkołkach leśnych najczęściej okrywane są folią polietylenową, choć możliwe jest zastosowanie folii wykonanych z innych plastycznych i przezroczystych tworzyw sztucznych. Folia polietylenowa o grubości 0,15–0,2 mm przepuszcza około 90% promieni światła widzialnego, przy czym po 3–4 miesiącach użytkowania jej przezroczystość zmniejsza się o 15–20% [Gorzelałak, 2000].

Rozmnażane generatywnie w polskich szkołkach leśnych gatunki drzew i krzewów zasadniczo nie wymagają ingerowania w stopień natężenia światła docierający do wnętrza namiotów foliowych. Cieniówki stosuje się czasem w okresie wschodów nasion oraz później, głównie ze względu na potrzebę ograniczenia temperatury pod osłonami oraz nagrzewania się roślin, jak też podłoża (ryzyko wystąpienia zgorzeli słonecznej).

Doświetlanie produkowanych sadzonek w naszych warunkach klimatycznych nie jest praktycznie stosowane. Na rynku jednak dostępne są w dużym wyborze różnego rodzaju lampy zapewniające odpowiednią intensywność fotosyntetycznie aktywnego światła, których użycie możliwe jest również w warunkach produkcji materiału sadzeniowego w namiotach foliowych.

Dobre rady:

Decydującym warunkiem utrzymania temperatury w granicach optymalnych do produkcji sadzonek jest możliwość otwierania namiotu na całą jego długość. Jeżeli nie dysponujemy tego typu namiotami, konieczne jest stosowanie cieniówek.



Testy i metody oceny uszkodzeń mrozowych sadzonek drzew leśnych



WOJCIECH WESOŁY, PAWEŁ M. PUKACKI

Powtarzające się co kilka lat nagłe spadki temperatury na początku zimy i długo utrzymujące się mrozy, przy braku pokrywy śnieżnej, są zasadniczą przyczyną uszkodzeń korzeni sadzonek w szkółkach leśnych. Problem jest szczególnie ważny w wypadku szkółek produkujących technologią kontenerową (sadzonki w pojemnikach umieszczonych nad powierzchnią gruntu). Przy cieplej jesieni i gwałtownym, długotrwałym obniżeniu temperatury przy powierzchni gruntu na początku zimy następuje przemarznięcie korzeni w granicach 80–100%. Sadzonki gatunków liściastych (dąb, buk) przed wydaniem ze szkółki muszą być wizualnie ocenione, czy korzenie są żywe. Sadzonki gatunków iglastych, w tym głównie sosny zwyczajnej, nie wykazują zewnętrznych objawów obniżenia ich żywotności na skutek przemarznięcia i zostają często wysadzone na uprawach.

Duże koszty związane z sadzeniem sadzonek o znacznie obniżonej żywotności, spowodowanej przemarznięciem korzeni i koniecznością ponownego odnawiania tych samych powierzchni w następnym sezonie, były zasadniczą przyczyną opracowania testów oceny sadzonek przed ich wydaniem ze szkółki. Pomimo dużej liczby testów [Burr i in., 2001; Wesoły, 2006], doświadczenia w tym zakresie innych krajów wskazują najczęściej na pomiar „dyfuzji jonów” w tkance korzenia [Dexter i in., 1932; Burr i in., 1990; McKay, 1992; Wesoły i in., 1998; Rithie i Landis, 2003]. Test ten jest bardzo dokładny i niezwykle przydatny do oceny stopnia uszkodzeń mrozowych sadzonek. Jednak praktyczne zastosowanie tego testu możliwe jest tylko w odpowiednio wyposażonym laboratorium i trwa w sumie 3 dni. W USA test ten wykonują na zlecenie szkółek 4 laboratoria [Rithie i Landis, 2003]. W krajach skandynawskich najczęściej stosowany jest test „Wydajność wzrostowa korzenia”

(RGC), który trwa przynajmniej 21 dni i wymaga drogiego oprzyrządowania. Wyniki tego testu, w warunkach Stacji Doświadczalnej Katedry Hodowli Lasu Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, dają także bardzo dobre rezultaty. Inną metodą, pozwalającą na określenie stanu fizjologicznego sadzonek, jest metoda TTC (tetrazolinowa), opisana przez Steponkusa i Lanpheara [1967]. Opracowane w kraju testy umożliwiają praktyczną ocenę sadzonek przez szkółkarza przed ich wyjęciem ze szkółki oraz, w przypadku częściowego przemarznięcia korzeni, szczegółową ich ocenę w warunkach laboratoryjnych [Wesoły i in., 2004].

Wstępna ocena sadzonek podstawowych gatunków drzewiastych bezpośrednio w szkółce

- **Test tetrazoliowy.** Test tetrazoliowy pozwala na określenie liczby żywych komórek w poszczególnych tkankach po wystąpieniu stresu niskiej temperatury, względnie powstałych uszkodzeń na skutek innych abiotycznych czynników. Metoda opiera się na reakcji enzymów z grupy dehydrogenaz z 2-, 3-, 5-trójfenylo-tetrazoliowym chlorkiem ($C_{19}H_{15}N_4Cl$), zwanym TTC. W żywej komórce pod wpływem dehydrogenaz ulega on redukcji do formazanu, związku nierozpuszczalnego w wodzie, dobrze rozpuszczalnego w rozpuszczalnikach organicznych, takich jak alkohole. Powstały formazan ma zabarwienie karminowoczerwone. Intensywność zabarwienia jest proporcjonalna do liczby żywych komórek. Martwe części tkanek wyraźnie różnią się od żywych brakiem karminowoczerwonego zabarwienia, jakie daje formazan. Słomkowy kolor oznacza, że komórki tkanek zostały wcześniej zabite lub silnie uszkodzone na skutek działania czynnika abiotycznego. Podstawową zaletą opisaną metody jest to, że pozwala ona wykryć uszkodzenia poszczególnych tkanek, merystemów w zawiązkach pędów, pąkach lub na wykonanych przekrojach podłużnych oraz można ją stosować, gdy dysponuje się niewielkimi ilościami materiału roślinnego. Do wykonania jednego pomiaru wystarcza masa tkanki o wadze 100 mg.

Metody oceny stopnia uszkodzeń mrozowych w warunkach laboratoryjnych

- Metoda oceny żywotności sadzonek poprzez dyfuzję elektrolitu - technika REL (Root Electrolyte Leakage - przewodnictwo elektrolityczne korzenia). Ta metoda oceny żywotności sadzonek wykorzystuje pomiar dyfuzji

elektrolitu z tkanki roślinnej. Gdy nieuszkodzoną tkankę umieścimy w odjonizowanej wodzie, wtedy przepływ zawartości z tkanki do odjonizowanej wody jest nieznaczny. Natomiast gdy w tych samych warunkach umieścimy tkankę uszkodzoną (dezintegracja błon cytoplazmatycznych), wtedy zwiększa się ilość wyzwolonego elektrolitu (wypływ jonów mierzony konduktometrycznie). Umieszczając tkankę korzeniową w odjonizowanej wodzie na 24 godziny, obserwuje się wypływ jonów z tkanki do otaczającej ją wody. Konduktywność powstałego roztworu bada się konduktometrem z elektrodą do pomiaru dyfuzji jonów oraz czujnikiem kompensującym różnice temperatury roztworu. Im większy przepływ jonów, tym większa konduktywność roztworu, co oznacza duży stopień uszkodzenia błon komórkowych, a zatem małą żywotność sadzonek. Stopień uszkodzenia tkanki oblicza się według wzoru:

$$REL = [a / (a + b)] \cdot 100$$

gdzie:

REL - % wypływu elektrolitu

a - % wypływu elektrolitu z żywej tkanki

b - % wypływu elektrolitu z martwej tkanki

- **Analiza uszkodzeń testem tetrazoliowym przy zastosowaniu kolorymetru.** Polega ona na pomiarze zdolności tkanki do redukcji TTC (chlorku 2-, 3-, 5-trójfenylotetrazoliowego). Wykonując pomiar ekstynkcji wyekstrahowanego etanolem formazanu, można określić stopień redukcji TTC. Dzięki temu zjawisku można określić stopień uszkodzenia tkanki. Pomiar absorpcji wykonuje się przy długości 530 nm, ustawiając jako próbkę odniesienia czysty 95% etanol, na dowolnym dostępnym kolorymetrze, np. „Specol”. Stopień uszkodzenia tkanek przez niską temperaturę wyrażamy stosunkiem ilości wytworzonego formazanu w przemrożonej (uszkodzonej) tkance do ilości powstałego formazanu w tkance kontrolnej (całkowicie zdrowej, niewystawionej na stres), według następującego wzoru:

$$\% \text{ redukcji TTC} = \frac{\text{ekstynkcja przy 530 nm dla tkanki badanej (E}_b\text{)}}{\text{ekstynkcja przy 530 nm dla tkanki kontrolnej (E}_k\text{)}} \cdot 100$$

Obniżenie się redukcji TTC poniżej 50% oznacza nieodwracalne uszkodzenia badanych tkanek (komórek) i przez to całych organów. Wykonywanie przez szkółkarzy testów bezpośrednio w szkółce oraz przekazywanie prób do wskazanych laboratoriów, eliminuje ryzyko wydawania ze szkółki sadzonek uszkodzonych przez niską temperaturę.

- **Ocena zmrożenia korzeni sadzonek w szkółce.** Ocena dotyczy sadzonek po przezimowaniu na kwaterach w szkółce.

Pobranie w szkółce prób do analiz

- **Termin pobrania.** Sadzonki pobieramy ze szkółki, w zależności od warunków atmosferycznych, w końcu lutego lub na początku marca. W wypadku występowania w tym okresie długotrwałych znacznych spadków temperatury, pobieranie próbek do oceny przekładamy na późniejszy termin. Z uwagi na fakt, że zasadnicze uszkodzenia mrozowe sadzonek występują przede wszystkim na początku zimy, nie musimy czekać ze sprawdzeniem ich żywotności do całkowitego ustąpienia mrozów. Pobranie prób do analiz musimy rozpocząć przynajmniej 12 dni przed prawdopodobnym terminem wydawania sadzonek ze szkółki.
- **Wielkość i sposób pobrania próby.** W szkółkach otwartych pobieramy losowo próby po 30 sadzonek z kwatery. W pierwszej kolejności będą to próby dla dębów (z wyjątkiem dębu czerwonego) i buka. W wypadku braku sadzonek dębu i buka w szkółce, pobieranie prób rozpoczynamy od kwater z modrzewiem i sosną. Sadzonki wyjmujemy losowo z różnych miejsc na kwaterze, uwzględniając przede wszystkim powierzchnie nieosłonięte ścianą drzewostanu. Osoby odpowiedzialne za produkcję szkółkarską podejmują decyzję o pobieraniu dodatkowych prób z miejsc szczególnie narażonych na oddziaływanie mrozów. W wypadku stwierdzenia uszkodzeń mrozowych u sadzonek dębu i buka, bezwzględnie konieczne jest pobranie kolejnych prób wszystkich gatunków przetrzymywanych przez zimę w szkółce oraz zwiększenie liczby pobranych prób z kwatery do co najmniej trzech.

W przypadku szkółek kontenerowych pobieramy próby po 30 sadzonek wszystkich gatunków przetrzymywanych przez zimę w szkółce. W pierwszej kolejności będą to próby wybrane losowo ze skrajnych kaset na polu zimowania. W przypadku stwierdzenia uszkodzeń mrozowych, zagęszcza się pobieranie prób do pięciu z pola zimowania sadzonek w kasetach.

Korzenie pobranych sadzonek należy włożyć do woreczka foliowego, zabezpieczając je przed wysychaniem (nie musi być szczelnie zawiązany) i zostawia się pobrane próby na 24 godziny w temperaturze pokojowej (20–21°C).

Wykonanie testów

Dla szkółek produkujących sadzonki z zakrytym systemem korzeniowym, w warunkach kontrolowanych przedstawione poniżej testy powinny być wykonywane obligatoryjnie, z uwagi na zwiększone ryzyko uszkodzeń mrozo-

wych korzeni w pojemnikach. W szkółkach otwartych decyzja o wykonaniu testu pomiaru admitancji musi być podjęta w przypadku podejrzenia o przemarznięcie korzeni.

- **Pomiar admitancji sadzonek.** Służy przede wszystkim do wstępnego oszacowania i wyeliminowania od razu sadzonek już martwych na skutek znacznego uszkodzenia korzeni. Admitancję mierzy się konduktometrem oznaczonym symbolem CC-401, do którego dołączona jest elektroda (czujnik konduktometryczny) zakończona stalowymi, poniklowanymi igłami, służącymi do wkłuwania w tkanki pędów, czy korzeni. Elektrody wkłuwają się około 1 cm poniżej szyi korzeniowej każdej pobranej sadzonki. Wkłute elektrody przytrzymuje się kilka sekund i odczytuje wartość w μS . Należy zwrócić uwagę na konieczność wkłuwania elektrod w sadzonki na tę samą głębokość. Zaleca się założenie na elektrody wycięte z gumy ograniczniki, umożliwiające wkłucie elektrod zawsze na podobną głębokość.

Uwaga: bezpośrednio po wkłuciu konduktometr może wskazywać wartość 200–300 μS , dlatego konieczne jest utrzymywanie wkłutych elektrod przez około 5 sekund, kiedy wartość mierzonej admitancji osiągnie poziom rzeczywisty dla mierzonej sadzonki. Stosowany przyrząd jest bardzo czuły, dlatego mierzona wartość ulega ciągłym zmianom, głównie w zakresie dziesiątych i setnych części (po przecinku). Przyjęta niżej skala wartości granicznych pozwala na podjęcie decyzji o eliminowaniu sadzonek zmarzniętych:

- jeżeli wartość odczytu wynosi 260–300 μS i wyżej, oznacza to, że sadzonki już są martwe;
- dla sadzonek zdrowych wartość odczytu obniża się do 25 μS i niżej (w warunkach pomiaru sadzonek w okresie spoczynku);
- pomierzone wartości pośrednie (26–259 μS) oznaczają częściowe uszkodzenie mrozowe korzeni sadzonek i w takim wypadku w szkółkach kontenerowych konieczne jest wykonanie drugiego testu TTC, w szkółkach natomiast otwartych, jeżeli to będzie możliwe, wykonuje się również test TTC, albo podejmuje decyzję o dopuszczeniu sadzonek do wydania zależną bezpośrednio od wyników analiz laboratoryjnych, po wysłaniu prób do wskazanych laboratoriów.

Uwaga: w przypadku pobierania prób w okresie nagłego wiosennego ocieplenia istnieje możliwość, że sadzonki już rozpoczęły okres wegetacyjny i wtedy dolną wartość graniczną należy podnieść do 35 μS .

- **Test TTC do oceny wizualnych uszkodzeń.** Wymaga wcześniejszego zakupu (przetarg) koniecznych odczynników. Najtaniej można je kupić w Polskich Odczynnikach Chemicznych S.A., z siedzibą w Gliwicach i wieloma oddziałami w kraju. Konieczny zakup:
 - 2-, 3-, 5-trifenyloitetrazolowy chlorek cz. (nr katalogowy POCH - 851590429),

- sodu fosforan dwuzasadowy (Na_2HPO_4) cz. (nr katalogowy POCH - 799230429),
 - potasu fosforan jednozasadowy (KH_2PO_4) cz. (nr katalogowy POCH - 742020429),
 - kwas solny (HCl),
 - wodorotlenek sodu (NaOH),
 - elektroda do oznaczania pH (w wypadku braku pH-metru).
- **Przygotowanie buforu fosforanowego.** Naważyć 13,4 g Na_2HPO_4 oraz 6,8 g KH_2P . Oba odczynniki wsypuje się do 1000 ml kolby miarowej, rozpuszcza w 500 ml wody destylowanej i dopełnia do 1000 ml, następnie ustala pH na 7,4. Wartość pH zmierzy się pehametrem lub konduktometrem - konieczna jest odpowiednia elektroda do pomiaru pH. Właściwe pH ustala się wodorotlenkiem sodowym (NaOH) - odkwaszanie i kwasem solnym (HCl) - zakwaszanie. Szczególnie przy zakwaszaniu HCl można łatwo przekroczyć żadaną wartość pH, dlatego kwas podaje się delikatnie kroplami z pipety, cały czas mieszając elektrodą roztwór.
 - **Przygotowanie roztworu TTC.** Do kolby miarowej naważa się 1 g trifenyloterazoliowego chlorku i rozpuszcza w 100 ml uprzednio przygotowanego buforu fosforanowego. Daje to 1% roztwór. Przygotowany bufor umożliwia wykonanie 10 roztworów w osobnych naczyniach, umożliwiając jednocześnie ocenę 10 prób.
 - **Przygotowanie tkanek roślinnych do analizy.** Odcinki korzeni pobiera się po jednym z każdego korzenia, z miejsc umożliwiających ich przecięcie wzdłuż osi podłużnej. Po przecięciu wzdłuż osi podłużnej szybko zanurza się wycinki korzeni w naczyniu szklanym z roztworem TTC. Należy zwrócić uwagę, aby analizowane organy były całkowicie zalane roztworem. W tym stanie próbki poddawane są inkubacji w temperaturze pokojowej przez 26 godzin lub w temperaturze 30°C przez 18 godzin, przy osłonięciu próbek przed dostępem światła. Czas inkubacji może być dłuższy w przypadku gatunków iglastych. Równocześnie z testowanymi organami, w stosunku do których istnieje przypuszczenie, że mogą być uszkodzone, barwieniu poddaje się wycinki (tkanki) całkowicie zdrowe (jeżeli takie są dostępne). Po wymienionym okresie czasu próbki przepłukuje się wodą destylowaną, a następnie wzrokowo określa barwę poddanych analizie tkanek. Można w tym celu posłużyć się binokulem lub innymi powiększającymi szklami. Powstały w tkankach formazan ma zabarwienie karminowoczerwone. Intensywność zabarwienia jest proporcjonalna do ilości żywych komórek. Martwe części tkanek wyraźnie różnią się od żywych brakiem karminowoczerwonego zabarwienia, jakie daje formazan. Słomkowy kolor oznacza, że komórki tkanek korzenia zostały wcześniej zabite lub silnie uszkodzone wskutek działania mrozów. Szczególnie dobrze są widoczne różnice w zabarwieniu poprzez porównanie z moczoną w roz-

tworze TTC zdrową tkanką. Potwierdzenie połowy (15) wycinków z martwymi (niezabarwionymi) tkankami korzenia wraz z wcześniej pomierzoną admitancją pozwala na podjęcie decyzji o eliminowaniu zmarzniętych sadzonek. W przypadku, gdy szacowane wycinki są w znacznej części zabarwione, można się spodziewać, że sadzonki są jeszcze żywe i wtedy należy określić stopień uszkodzenia mrozowego tkanki korzenia, a tym samym podjąć decyzję o wysadzeniu na uprawy sadzonek o mniejszej żywotności.

Ocena korzeni sadzonek, które doznały tylko częściowych uszkodzeń mrozowych, jest możliwa tylko przy przeprowadzeniu testu laboratoryjnego, określającego stopień uszkodzenia. Proponowane testy laboratoryjne są bardzo dokładne. Podjęcie decyzji o ewentualnym wydaniu sadzonek częściowo uszkodzonych będzie możliwe tylko przy znacznym zagęszczeniu pobranych w szkółce prób. Tylko gwarancja dobrze, losowo pobranych prób w szkółce zmniejsza ryzyko podjęcia błędnych decyzji o wydaniu sadzonek. Poniesienie niewielkich kosztów analiz laboratoryjnych będzie opłacalne przy większych partiach sadzonek przetrzymywanych w różnych warunkach szkółki, co może decydować o różnym stopniu uszkodzenia mrozowego korzeni.

- **Wysyłanie sadzonek do analiz laboratoryjnych.** W przypadku pomiaru tylko admitancji elektrycznej sadzonek istnieje możliwość wysłania tych samych prób, którym mierzono admitancję. Testowane sadzonki testem TTC zostały zniszczone i należy pobrać kolejne próby. Wykonywane testy laboratoryjne są bardzo dokładne. Podjęcie decyzji o ewentualnym wydaniu sadzonek częściowo uszkodzonych będzie możliwe tylko przy znacznym zagęszczeniu pobranych w szkółce prób. Tylko gwarancja dobrze, losowo pobranych prób w szkółce zmniejsza ryzyko podjęcia błędnych decyzji o wydaniu sadzonek. Każdą próbę (po 30 sadzonek) pakuje się do foliowego worka i zbiorczo wysyła wszystkie próby w kartonie. W przypadku sadzonek bardzo wysokich dopuszcza się wysyłanie tylko ich korzeni, które odcina się w szyi korzeniowej. Do każdej próby należy bezwzględnie dołączyć wynik pomiaru admitancji i testu TTC, jeżeli taki był w szkółce robiony.

Uwaga: W wypadku niekorzystnych warunków atmosferycznych (silne, długotrwałe mrozy), w okresie wiosennym występuje zjawisko suszy fizjologicznej, tzn. wysoka temperatura powietrza powoduje zwiększoną intensywność transpiracji, a zamrznięta gleba nie pozwala korzeniom na uzupełnienie ubytków wody w sadzonce. W skrajnych przypadkach może dopiero w tym okresie dojść do zamierania sadzonek. W takich sytuacjach lepiej odłożyć decyzję o wydaniu sadzonek o 4 dni i na losowej partii wykonać analizę oceny ich stanu fizjologicznego według instrukcji.

W

Wielolatki – formowanie systemów korzeniowych

Szkółkowanie

WOJCIECH WESOŁY, WOJCIECH KOWALKOWSKI, MIECZYSLAW PIÓRKOWSKI

Szkółkowanie to przesadzanie w luźniejszym rozmieszczeniu (więźbie) siewek, przeważnie jednoletnich, rzadziej młodszych lub starszych, w celu stworzenia im korzystniejszych warunków wzrostu i rozwoju. Zabieg ten zaczęto stosować w szkółkach leśnych w końcu XIX i na początku XX wieku. W latach pięćdziesiątych ubiegłego wieku w USA i Europie Zachodniej czynność tą zmechanizowano, co zdecydowanie przyczyniło się do szerszego wykorzystania w produkcji sadzonek drzew leśnych materiału szkółkowanego [Landis i Scholtes, 2003]. W praktyce szkółkowanie ma doprowadzić do wyprodukowania sadzonek o wysokiej jakości (wyższych i z prawidłowo wykształconym systemem korzeniowym). Szkółkowanie przyczynia się do wytworzenia u sadzonek skupionego, bogatego w liczne drobne korzenie, niezbyt głębokiego, systemu korzeniowego [Ritchie, 2003].

Decyzję o szkółkowaniu podejmuje się również w sytuacji niewielkiej ilości nasion, przy dużym zapotrzebowaniu na sadzonki. W praktyce szkółkarskiej szkółkowanie stosowane jest również do niewykorzystanych sadzonek, które trafiają do szkółki po pracach zalesieniowych i odnowieniowych. Wtedy każda sadzonka po zaszkołkowaniu może być wykorzystana w następnym sezonie. Stosuje się przede wszystkim trzy główne systemy szkółkowania [Landis i Scholtes, 2003]:

1. Szkółkowanie z mniejszego kontenera do większego.
2. Szkółkowanie z kontenera do gruntu.
3. Szkółkowanie z gruntu do gruntu.

W Polsce stosuje się także szkółkowanie z gruntu do pojemnika, służące przede wszystkim jodle pospolitej [Kosterkiewicz, 1990]. W szkółce kontenerowej w Nadleśnictwie Oleszyce ten sposób jest stosowany przy szkółkowaniu jodły pospolitej z gruntu lub inspektów do pojemników styropianowych [Szabla i Pabian, 2003].

Szkółkowanie z kontenera o mniejszej objętości do kontenera o większej pojemności substratu jest obecnie szczególnie popularnym systemem w szkółkach kontenerowych [Ritchie, 2003]. W naszym kraju system ten został zaproponowany [Wesoły, 1994] dla świerka pospolitego i jest z powodzeniem stosowany w szkółce kontenerowej w Kostrzycy [Wesoły, 1998, 1999a].

Dotychczas zbyt mało wykorzystujemy w kraju szkółkowanie z kontenera do gruntu (plug +1). Sposób ten, z wykorzystaniem dostępnych w kraju pojemników HIKO V50, bardzo przyspiesza szkółkowanie, jednocześnie zabezpieczając przed zakrzywianiem korzeni w procesie szkółkowania, np. świerka pospolitego. Produkcja materiału do szkółkowania w kasetach V50 pozwala na szkółkowanie w szpary wykonane typowym szparownikiem [Wesoły, 1999b].

Więźba szkółkowania zależy od okresu produkcji oraz właściwości biologicznego gatunku. Powinna ona również zapewniać warunki sprzyjające mechanizacji prac pielęgnacyjnych i ochronnych. Szkółkuje się przeważnie w więźbie prostokątnej, dając 2-, 4-krotnie mniejsze odstęp między sadzonkami, niż między rzędami w szkółkach leśnych, w zależności od wymagań gatunku, na grzędach co 25 i 33,3 cm, a na całych kwaterach co 50 cm (tabela 50). Często w krajowych szkółkach stosujemy zbyt gęstą więźbę szkółkowania, szczególnie świerka pospolitego (co 4 cm).

Najczęściej szkółkuje się siewki: świerka pospolitego, modrzewia, jodły pospolitej, daglezi zielonej, a z gatunków liściastych: olsze, lipy, wiązy i grab. Sadzonki szkółkuje się wiosną, latem lub jesienią. Najczęściej stosowane jest szkółkowanie wiosenne. Pora ta nadaje się dla wszystkich gatunków. Najwcześniej należy szkółkować modrzewie, a w następnej kolejności brzozy, olsze i inne liściaste, a w dalszej kolejności świerki i jodły. Daglezje najlepiej przesadzać, gdy pączki sadzonek zaczynają nabrzmiewać, wyjmując je w dniu szkółkowania. Zasada jest nierozpoczynanie szkółkowania, gdy temperatura gruntu nie jest mniejsza niż 8°C. Drugim ważnym czynnikiem decydującym o udatności szkółkowania jest wilgotność gruntu [Teskey i Hinckley, 1981].

Szkółkowanie wiosenne stosowane jest do świerka jako materiału jednorocznego lub dwuletniego, podobnie jak sadzonek jodły pospolitej, sosny limby i cisa pospolitego, a niekiedy także modrzewia, daglezi, grabu i lipy. Po zaszkołkowaniu sadzonki te rosną w szkółce 1–2 lata, uzyskując symbol produkcyjny 1/1 (dwulatka szkółkowana po pierwszym roku), 1/2, 2/1, 2/2, 2/3. W Polsce tylko wyjątkowo (w warunkach górskich) podlegają szkółkowaniu

Tabela 50.

Więźby stosowane przy szkółkowaniu [Sobczak, 1999 – zmodyfikowane]

| Gatunek | Cel produkcji | Odległość między rzędami (cm) | Odstęp w rzędach (cm) | Liczba sadzonek na 1 ar |
|-------------------------------------|--|-------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Świerk i jodła | 2/1, 1/2, 0,5/1,5 1,5/1,5, 2/2, 2/3 | 25 | 8 | 3200 |
| | | 25 | 10 lub 15 | 4000–2667 |
| Modrzew | 1/1 1/2, 2/1 | 25 | 10 lub 15 | 4000–2667 |
| | | 25 | 15 | 2667 |
| Daglezja | 1/1 1/2, 2/1 | 25 | 10 lub 15 | 4000–2667 |
| | | 33,3 | 15 lub 20 | 2002–1501 |
| Buk i dąb | 1/1 2/1 2/2 | 25 | 10 | 4000 |
| | | 25 | 10 lub 15 | 4000–2667 |
| | | 33,3 | 15 lub 20 | 2002–1501 |
| Brzoza, olsza i osika | 1/1 | 25 | 15 | 2667 |
| Jawor, klon, jesion, wiąz i lipa | 1/1 2/1 2/2 | 25 | 10 lub 15 | 4000–2667 |
| | | 25 | 15 | 2667 |
| | | 33,3 | 20 | 1501 |
| Krzewy liściaste | 1/1 | 33,3 | 15 lub 20 | - |

3/0-letnie sadzonki jodły pospolitej, aby otrzymać sadzonki 3/1 lub 3/2. W tym czasie sadzonki mogą być objęte zabiegiem podcinania korzeni na głębokości około 15 cm.

Szkółkowanie letnie, od połowy lipca do końca sierpnia, stosuje się głównie do świerka, którego przesadza się jako materiał półroczny (wyprodukowany w warunkach kontrolowanych) lub półtoraroczny, uzyskując w efekcie sadzonki dwuletnie o symbolu 0,5/1,5 (dwulatka szkółkowana po pół roku) lub sadzonki trzyletnie o symbolu 1,5/1,5. Szkółkowanie letnie można zastosoować także do jodły pospolitej i daglezi, gdyż ich korzenie rosną w tym czasie intensywnie. Warunkiem dużej udatności jest utrzymanie gleby w odpowiedniej wilgotności, co w szkółkach z systemem deszczowania nie jest problemem. Poważnym zagrożeniem dla sadzonek szkółkowanych latem są intensywne opady deszczu, które mogą spowodować duże straty.

Szkółkowanie jesienne, przede wszystkim sadzonek modrzewia oraz gatunków liściastych, przeprowadza się zwykle w końcu września. Przy zbyt późnym szkółkowaniu sadzonki mogą nie zdążyć się w pełni ukorzenieć, co powoduje potrzebę osłony międzyrzędów materiałami ochronnymi.

Glebę przed szkółkowaniem przygotowuje się podobnie jak pod siew. Materiał do szkółkowania powinien być sortowany. Odrzuca się sadzonki uszkodzone mechanicznie, widlaste i krzaczaste. Nadmiernie długie korzenie można przed szkółkowaniem nieco skrócić, u iglastych i liściastych – niewytwa-

Ryc. 172. Narzędzia przydatne w szkółkowaniu sadzonek: szparownik do wyciskania bruzd (z prawej u góry) oraz łopatkę do zaciskania systemów korzeniowych w glebie



rzających silnego korzenia palowego – do około 15 cm, a u liściastych tworzących taki korzeń, do około 20 cm. Formowanie koron i skracanie pędów przed szkółkowaniem stosuje się tylko wyjątkowo. Wskazane jest także sortowanie sadzonek według wielkości, co ułatwi wyhodowanie względnie równomierne rozwiniętych sadzonek.

W krajowych szkółkach szkółkowanie wykonuje się przede wszystkim ręcznie, z wykorzystaniem szparownika (ryc. 172). Część szkółek dysponuje sprzętem do mechanicznego szkółkowania, ale najczęściej nie jest on wykorzystywany. Przy częściowo zmechanizowanym szkółkowaniu szpary, w których umieszcza się korzenie siewek, są wyciskane za pomocą dysków odpowiednio zestawionych i umieszczonych za ciągnikiem. Do wyciskania szpar stosuje się dwa rodzaje szparowników. Aktywny na gleby luźniejsze (nie powoduje zbytniego zagęszczenia ścianek, a tym samym deformacji korzeni) oraz nieaktywny na gleby zwarte. W wypadku najczęściej występujących gleb w szkółce szparownik aktywny nie zmienia istotnie zagęszczenia ścianek szpary i może być wykorzystywany w każdej szkółce [Krzeminski, 2001]. W szpary wkłada się korzenie siewek podtrzymywanych łąką i ręką dociska lekko glebę wokół nich. Całkowite zamknięcie szpary następuje pod naciskiem zestawu ustawionych ukośnie wałków. Pełne zmechanizowanie szkółkowania można uzyskać stosując specjalne sadzarki samobieżne lub doczepiane do ciągnika.

Siewki do szkółkowania muszą być w odpowiednim czasie wyjęte. Optymalnym rozwiązaniem jest szkółkowanie w jak najkrótszym czasie po wyjęciu sadzonek i ich przesortowaniu. Podczas wyjmowania, sortowania, krótkookresowego przechowywania, przygotowywania do szkółkowania oraz przy samym zabiegu należy zwrócić szczególną uwagę na niedopuszczenie do przesuszenia korzeni, co może doprowadzić do znacznego obniżenia udatności.

Glebę zbyt suchą należy zwilżyć, a nadmiernie wilgotnej pozwolić nieco przeschnąć. Korzenie siewek należy umieszczać w glebie tak, aby nie uległy zawinięciu i skręceniu, a szyjka korzeniowa po zaszólkowaniu znalazła się równo z powierzchnią gleby. Zabiegiem, który ogranicza możliwość zawinięcia korzeni jest moczenie ich w hydrożelu lub roztworze z gliny. Na jednej powierzchni należy szkółkować siewki dobrane według wielkości. Szkółkowanie, jako zabieg pracochłonny i kosztowny, należy wykonać ze szczególną dokładnością, co przełoży się na oczekiwany końcowy efekt w postaci sadzonki najwyższej jakości. Bardzo pracochłonny zabieg szkółkowania ręcznego można ulepszyć stosując pewne udogodnienia. Jest to stół do szkółkowania z zestawem 5 listew, w połączeniu z typowymi, powszechnie stosowanymi w szkółkach leśnych agregatami uprawowymi i wyciskaczami szpar, pozwala niewielkim kosztem uzyskać wyższą jakość szkółkowania oraz nawet dwukrotnie zwiększyć wydajność w porównaniu z najprostszą, tradycyjną metodą polegającą na ręcznym wkładaniu pojedynczych sadzonek i stopniowym zamykaniu szpary, w całości wykonywaną w męczącej, nachylonej pozycji. Niewielki ciężar pozwala ręcznie przetaczać stół na kółkach podpierających końce „kładek”. Boczne kładki, na których stoją robotnicy, zapewniają stabilne oparcie stóp oraz pozwalają uniknąć przypadkowego zadeptywania szpar. Wymiary stołu są dostosowane do typowej szerokości grzędy oraz szerokości roboczej wyciskacza szpar. Daszek nakryty włókniną ogranicza przesuszanie włośników i poprawia komfort pracy. Pojemnik z zapasem sadzonek należy ustawić na środku stołu (ryc. 173).

Szkółkowanie najkorzystniej wykonuje zespół czterech robotników, po dwóch z każdej strony stołu. Dwie osoby, pracujące przy stole w pozycji wyprostowanej, wyjmują sadzonki z pojemnika i wkładają w rozwarte szczeliny listew. Po napełnieniu listwy mieszczącej 22 sadzonki, obrót dźwigien-



Ryc. 173. Metoda szkółkowania w Nadleśnictwie Kalisz Pomorski

ki zaciska krawędzie szczelin listwy na szyjkach korzeniowych. Następnie listwę z sadzonkami przejmuje robotnik pracujący przed stołem, który jednym ruchem wprowadza korzenie wszystkich sadzonek do szpary, a następnie – delikatnie przesuając listwę z sadzonkami wzdłuż szpary – powoduje wyprostowanie korzeni i równomierne rozłożenie ich na dnie. Dociśnięcie listwy z sadzonkami do podłoża na krawędzi szpary pozwala dokładnie wyrównać poziom szyjek korzeniowych, jak też odstępy sadzonek w rzędach. Po zamknięciu szpary małym kosturkiem, robotnik odblokowuje gumowe zaciski i wyjmuje pustą listwę, którą podaje osobie pracującej przy stole, równocześnie odbierając kolejną listwę z sadzonkami. Ze względów ergonomicznych celowe są wielokrotne w ciągu dnia roboczego zamiany stanowisk między robotnikami sadzącymi i napełniającymi listwy. Szkółkowanie z wykorzystaniem stołu i listew pozwala uzyskać lepszą jakość szkółkowanych wielolatek, zwiększyć wydajność i obniżyć koszty oraz poprawić kulturę pracy. Zasadniczo zestaw jest przeznaczony do szkółkowania małych sadzonek iglastych w odstępach co 5 cm, a szkółkowanie sadzonek liściastych wymagałoby dodatkowego kompletu listew o większych odstępach szczelin.

Podcinanie korzeni

MARIA HAUKE

Podcinanie korzeni jest stosowane w szkółkach od końca XIX w. [Racey i Racey, 1988]. U rosnących siewek jest to zabieg sprzyjający odpowiedniemu ukształtowaniu systemu korzeniowego. W jego wyniku powstają skupione systemy korzeniowe o dużej liczbie korzeni drobnych, ponadto główna masa korzenia znajduje się w tej warstwie gleby, z której wydobywa się sadzonki. Prawidłowo wykonane cięcie korzeni u siewki powoduje zagęszczenie korzeni w stosunku do siewek niepoddanych temu zabiegowi. Ponadto system korzeniowy jest usytuowany w pobliżu szyi korzeniowej [Kłoskowska, 1995]. Największą zaletą podcinania jest to, że pozostające po odcięciu korzenie zachowują swoją pierwotną pozycję w glebie i nie powstają deformacje systemu korzeniowego, co jest częstym zjawiskiem przy szkółkowaniu. W miejscu przecięcia nowe korzenie powstają z komórek tkanki miękiszowej, a także – z będących w uśpieniu – endogenicznych komórek inicjalnych bocznych korzeni, względnie przez wzrost, znajdujących się w początkowej fazie rozwoju, korzeni bocznych [Rook, 1971]. Podcinanie stosuje się najczęściej wówczas, gdy produkcja przedłuża się o rok, ponieważ zabieg ten wpływa na spowolnienie wzrostu pędu sadzonki [Duryea, 1984]. Korzenie podcina się na ogół na rok przed wyjęciem siewek i wysadzeniem ich w uprawie, aby sadzon-

ki mogły rozwinąć nowe korzenie. Zabieg wykonuje się najczęściej wiosną lub wczesnym latem. Należy pamiętać, że po cięciu wykonanym późnym latem nowe korzenie tworzą się gorzej.

Podcinać można albo korzeń główny, albo też boczne. Podcinanie może być przeprowadzone jednocześnie od dołu i z boków lub wykonane oddzielnie. Istotna jest głębokość cięcia poziomego, ponieważ zbyt płytkie znacznie redukuje korzeń, co prowadzi do jego utraty, zbyt głębokie natomiast nie spełnia swojego zadania. Uważa się, że usunięcie 30–40% ogólnej długości korzeni jest najbardziej odpowiednią intensywnością podcinania. Cięcie bocznych korzeni wpływa korzystnie na ukształtowanie się wiązki korzeniowej, gdy prowadzone jest blisko (6–10 cm) pionowej osi sadzonki.

Przed podcinaniem korzeni sadzonki należy obficie deszczować, a także przez 12–16 dni po zakończeniu podcinania. Podcięte sadzonki są narażone na stres i mają zaburzony bilans wodny [Rook, 1971]. Ponadto, po podcięciu, zaburzona jest zdolność wchłaniania wody przez korzenie do czasu, aż wykształcą się nowe korzonki. Dobrze jest również zastosować nawożenie dolistne nawozami azotowymi. Terminy i sposoby podcinania korzeni szczegółowo przedstawiono w podręczniku Sobczaka [1999].

Wydajność a efektywność produkcji w szkółkarstwie leśnym



STEFAN TARASIUK

Celem pracy szkółkarza jest wyhodowanie sadzonek, które dadzą zdrowe, odporne i dobrze przyrastające drzewostany. Normatywy ilościowe (tabela 51 i 52), ciągle jeszcze stanowiące podstawę oceny jakości pracy szkółkarza, są trudne do ścisłego spełnienia ze względu na różnorodność czynników przyrodniczych, istotnych w procesie produkcji szkółkarskiej poczynając od zróżnicowanej jakości nasion, na warunkach pogodowych oraz specyfice konkretnej kwatery kończąc (ryc. 174–179). Tylko niektóre czynniki wpływające na końcowy efekt produkcyjny zależą bezpośrednio od działań gospodarczych leśnika, np.: stosowane normy wysiewu, które powinny w konkretnych sytuacjach uwzględniać również znaną gospodarzowi specyfikę miejsca produkcji (ryc. 180 i 181).

Tabela 51.
Liczba jednorocznych siewek w szkółkach leśnych

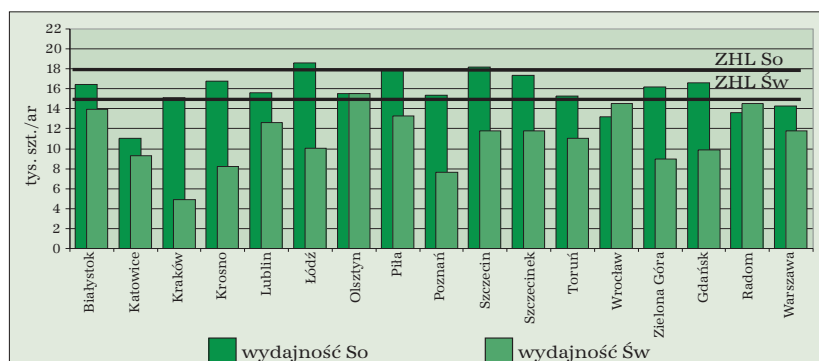
| Gatunek | Przeciętna liczba siewek (tys./ar) | |
|---------------------|------------------------------------|------------|
| | siew częściowy | siew pełny |
| Sosna zwyczajna | 18 | 45 |
| Świerk pospolity | 15 | 75 |
| Modrzew europejski | 10 | 50 |
| Modrzew polski | 8 | 32 |
| Brzoza brodawkowata | 10 | 30 |
| Brzoza omszona | 8 | 25 |
| Dąb bezszypułkowy | 7 | 35 |
| Dąb szypułkowy | 8 | 45 |

Źródło: ZHL, 2003.

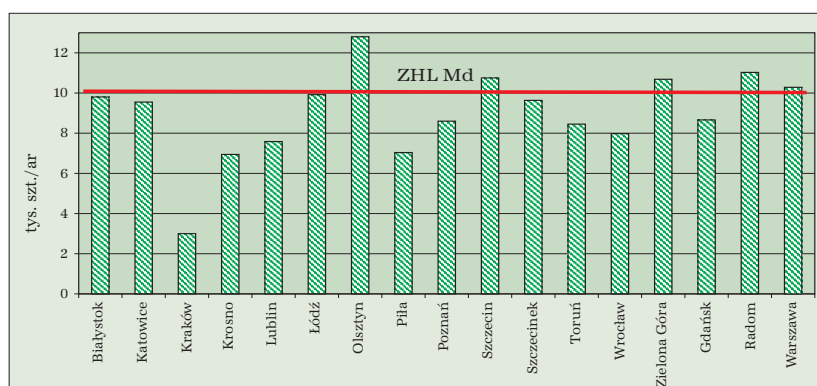
Tabela 52.
Orientacyjna liczba siewek w namiocie foliowym

| Gatunek (rodzaj) | Przeciętna liczba siewek (szt./m ²) |
|----------------------------------|---|
| Sosna zwyczajna | 800 |
| Świerk pospolity | 1000 |
| Modrzew (europejski i polski) | 200-300 |
| Brzoza (brodawkowata i omszona) | 250 |
| Dąb (szypułkowy i bezszypułkowy) | 200 |

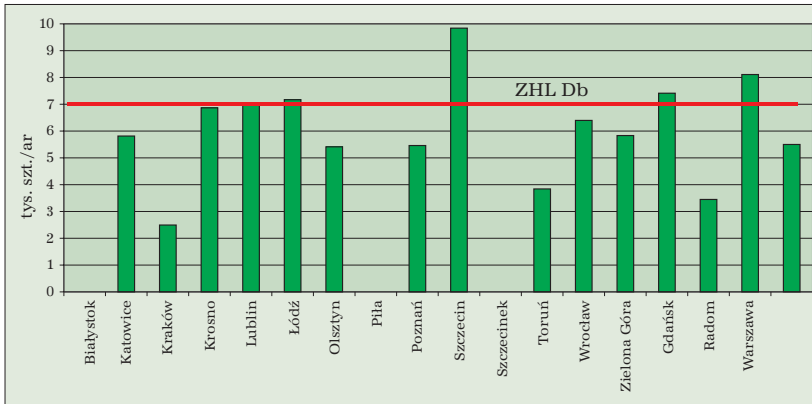
Źródło: ZHL, 2003.



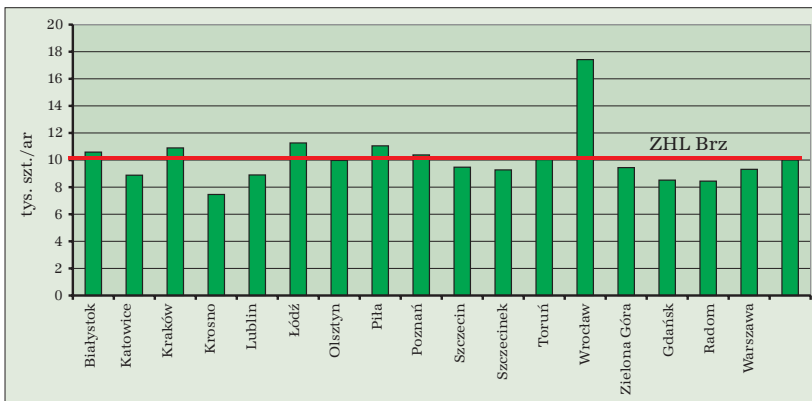
Ryc. 174. Wydajność siewek sosny i świerka 1/0 w uprawach polowych w 2005 roku



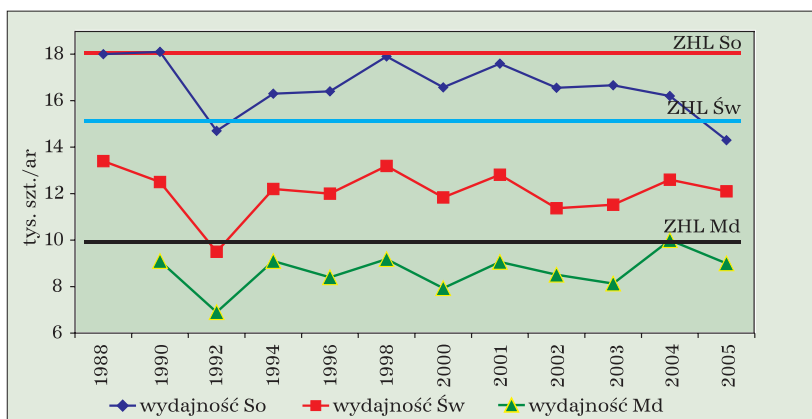
Ryc. 175. Wydajność siewek Md 1/0 w uprawach polowych w 2005 roku



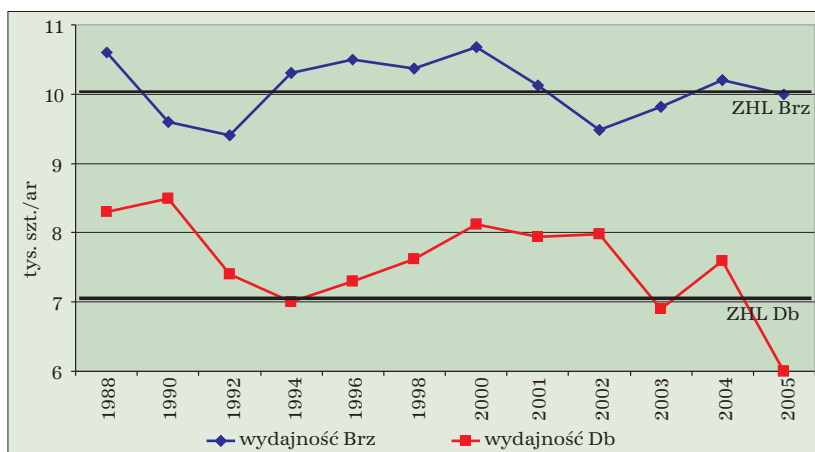
Ryc. 176. Wydajność siewek dębu 1/0 w uprawach połowych w 2005 roku



Ryc. 177. Wydajność siewek brzozy 1/0 w uprawach połowych w 2005 roku



Ryc. 178. Wydajność siewek So, Św, Md 1/0 w latach 1988-2005

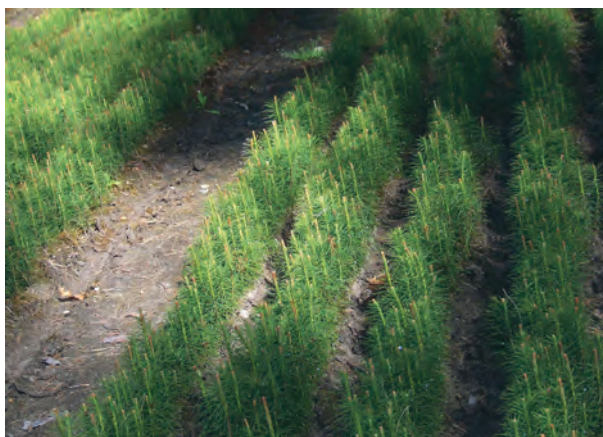


Ryc. 179. Wydajność siewek dębu i brzozy 1/0 w latach 1988-2005

Ryc. 180. Wydajność rozumiana jako liczba siewek/sadzonek wyhodowanych na jednostce powierzchni produkcyjnej (zwykle podawana w tys./ar) zależy, m.in. od długości cyklu produkcyjnego. Planując ponadroczny okres wzrostu siewek bez szkółkowania, należy zmniejszyć normę wysiewu tak, aby uniknąć przegęszczenia roślin w drugim roku życia. Siew pełny nie jest wskazany dla gatunków szybko rosnących



Ryc. 181. Siew częściowy ma wiele zalet. Poza umożliwieniem mechanizacji zabiegów hodowlanych i ochronnych, zapewnia młodym roślinom większą indywidualną przestrzeń wzrostu, zmniejsza konkurencję o zasoby pokarmowe, wodę i światło, zapobiegając negatywnym następstwom przegęszczenia



Do celów statystycznych – i tylko statystycznych (aby uniknąć nieuzasadnionego zwiększania tak rozumianej wydajności, np. poprzez stosowanie przez szkółkarzy zawyżonych norm siewu) – w szkółkach PGL LP ocenia się wydajność produkcji szkółkarskiej m.in. oceniając i porównując wiele parametrów, wśród których jest też wydajność nominalna (tys. szt./ha) [Zasady Hodowli Lasu, 2003]. Nie należy raczej dążyć do maksymalizacji wydajności jednostkowej, gdyż liczne przykłady dowodzą [np. Urbański, 1967], że gęsto rosnące siewki charakteryzują się często obniżoną jakością hodowlaną, zaś rozluźnienie ich zagęszczenia jest pozytywnie skorelowane z przeżywalnością w uprawach leśnych [South i in., 1990] (ryc. 182). Inne proponowane w literaturze metody, np. określanie norm wysiewu na podstawie liczby nasion zdolnych do skielkowania [Burzyński, Kłoskowska, 1977] nie znalazły dotychczas powszechnego zastosowania, ale już w obrocie z innymi podmiotami para-



Ryc. 182. *Optymalnie dobrana norma wysiewu i wyrównane wschody w krótkim okresie umożliwiają uzyskanie wyrównanej partii sadzonek o właściwym zagęszczeniu, dającym, m.in., ochronę przed chwastami*



Ryc. 183. *Przetrzymanie partii sadzonek na kwaterze powoduje szereg niekorzystnych następstw dla wydajności produkcji szkółkarskiej zarówno w sensie ilościowym (wypadki zimowe) jak i jakościowym (negatywne następstwa przegęszczenia)*

Ryc. 184. Leśnictwo dysponuje odpowiednią wiedzą i metodami określania przydatności materiału sadzeniowego zarówno w produkcji jak też gotowych produktów. Różnego rodzaju testy (np. stanu fizjologicznego sadzonek) pozwalają na bieżące korekty w trakcie produkcji oraz optymalizację terminu wyjęcia sadzonek z gruntu kwatery szkółkarskiej i ich wysadzenia w uprawie (ang. lifting windows)



metry ilościowe i jakościowe mogą być ustalane indywidualnie. Należy oczekiwać, że coraz większą uwagę będzie się przywiązywać do warunków planowanego miejsca wysadzenia gotowego materiału rozmnożeniowego [Grosnickle i in, 1988; Tarasiuk, 1994] i, stosownie do tych warunków, kształtować optymalne cechy sadzonek (ang. target plant), np. pożądana proporcja pędu do korzenia sadzonek sosny będzie różna w zależności od warunków siedliskowych uprawy: na siedliskach ubogich w wodę i składniki pokarmowe, gdzie nie ma większego zagrożenia ze strony roślinności konkurencyjnej, mniejsze znaczenie należy przywiązywać do wysokości pędu, kluczowy natomiast jest dobrze wykształcony system korzeniowy. Co więcej, silnie rozbudowany pęd i stosunkowo słabo wykształcony system korzeniowy (częsty, na przykład, u sadzonek wyprodukowanych w namiocie foliowym i bezpośrednio wysadzanych w uprawie leśnej) mogą wręcz obniżać udatność i zdrowotność upraw leśnych w takich warunkach.

Faktyczne wydajności (ryc. 174–179) zależą od wielu czynników znajdujących się poza kontrolą leśnika, takich jak: jakość nasion, warunki pogodowe, technologie nasiennictwa (wyluszczenia, przechowywania, przysposobiania do wysiewu) itp. W przypadku stwierdzenia znacznego zróżnicowania jakości (przydatności) partii materiału sadzeniowego, należy rozważyć możliwość jej sortowania, z zamiarem – np. przeznaczenia lepszych sadzonek do celów odnowieniowych, zaś gorszych – do zaszkoľkowania [Sobczak, 1999]. Jest to jednak zabieg kosztowny i nie zawsze możliwy do wykonania.

Wraz z koncentracją produkcji szkółkarskiej i dalszym wprowadzaniem nowych rozwiązań technologicznych będzie rosło znaczenie „przydatności”, w zamian za dotychczasowe kryterium „jakości”: jakość rozumiana zwykle jako spełnianie kryteriów morfologicznych (głównie wymiarowych). Są opracowane metody pozwalające zarówno monitorować bieżący stan partii materiału rozmnożeniowego w produkcji, jak też określać optymalne terminy jej zakończenia – wyjęcia sadzonek i wysadzenia ich w uprawie – (ryc. 182–184) [Tarasiuk, Szeligowski, 2000]. Dotyczy to zarówno materiału sadzeniowego wyprodukowanego z zastosowaniem tradycyjnych technologii, jak też – tym bardziej – sadzonek ze szkółek kontenerowych [Szabla, Pabian, 2003], w których zaawansowane technologie produkcji sprzyjają z jednej strony uzyskaniu imponujących efektów (np. skrócenie długości cyklu produkcyjnego), z drugiej zaś stwarzają pewne potencjalne zagrożenie dla wzrostu sadzonek w drastycznie odmiennych warunkach zewnętrznych.

Literatura

- ANONIM, (bez roku): Wytyczne stosowania płodozmianów w szkółkach leśnych w aspekcie walki biologicznej z pasożytniczą zgorzelą siewek
- AYERS R. S., 1977: Quality of water for irrigation; Journal of the Irrigation and Drainage Division 103(IR2), s. 135-154
- BALNEAVES J. M., MENZIES M. I., 1988: Lifting and handling procedures at Edendale Nursery-effects on survival and growth of 1/0 *Pinus radiata* seedlings; New Zealand Journal of Forestry Science 18, s. 132-134
- BALUT S., 1967: Wybrane zagadnienia nasiennictwa i szkółkarstwa leśnego w terenach górskich; WSR Kraków
- BALUT S., 1972: Nowe zasady rejonizacji gospodarki nasiennej w lasach Karpat Zachodnich; Acta Agraria et Silvestria, ser. Silvestris, vol. XII, s. 3-19
- BALUT S., BITKA R., DUŃCZYK A., 1976a: Możliwość zastosowania namiotów foliowych do produkcji materiału sadzeniowego w gospodarce leśnej, w: Materiały I Ogólnopolskiego Sympozjum Naukowo-Szkoleniowego „Aktualne problemy szkółkarstwa leśnego w terenach górskich i podgórskich”; Biuletyn Regionalny Zakładu Upowszechniania Postępu, Wydawnictwo AR w Krakowie, z. 237, s. 69-74
- BALUT S., BITKA R., WÓJCIK A., 1976b: Ocena przydatności zastosowania doniczek torfowo-celulozowych typu fińskiego oraz wielodoniczek papierowych typu Pap do sadzonek w namiotach foliowych, w: Materiały I Ogólnopolskiego Sympozjum Naukowo-Szkoleniowego „Aktualne problemy szkółkarstwa leśnego w terenach górskich i podgórskich”; Biuletyn Regionalny Zakładu Upowszechniania Postępu, Wydawnictwo AR w Krakowie, z. 237, s. 85-89
- BALUT S., KULEJ M., 1976: Bezszkółkowa produkcja jednolatek drzew leśnych metodą skrzynkową, w: Materiały I Ogólnopolskiego Sympozjum Naukowo-Szkoleniowe-

- go „Aktualne problemy szkółkarstwa leśnego w terenach górskich i podgórskich”; Biuletyn Regionalny Zakładu Upowszechniania Postępu, Wydawnictwo AR w Krakowie, z. 237, s. 76–85
- BALUT S., SABOR J., 1976: Jakość jednorocznego materiału sadzeniowego wyprodukowanego na sztucznych podłożach w namiocie foliowym, w: Materiały I Ogólnopolskiego Sympozjum Naukowo-Szkoleniowego „Aktualne problemy szkółkarstwa leśnego w terenach górskich i podgórskich”; Biuletyn Regionalny Zakładu Upowszechniania Postępu, Wydawnictwo AR w Krakowie, z. 237, s. 75–78
- BALUT 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, IUFRO Working Party S 2.02.11; Norway Spruce Provenances and Breeding, Wydawnictwo AR w Krakowie
- BALUT 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; Wydawnictwo AR w Krakowie
- BANACH J., 1999: Zastosowanie metod produkcji materiału szkółkarskiego z zakrytym systemem korzeniowym w warunkach górskich; Sylwan, 143(1), s. 61–75
- BANACH J., SABOR J., 1997: Nowe technologie produkcji sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym; Biblioteczka leśniczego, z. 82, SITLiD, Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych
- BARAN S., TURSKI R., 1996: Degradacja, ochrona i rekultywacja gleb; wydanie drugie rozszerzone i uzupełnione, Wydawnictwo AR, Lublin
- BARZDAJN W., 1981: Wpływ gęstości siewu buka pospolitego (*Fagus sylvatica* L.) w szkółce i namiocie foliowym na morfologiczne cechy jednorocznych siewek oraz na udatność i wzrost uprawy; Sylwan 125(8), s. 13–20
- BARZDAJN W., 1984: Wzrost 5-letniej uprawy buka pospolitego (*Fagus sylvatica* L.) założonej z sadzonek wyprodukowanych pod folią i w szkółce otwartej; Sylwan 128(9), s. 11–17
- BARZDAJN W., 1985: Wpływ poziomu próchnicznego gleby spod różnych gatunków drzew na kiełkowanie nasion sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w warunkach laboratoryjnych; PTPN, Pr. Kom. Nauk Roln. i Kom. Nauk Leśn. 65, s. 3–10
- BARZDAJN W., 1993: Podstawy ochrony zasobów genowych świerka pospolitego (*Picea abies* L., Karst) w Sudetach, w: Materiały na sesję naukową „Problemy odtwarzania lasu w Sudetach Zachodnich”; Szklarska Poręba, PTL, s. 19–41
- BARZDAJN W., 2006: Wpływ technologii produkcji i pory sadzenia jednolatek sosnowych (*Pinus sylvestris* L.) na udatność i początkowy wzrost uprawy; Sylwan 150(8), s. 38–51
- BARZDAJN W., BŁONKOWSKI S., CHAŁUPKA W., FONDER W., GIERTYCH M., KORCZYK A., MATRAS J., POTYRALSKI A., TABOR J., SZELĄG Z., ZAJĄCZKOWSKI S., 2004: Program plantacji nasiennej i plantacyjnych upraw nasiennych; DGLP, Warszawa, s. 1–81
- BARZDAJN W., URBAŃSKI K., 1997: Znaczenie warunków ekologicznych w produkcji sadzonek drzew leśnych; Sylwan 141 (4), s. 85–94

- BENEDYCKA Z., NOWAK G. A., KOZIKOWSKI A., 1998: Ekosorb jako źródło składników odżywczych dla roślin; Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 461, s. 131-136
- BEREŚ J., KAŁĘDKOWSKA M., 1992: Superabsorbenty; Chemik 3, s. 59-61
- BIAŁOBOK B., PUKACKI P., 1974: Relationship between measurements of electrical admittance of shoots and frost hardiness of *Viburnum* species; Arboretum Kórnickie 19, s. 207-220
- BILCZYŃSKI S., 1974: Szkodniki wtórne drzew iglastych; PWRiL, Warszawa
- BILITEWSKI B., HARDTLE G., MAREK K., 1994: Abfall-Wirtschaft; Springer-Verlag, Berlin
- BILY S., CEPICKA A., 1992: Chrząszcze; Oficyna Wydawnicza DELTA W-Z, Warszawa
- BITKA R., KULEJ M., SABOR J., 1976: Praktyczno-ekonomiczne aspekty różnych form i systemów szkółkarstwa leśnego w górach na przykładzie OZLP Kraków, w: Materiały z I Ogólnopolskiego Sympozjum Naukowo-Szkoleniowego na temat Aktualne problemy szkółkarstwa leśnego w terenach górskich i podgórskich; Wydawnictwo Zeszytów Naukowych, Biuletyn Regionalny Zakładu Upowszechniania Postępu 237, s. 43-68
- BLAKE T.J., LI J., 2003: Hydraulic adjustment in jack pine and black spruce seedlings under controlled cycles of dehydration and rehydration; *Physiol. Plant.* 117, s. 532-539
- 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, s. 11-16
- BLANCHARD R. O., CARTER J. K., 1980: Electrical resistance measurements to detect disease prior to symptom expression; *Can. J. For. Res.* 10, s. 111-114
- BORKOWSKA-BUJARSKA B., 2002: Breaking of seed dormancy, germination and seedling emergence of the common hawthorn (*Crataegus monogyna* Jacq.); *Dendrobiology* 47, s. 61-70 (suppl.)
- BORKOWSKA-BUJARSKA B., 2006: Seed dormancy breaking in *Crataegus laevigata*; *Dendrobiology* 56, s. 3-11
- BOTWIN M., 1970: Metody matematyczne w leśnictwie. Przykłady zastosowania; PWRiL, Warszawa
- BRANDSMA R. T., FULLEN M. A., HOCKING T. J., 1999: Soil conditioner effects on soil structure and erosion; *Journal of Soil and Water Conservation* 54, 2, s. 485-489
- BRAUNS A., 1975: Owady leśne - występowanie na tle drzewostanów i siedlisk; Tom I i II, PWRiL, Warszawa
- BRUNT A. C., 1976: Modern potting composts: a manual on the preparation and use of growing media for pot plants, University Park, PA; The Pennsylvania State University Press
- BURCZYK J., FONDER W., KOWALCZYK J., LEWANDOWSKI A., MATRAS J., NOWAKOWSKA J., ZAŁĘSKI A., 2003: Opracowanie szczegółowych wymagań wynikających z dyrektywy Rady 1999/105/WE z 22 grudnia 1999 roku w odniesieniu do leśnego materiału podstawowego i produkowanego z niego leśnego materiału rozmnożeniowego; Spr. Naukowe IBL, Warszawa, s. 1-179

- BURR K. E., HAWKINS C. D. B., L'HIRONDELLE S. J., BINDER W., GEORGE M. F., REPO T., 2001: Methods for measuring cold hardiness of conifers. In: *Conifer Cold Hardiness*, F.J. Bigras and S.J. Colombo (Eds.) Kluwer Academic Publishers, the Netherlands, s. 369-401
- BURR K. E., TINUS R. W., WALLNER S. J., KING R. M., 1990: Comparison of three cold hardiness test for conifer seedlings; *Tree Physiol.* 6, s. 351-369
- BURZYŃSKI G., KŁOSOWSKA A., 1977: Nowa koncepcja norm wysiewu nasion drzew leśnych, *Sylvan* 12
- BUSZKO J., 1997: Atlas motyli Polski - część II. Prządki, zawisaki, niedźwiedziówki; Grupa IMAGE sp. z o.o., Warszawa
- BUSZKO J., 2000: Atlas motyli Polski - część III. Falice, wycinki, miernikowce; Grupa IMAGE sp. z o.o., Warszawa
- BUSZKO J., MASŁOWSKI J., 1993: Atlas motyli Polski - część I. Motyle dzienne; Grupa IMAGE sp. z o.o., Warszawa
- CEITEL J., 1976: Wzrost i przyrost 10-letnich upraw bukowych założonych na zrębie zupełnym sadzonkami ze szkółki otwartej i podokapowej; *PTPN, Prace Kom. Nauk Rol. Leś.* 42, s. 25-32
- CHANDRA R., RUSTGI R., 1998: Biodegradable polymers; *Progress in Polymer Science* 23, s. 1273-1335
- CHATZLOUDIS G. K., RIGAS F., 1998: Macroreticular hydrogel effects on dissolution rate of controlled-release fertilizers; *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46 (7), s. 2830-2833
- CHEN S., ZOMMORODI M., FRITZ E., WANG S., HÜTTERMANN A., 2004: Hydrogel modified uptake of salt ions and calcium in *Populus euphratica* under saline conditions; *Trees* 18, s. 175-183
- CHMIELARZ P., 1998: Cryopreservation of *Pinus sylvestris* seeds for three years; *Arbor. Kórnickie* 43, s. 37-42
- CHMIELARZ P., 2000: Cryopreservation of suborthodox and recalcitrant seeds of three tree species; *Cryobiology* 41, s. 126
- CHROBOCZEK E., SKĄPSKI H., 1984: Ogólna uprawa warzyw; PWRiL, Warszawa
- COLOMBO S. J., ZHAO S., BLUMWALD E., 1995: Frost hardiness gradient in shoot and roots of *Picea mariana* seedlings; *Scand. J. For. Res.* 9, s. 1-5
- COUNCIL DIRECTIVE 1999/105.EC of 22 December 1999 on the marketing of forest reproductive material, 2000; *Official Journal of the European Communities* L11/17, s. 17-40
- DACH J., SEK T., 1999: Napowietrzanie obornika jako metoda zwiększania wartości ekologicznych uzyskanego kompostu; *Roczniki AR Poz. CCCXII, Roln.* 54, s. 3-9
- DELATOUR C., 1978: Recherche d'une méthode de lutte curative contre le *Ciboria batschiana* (Zopf) Buchwald chez le gland; *Eur. J. For. Pathology* 8(4), s. 193-200
- DEXTER S. T., TOTTINGHAM W. E., GRABER L. F., 1932: Investigations of hardiness of plants by measurment of electrical conductivity; *Plant. Physiol.*, 7, s. 63-79.
- DOMINIK J., 1977: Ochrona lasu; PWRiL, Warszawa
- DOMINIK T., 1961: Studium o mikoryzie; *Folia Forest. Polon., Ser. A*, z. 5, s. 1-160

- DROGOSZEWSKI B., BARZDAJN W., 1984: Wpływ ekstraktów wodnych z tkanek *Prunus serotina* Ehrh. na kiełkowanie nasion *Pinus silvestris* L.; PTPN, Pr. Kom. Nauk Roln. i Kom. Nauk Leśn. 58, s. 33-38
- DUDA B., STOCKA T., SIEROTA Z., 2007: Zagrożenia chorobowe w szkółkach leśnych; Postępy techniki w leśnictwie nr 101 - Polski model szkółkarstwa leśnego
- DURYEA M. L., 1984: Nursery cultural practices: Impacts on seedling quality, w: Duryea M. L., Landis T. D., (red.), Forest Nursery Manual: Production of Bareroot Seedlings; Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk, Boston, s. 143-164
- DZIEMIDEK T., TARASIUK S., 2005: Produkcja szkółkarska buka zwyczajnego *Fagus sylvatica* L. w szkółkach gruntowych północno-wschodniej Polski; Sylwan 149 (1) s. 15-24
- ELANDT R., 1964: Statystyka matematyczna w zastosowaniach do doświadczeń rolniczego; Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa
- ELLIS R. H., HONG T. D., ROBERTS E. H., 1990: An intermediate category of seed stored behaviour? I. Coffee; J. Exp. Bot. 41, s. 1167-1174
- ELVIRA C., MANO J. F., SAN ROMAN J., REIS R. L., 2002: Starch-based biodegradable hydrogels with potential biomedical applications as drug delivery systems; Biomaterials 23:, s. 1955-1966
- EPSTEIN E., 1997: The science of composting. Tschonomic Publishing Company, USA
- FITZPATRICK G. E., VERKADE S. D. 1987. Monitor your irrigation supply; American Nurseryman 165(2), s. 108-111
- FONDER W., 2007: Polski model szkółkarstwa leśnego - główne kierunki rozwoju; Postępy techniki w leśnictwie, z. 101. Polski model szkółkarstwa leśnego, s. 9-16, SiTLiD
- FONDER W., MATRAS J., ZAŁĘSKI A., 2007: Leśna baza nasienna w Polsce; Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, s. 1-300
- FRINK C. R., BUGBEE G. J., 1987: Response of potted plants and vegetable seedlings to chlorinated water; HortScience 22(4), s. 581-583
- GALLAIS A., 1990: Theorie de la selection en amelioration des plantes; Masson Paris, Milan, Barcelona, Mexico
- GARDINER D. T., SUN Q., 2002: Infiltration of wastewater and simulated rainwater as affected by polyacrylamide; Journal of the American Water Resources Association 38, s. 1061-1067
- GIERTYCH M., 1989: Doskonalenie składu genetycznego populacji drzew leśnych; Wyd. II, SGGW-AR Warszawa
- GLADOS S., MACIEJEWSKI M., 1998: Hydrożele. Syntezy i zastosowania; Wiadomości Chemiczne 52, s. 101-124
- GORZELAK A., 1993: Odnowienie lasu w reglu górnym Sudetów Zachodnich; w: Materiały na sesję naukową „Problemy odtwarzania lasu w Sudetach Zachodnich”, Szklarska Poręba, PTL, s. 55-72
- GORZELAK A., 1986: Badania warunków wzrostu i produkcji siewek niektórych gatunków drzew leśnych w namiotach foliowych; Prace IBL, nr 653, s. 84

- GORZELAK A., 2000: Zastosowanie inspektów, szklarni i namiotów foliowych w produkcji sadzonek drzew oraz krzewów leśnych i ozdobnych; Bogucki Wydawnictwo Naukowe S.C., Poznań, s. 1-84
- GORZELAK A., ŁUKASZEWICZ J., 1998: Przyczynek do poznania uwarunkowań płodozmiannu w szkółkach leśnych; Sylwan 142 (2), s. 35-47
- GORZELAK A., MIKUŁOWSKI M., 1997: Soil temperature under various of coverings in forest nurseries; Acta Univ. Wratislaviensis, No 1950, Pr. Inst. Geogr., ser. C, vol. IV, s. 107-114
- GREEN J. L., FUCHIGAMI L. H., 1985: Protecting container-grown plants during the winter months. Ornamentals Northwest Newsletter, Summer (2), s. 10-23.
- GRYZŁO Z., 1999: Produkcja sadzonek jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w szkółce leśnej Feleczyn w Nadleśnictwie Nawojowa; w: Sesja Naukowa, z. 61, Ocena zmienności genetycznej oraz program zagospodarowania selekcyjnego drzewostanów jodlowych w RDLP Krosno; Zeszyty Naukowe AR w Krakowie, s. 203-208
- GRZYWACZ A., 2007: Potrzeby w zakresie produkcji sadzonek drzew leśnych szczepionych grzybami ektomikoryzowymi; w: Kowalski S. (red.) Ektomikoryzy; Nowe biotechnologie w polskim szkółkarstwie leśnym, CILP, Warszawa 2007, s. 38-47
- GUARNASCHELLI A. B., LEMCOFF J. H., PRYSTUPA P., BASCI S. O., 2003: Responses to drought preconditioning in *Eucalyptus globules* Labill. Provenances; Trees 17, s. 501-509
- GUILHERME M. R., GILSINEI M. C., RADOVANOVICA E., RUBIRA A. F., FEITOSA J. P. A., MUNIZ E. C., 2005: Morphology and water affinity of superabsorbent hydrogels composed of methacrylated cashew gum and acrylamide with good mechanical properties; Polymer 46, s. 7867-7873
- GUILHERME M. R., REIS A. V., TAKAHASHI S. H., RUBIRA A. F., FEITOSA J. P. A., MUNIZ E. C., 2005: Synthesis of a novel superabsorbent hydrogel by copolymerization of acrylamide and cashew gum modified with glycidyl methacrylate; Carbohydrate Polymers 61, s. 464-471
- GUNIA S., 1999: Zmienność niektórych cech jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) z różnych części naturalnego zasięgu, szczególnie z Polski; Zesz. Nauk. AR w Krakowie, ser. Sesja Naukowa 61, s. 87-100
- GUNIA S., SOBCZAK R., 1981: Metody intensywnej produkcji sadzonek drzew leśnych; PWRiL, Warszawa, s. 1-167
- HARTMAN G., NIENHAUS F., BUTIN H., 1988: Barwny atlas uszkodzeń drzew leśnych; IBL, Warszawa
- HAUKE M., HOFFMAN W., WESOŁY W., TARASIUK S., 2007: Przechowywanie sadzonek kontenerowych przez zimę w pudłach kartonowych; Las Polski, numer specjalny, s. 16-21
- HAUKE M., WESOŁY W., 2006: Mikrorozmnażanie drzew leśnych; w: Sabor J. (red.): Elementy genetyki i hodowli selekcyjnej drzew leśnych; Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, s. 407-417
- HE S., TIMMER M. D., YASZEMSKI A. J., YASKO A. W., ENGEL P. W., MIKOS A. G., 2001: Synthesis of biodegradable poly (propylene fumarate) networks with poly (propylene

- ne fumarate) - diacrylate macromers as crossing agents and characterization of their degeneration products; *Polymer* 42, s. 1251-1260
- HEINTZE J., 1978: Motyle polski. Atlas. Tom I; WSiP, Warszawa
- HESS M., 1965: Piętra klimatyczne w polskich Karpatach Zachodnich; *Zesz. Nauk. UJ*, nr 115, Kraków
- HETMAN J., LASKOWSKA H., DURLAK W., MARTYN W., 1996: Wstępne badania nad możliwością wykorzystania akryzeli do zaprawiania nasion wybranych gatunków roślin ozdobnych; *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 429, s. 127-132
- HETMAN J., MARTYN W., 1996: Oddziaływanie hydrożeli na właściwości wodne podłoży ogrodniczych; *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 429, s. 133-135
- HETMAN J., MARTYN W., SZOT P., 1998: Możliwość wykorzystania hydrożeli w produkcji ogrodniczej pod osłonami; *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 461, s. 31-45
- HOLZER K., 1975: The evolution of Alpinie Norway spruce during immigration into high altitudes and its consequences; In: Norway spruce provenances and breeding, Proceedings of the IUFRO S2.2-11 Symposium Latvia, Riga 1993, s. 68-78
- ILWICKI W., TARASIUK S., 2001: Uwagi na temat technologii produkcji szkółkarskiej świerka na przykładzie Nadleśnictwa Giżycko; *Przegląd Leśniczy* 9, s. 4-6
- ILWICKI W., 2003: Analiza procesu produkcji szkółkarskiej w nadleśnictwie; praca doktorska, SGGW Warszawa
- ILWICKI W., TARASIUK S., 2000A: Uwagi na temat technologii produkcji szkółkarskiej sosny na przykładzie Nadleśnictwa Giżycko; *Przegląd Leśniczy* 5, s. 5-7
- ILWICKI W., TARASIUK S., 2000B: Uwagi na temat technologii produkcji szkółkarskiej brzozy i olchy na przykładzie Nadleśnictwa Giżycko; *Przegląd Leśniczy* 10, s. 12-14
- ILWICKI W., TARASIUK S., 2002: Przesłanki wieloletniego utrzymywania sprawności produkcyjnej starych szkółek leśnych na przykładzie szkółki Rzaśniki w Nadleśnictwie Giżycko; *Sylwan* 146 (1), s. 63-73
- INSTRUKCJA OCHRONY LASU, 1988; praca zbiorowa, Warszawa (NZLP)
- INSTRUKCJA OCHRONY LASU, 2004; praca zbiorowa pod redakcją R. Kapuścińskiego, Warszawa (DGLP)
- ISIKVER Y., DURSUN S., NURETTIN S., 2001: Poly(hydroxamic acid) hydrogels from poly(acrylamide): preparation and characterization; *Polymer Bulletin* 47, s. 71-79
- IWAŃSKI M., RUDAWSKA M., LESKI T., 2006: Mycorrhizal associations of nursery grown Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings in Poland; *Ann. For. Sci.* 63, s. 715-723
- JACOBS D. F., HAASE D. I., ROSE R., 2005: Growth and foliar nutrition of Douglas-fir seedlings provided with supplemental polymer-coated fertilizer; *Western Journal of Applied Forestry* 20 (1), s. 58-63
- JAWORSKI A., 1988: Rola allelopatii w życiu roślin; *Sylwan* 132(5), s. 9-17
- KAPUŚCIŃSKI S., 1990: Ćwiczenia z entomologii leśnej; Skrypt AR w Krakowie
- KARADAG E., ŪŽŪM O. B., SARAYDIN D., 2005: Water uptake in chemically crosslinked poly(acrylamide-co-crotonic acid) hydrogels; *Materials and Design* 26, s. 265-270

- KARGI F., OZMIHICI S., 2002: Performance of Azotobacter supplemented activated sludge in biological treatment of nitrogen deficient wastewater; *Process Biochem.*, 38, 57-64
- KASZUBKIEWICZ J., MUSIAŁ A., WAŚCIŃSKA A., OCHMAN D., 2003: Zmiany właściwości fizycznych i fizykochemicznych wybranych gleb podczas procesów zasalania i odsalania; *Rocz. Glebozn.* 54(3), s. 5-25
- KIELCZEWSKI B., SZMIDT A., KADŁUBOWSKI W., 1967: *Entomologia leśna z zarysem akariologii*; PWRiL, Warszawa
- KLASYFIKACJA GLEB LEŚNYCH POLSKI, 2000: Praca zbiorowa (Biały K., Brożek S., Chojnicki J., Czepińska-Kamińska D., Januszek K., Kowalkowski A., Krzyżanowski A., Okołowicz M., Sienkiewicz A., Skiba S., Wójcik J., Zielony R.) CILP, s. 1-127, Warszawa
- 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 Cellular & Developmental Biology - Plant* 37(6), s. 748-755
- KŁOSKOWSKA A., 1995: Wpływ podcinania systemów korzeniowych na wzrost jedno- i dwuletnich siewek dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) w szkółce leśnej; *Pr. IBL, Ser. A*, 801/808
- KMIĘCIK P., 2007: Wpływ normy wysiewu na jakość materiału sadzeniowego świerka pospolitego (*Picea abies* L., Karst.); praca magisterska Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu
- KNAFLEWSKI M., 2008: *Ogólna uprawa warzyw*; PWRiL, Warszawa
- KOCEL J., 2002: Koszty produkcji szkółkarskiej; *Głos Lasu* 1, s. 30-33
- KOCIĘCKI S., 1988: Wytyczne w sprawie selekcji drzew na potrzeby nasiennictwa leśnego; *Prace IBL, seria „B” nr 7*, s. 1-61
- KOEHLER W., SCHNAIDER Z., 1966: *Owady naszych lasów*; PWRiL, Warszawa
- KOEHLER W.: *Hylopatologiczna charakterystyka lasów Polski*; PWRiL, Warszawa
- KOMAREK J., TYKAC J., 1952: *Poznajemy motyle*; PZWS, Warszawa
- KOSTERKIEWICZ J., 1976: Nowe metody produkcji szkółkarskiej w Nadleśnictwie Nawojowa; w: *Materiały z I Ogólnopolskiego Sympozjum Naukowo-Szkoleniowego „Aktualne problemy szkółkarstwa leśnego w terenach górskich i podgórskich*, Biul. Regionalny Zakładu Upowszechniania Postępu, 237, s. 91-94
- KOSTERKIEWICZ J., 1990: Produkcja pod folią sadzonek z odkrytym i zakrytym systemem korzeniowym, przeznaczonych do warunków górskich; w: *Problematyka zagospodarowania lasów górskich*, *Postępy Techniki w Leśnictwie* 48(I), s. 19-24
- KOWALSKI S. (RED.), 2007: *Ektomikoryzy. Nowe biotechnologie w polskim szkółkarstwie leśnym*; CILP, Warszawa 2007, s. 1-399
- KOWALSKI S., 1997: Praktyczne aspekty mikotrofizmu w szkółkach leśnych; *Sylwan* 6, s. 5-16
- KOWALSKI T., KOWALCZYK K., 1997: Grzyby zasiedlające żołądź dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) w wybranych nadleśnictwach południowej Polski; *Zeszyty Naukowe AR Kraków*, nr 326, *Leśnictwo* z. 26

- KOWALIŃSKI S., GONET S., 1999: Materia organiczna gleb; W: Zawadzki S. (red.). Gleboznawstwo. PWRiL, Warszawa, s. 237-263
- KRAMER P., 1937: The relation between rate of transpiration and rate of absorption of water in plants; American J. Botany 24, s. 10-15
- KRAMER P., 1969: Plant and soil water relationships: a modern synthesis; McGraw-Hill Book Co., New York, s. 1-390
- KŘÍSTEK J. A KOL., 1992: Škůdci semen, šišek a plodů lesních dřevin; Praha
- KRZEMIŃSKI W., 2001: Ocena wybranych procesów technologicznych i ich wpływ na jakość produkowanego leśnego materiału sadzeniowego; Poznań 2001, rozprawa doktorska, maszynopis, s. 1-182
- KUCZEWSKI K., ŁOMTOWSKI J., 2002: Komposty na bazie pomiotu kurzego; Wyd. Akademii Rolniczej we Wrocławiu
- 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., 273
- KWARANTANNOWE AGROFAGI EUROPY, 1994; Inspektorat Kwarantanny Roślin, Warszawa
- LANDIS T. D., 1989: Irrigation and water management; w: Landis (red.) The Container Tree Nursery Manual, Vol. 4, s. 69-118, Agric. Handbk. 674, Washington
- LANDIS T. D., 2005 – str. 240, ZAJĄCZKOWSKI
- LANDIS T. D., HAASE D., 2008: Maintaining stock quality after harvesting; Forest Nursery Notes, Winter 2008, s. 4-8
- LANDIS T. D., SCHOLTES J. R., 2003: A history of transplanting; w: Riley L. E., Dumroese R. K. and Landis T. D. (red.), National proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations, USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Proceedings RMRS-P-28, s. 98-104
- LANDIS T. D., TINUS R. W., McDONALD S. E., BURNETT J. P. 1992: Atmospheric environment; Vol. 3, The Container Tree Nursery Manual, Agric. Handbk. 674, Washington, DC: U.S. Department of agriculture, Forest Service. s. 145
- LANDIS T., TINUS R., MC DONALD S., BARNETT J.P., 1995: Nursery Planning, Development and Management; In: The Container Tree Nursery Manual, Vol. One, Agric. Handbk. 674, SC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service
- LANGERUD B. R., SANDVIK M., 1991: Root damage to *Picea abies* seedlings: Effects on root growth capacity, shoot growth capacity and transpiration. Scand. J. For. Res. 6(1), s. 387-394.
- LENTZ R. D., SOJKA R. E., 1994: Field results using polyacrylamide to manage furrow erosion and infiltration; Soil Science 158(4), s. 274-282
- LESKI T., RUDAWSKA M., AUCINA A., 2008: The ectomycorrhizal status of European larch (*Larix decidua* Mill.) seedlings from bare-root forest nurseries; For. Ecol. Manag. doi:10.1016/j.foreco, 2008.08.004
- LINDBERG M., JOHANSSON M., 1989: The use of electrical resistance of cambium and floem as a measure of tree vigour; Scand. J. For. Res. 7, s. 547-556
- LUTEREK R., SCHMIDT A., 1997: Entomologia leśna z zarysem ekologii owadów; Wyd. Akademii Rolniczej w Poznaniu

- ŁUKASZEWICZ J., 2002: Allelopatyczne oddziaływanie wyciągów wodnych z korzeni sievek drzew leśnych na kiełkowanie nasion i wzrost kiełków niektórych gatunków drzew iglastych; *Sylwan* 146 (11), s. 41-50
- ŁUKASZEWICZ J., 2006: Allelopatyczne oddziaływanie wyciągów wodnych z części nadziemnych dziesięciu gatunków roślin zielnych na kiełkowanie nasion i wzrost kiełków sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.); *Sylwan* 150 (6), s. 19-26
- ŁUKASZEWICZ J., DUDA B., 2002: Uprawa sosny zwyczajnej w płodozmianach szkółki leśnej z zastosowaniem różnych ugorów zielonych; *Prace IBL, seria A*, 4(945), s. 21-42
- MAHDAVINIA G. R., POURJAVADI A., HOSSEINZADEH H., ZOHURIAAN M. J., 2004: Modified chitosan 4. Superabsorbent hydrogels from poly(acrylic acid-co-acrylamide) grafted chitosan with salt- and pH-responsiveness properties; *European Polymer Journal* 40, s. 1399-1407
- MALINOWSKI H., 1997: Podstawy ochrony szkółek i upraw leśnych i rolniczych przed szkodnikami korzeni; OIKOS, Warszawa
- MALINOWSKI H., 2005: Choinek szary (*Brachyderes incanus* L.), Biblioteczka Leśniczego, zeszyt 225, Wydawnictwo „Świat”, Warszawa
- MAŁUJA J., RYCHLIŃSKI Z., 1988: Ochrona lasu - poradnik; PWRiL, Warszawa
- MARX D. H., CORDELL C. E., MAUL S. B., RUEHLE J. L., 1989: Ectomycorrhizal development on pine by *Pisolithus tinctorius* in bare-root and container seedlings nurseries. I. Efficacy of various vegetative inoculum formulations; *New Forests*, t. 3, s. 45-56
- MARX D. H., JARL K., RUEHLE J. L., BELL W., 1984: Development of *Pisolithus tinctorius* ectomycorrhizae on pine seedlings using basidiospore encapsulated seeds; *Forest. Sci.*, t. 30, s. 897-907
- MATRAS J., FONDER W., 2006A: Wytyczne w sprawie ochrony leśnych zasobów genowych na potrzeby nasiennictwa leśnego - załącznik nr 1 do zarządzenia nr 7 A z 7 kwietnia 2006 r. dyrektora generalnego LP (zn. sp. ZG/7130/7/2006) w sprawie ochrony leśnych zasobów genowych na potrzeby nasiennictwa i hodowli drzew leśnych; IBL, DGLP, Warszawa, s. 1-120
- MATRAS J., FONDER W., 2006B: Założenia „Programu ochrony leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew leśnych w Polsce na lata 2011-2035”; *Postępy techniki w leśnictwie*, nr 95. Problematyka kierunków ochrony leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew w latach 2011-2035; SITLiD, Warszawa, s. 7-15
- MAY J. T., 1984: Soil moisture. Southern pine nursery handbook (red. Lantz C.W.); U.S.D.A. Forest Service, Southern region, Atlanta, Georgia, s. 1-2, 11-19
- MCDONALD S. E., 1984: Irrigation in forest-tree nursery: Monitoring and effects on seedling growth. *Forest Nursery Manual* (red. Duryea. M. L., Landis T. D.): Production of Bareroot Seedlings; Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers, The Hague/Boston/Lancaster, for Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis s. 107-121
- MCGUIRE W. S., HANNAWAY D. B., 1984: Cover and Green Manure Crops for Northwest Nurseries, w: Duryea M. L., Landis T. D., (eds.), 1984, *Forest Nursery Manual: Pro-*

- duction of Bareroot Seedlings, Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers, The Hague/Boston/Lancaster, for Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis, s. 84-91
- McKAY H. M., 1997: A review of the effect of stresses between lifting and planting on nursery stock quality and performance; *New Forests* 13(1-3), s. 369-399
- METRES, HAHN, 1990: Nursery Planning, Development and Management; in: *The Container Tree Nursery Manual*; vol. One. *Agric. Handbk.* 674, SC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service
- MICHALSKI J., MAZUR A., 1999: Korniki. Praktyczny przewodnik dla leśników; Oficyna Edytorska „Wydawnictwo Świat”, Warszawa, s. 1-188
- MOHAN Y. M., MURTHY K. P. S., RAJU M. K., 2005: Synthesis, characterization and effect of reaction parameters on swelling properties of acrylamide-sodium methacrylate copolymers; *Reactive & Functional Polymers* 63, s. 11-26
- NATIONAL PROCEEDINGS: Forest and Conservation Nursery Associations - 2002; Riley, L. E., Dumroese, R. K. and Landis, T.D., technical coordinators USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Proceedings RMRS-P-28, s. 98-104
- NAWROCKA-GRZEŚKOWIAK U., 2004: Wpływ włókna kokosowego na ukorzenie wybranych roślin iglastych; *Fol. Univ. Agric. Stetin., Agric.* 234(93), s. 281-288
- NIERADKO-ŚWISTOWSKA A., 1998: Wpływ podłoża na adaptację mikrosadzonek *Nematanthus* hyb. „Tropicana” do warunków szklarniowych; *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 461, s. 309-322
- NIKOLAIEVA M. G., 1967: Fizjologia głębokiego pokoja semjan; *Izd. „Nauka”*, Leningrad
- NOVAK V., HROZINKA F., STARY B., 1975: Atlas szkodników owadzych drzew leśnych; PWRiL, Warszawa
- NUNBERG M., 1964: Uszkodzanie drzew i krzewów leśnych wywołane przez owady; PWRiL, Warszawa
- O'REILLY C., MCCARTHY N., KEANE M., HARPER C. P., 2000: Proposed dates for lifting Sitka spruce planting stock for fresh planting or cold storage, based on physiological indicators; *New Forests*, 19, s. 117-141
- OCENA WYSTĘPOWANIA WAŻNIEJSZYCH SZKODNIKÓW LEŚNYCH I CHOROÓB INFEKCYJNYCH W ROKU 2007 oraz prognoza ich pojawu w roku 2008; dokumentacja IBL BLP-332
- OECD SCHEME for the control of forest reproductive material moving in international trade, 2001. Organization for Economic Co-operation and Development, Paris 1974 (including 2001 amendment), s. 1-28
- OKTABA W., 1966: Elementy statystyki matematycznej i metodyka doświadczalnictwa; Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa
- OKTABA W., 1986: Metody statystyki matematycznej w doświadczalnictwie; Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa
- OMIDIAN H., HASEMI S. A., SAMMES P. G., MELDRUM I. G., 1999: Modified acrylic-based superabsorbent polymers (dependence on particle size and salinity); *Polymer* 40, s. 1753-1761
- ORLIKOWSKI L., TRZEWIK A., ORLIKOWSKA T., 2008: Rola wody w rozprzestrzenianiu fytoftoroz; *Szkółkarstwo* 2, s. 57-58

- ORTS W. J., SOJKA R. E., GLENN G. M., 2000: Biopolymer additives to reduce erosion-induced soil losses during irrigation; *Industrial Crops and Products* 11, s. 19-29
- OTAIGBE J. U., 1998: Controlling the water absorbency of agricultural biopolymers; *Plastic Engineering* 54(4), s. 37-43
- OŻGA W., TARASIUK S., 2002: Osłony w szkółkarstwie leśnym; *Las Polski* 9, s. 20-21
- OŻGA W., TARASIUK S., 2005: Modyfikacja mikroklimatu a efekt hodowlany; *Las Polski*, numer specjalny s. 29
- PACHLEWSKI R., 1983: Grzyby symbiotyczne i mikoryza sosny (*Pinus silvestris* L.); *Prace IBL nr 615*, s. 3-132
- PAMUK G. S., 2004: Controlling water dynamics in Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) seeds before and during seedling; Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences
- 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), s. 231-239
- PEŠKOWA V., SOUKUP F., 2001: *Mycosphaerella pini* Rostrum ap. Munk - červená sypavka borovic; *Lesnicka Prace* 12
- PESTOVANI A UZITI KRYTOKORENNEHO SADEBNIHO MATERIALU MZLU Brno, AR Poznań, Trnov, 26-28 maja 1999, s. 87-90
- PETERSOM R. L., MASSICOTTE H. B., MELVILLE L. H., 2004: *Mycorrhizas: Anatomy and Cell Biology*; NRC Research Press, Ottawa
- PIERZGALSKI E., TYSZKA J., BOCZOŃ A., WIŚNIEWSKI S., JEZNACH J., ŻAKOWICZ S., 2002: Wytyczne nawadniania szkółek leśnych na powierzchniach otwartych; Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa
- PLATT C., 1981: Problemy rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej; Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa
- PLAWILSZCZIKOW N., 1968: *Klucz do oznaczania owadów*; PWRiL, Warszawa
- PODLEŚNY J., 2006: Przydatność siewu punktowego w uprawie wybranych gatunków roślin strączkowych; *Inżynieria Rolnicza* 13, s. 385-392
- PRACA ZBIOROWA, 1970: *Sosna zwyczajna. Nasze drzewa leśne. „Monografie popularnonaukowe”*, Instytut Dendrologii PAN, Kórnik
- PRACA ZBIOROWA, 1993: *Biologia sosny zwyczajnej*; Instytut Dendrologii PAN w Kórniku, Sorus Poznań -Kórnik
- PUKACKI P. M., 1973: Laboratory methods to assess low temperature tolerance of woody plants; *Arboretum Kórnickie* 17, s. 187-198
- PUKACKI P. M., 1982: Influence of freezing damage on impedance parameters in Magnolia shoots; *Arboretum Kórnickie* 27, s. 219-234
- PUKACKI P. M., 1989: Przechłodzenie wody tkankowej jako czynnik tolerancji komórek roślinnych na zamarzanie; rozprawa habilitacyjna, Instytut Dendrologii PAN, Kórnik, s. 1-110
- PUKACKI P. M., 2000: Effects of sulphur, fluoride and heavy metal pollution on the chlorophyll fluorescence of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) needles; *Dendrobiology* 45, s. 83-88

- PUKACKI P. M., KAMIŃSKA-ROŻEK E., 2005: Effect of drought stress on chlorophyll a fluorescence and electrical admittance of shoots in Norway spruce seedlings; *Trees* 19, s. 539-544
- RACEY J. E., RACEY G. D., 1988: Undercutting and root wrenching of tree seedlings: An annotated bibliography; Ontario Min. Nat. Res. For. Res. Rep., Nr 121, s. 79
- 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, s. 186-193
- REDENBAUGH K., PAASCH B., NICHOL J., KOSSLER M., VISS P., WALKER K., 1986: Somatic seeds: Encapsulation of asexual embryos; *Biotechnology* 4, s. 797-801
- RITCHIE G. A., 2003: Root physiology and phenology: the key to transplanting success; *Forest Nursery Proceedings*. Olympia, WA-2002
- RITCHIE G. A., DUNLAP J. R., 1980: Root growth potential: its development and expression in forest tree seedlings; *N.Z.J. For. Sci.* 10, s. 218-248
- RITCHIE G., LANDIS T., 2003: Seedlings Quality Tests: Cold hardiness. *Forest Nursery Notes*. USDA Forest Service, PNW Region. Summer 2003
- ROBERTS E. H., 1973: Predicting the storage life of seeds; *Seed Sci. Technol.* 1, s. 499-504
- ROOK D. A., 1971: Effect of undercutting and wrenching on growth of *Pinus radiata* D. Don seedlings; *J. Applied Ecology* 8, s. 477-490
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA z 14 kwietnia 2003 roku w sprawie wzorów wniosków o wydanie świadectwa pochodzenia leśnego materiału rozmnożeniowego (Dz.U. z 2003 r., nr 86, poz. 802)
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA z 18 lipca 2005 roku, zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych wymagań, jakie powinien spełniać leśny materiał podstawowy (Dz.U. z 2005 r., nr 144, poz. 1212)
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA z 23 kwietnia 2004 roku w sprawie szczegółowych wymagań, jakie powinien spełniać leśny materiał podstawowy (Dz.U. z 2004 r., nr 100, poz. 1026)
- RÓŻAŃSKI W., 2002: Gatunki lasotwórcze i domieszkowe w zbiorowiskach leśnych Karpackiej Krainy przyrodniczo-leśnej; *Zeszyty Naukowe AR w Krakowie*, nr 394. *Sejsja Naukowa* 86, s. 199-230
- RUDAWSKA M., 1993: Mikoryza; w: *Biologia sosny zwyczajnej*, S. Białobok, A. Boratyński, W. Bugała (red.), Sorus, Poznań-Kórnik, s. 137-182
- RUDAWSKA M., 1997: Znaczenie mikoryzy we wzroście i rozwoju sosny; *Sylwan* 141 (6), s. 81-87
- RUDAWSKA M., LESKI T., 2007: Doświadczenia światowe w praktycznym zastosowaniu mikoryzacji sadzonek drzew leśnych - historia i współczesność; w: *Ektomikoryzy. Nowe biotechnologie w polskim szkółkarstwie leśnym*, S. Kowalski (red.), Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, s. 17-27
- RUDAWSKA M., LESKI T., GORNOWICZ R., 2001: Mycorrhizal status of *Pinus sylvestris* L. nursery stock in Poland as influenced by nitrogen fertilization; *Dendrobiology* 46, s. 49-58

- RUDAWSKA M., LESKI T., TROCHA L. K., GORNOWICZ R., 2006: Ectomycorrhizal status of Norway spruce seedlings from bare-root forest nurseries; *For. Ecol. Manag.* 236, s. 375-384
- RZEŹNIK Z., 1994: Porównanie po 25 latach skutków użycia materiału odnowieniowego ze szkółki otwartej i podokapowej do założenia bukowej powierzchni proweniencyjnej pod okapem drzewostanu; *Rocz. AR Poznań* 263, *Leśnictwo* 32, s. 15-30
- RZOŃCA Z., 2006: Program szkółkarski. Aneks do programu dla Beskidów; *Wisła* 2006, *Karpacki Bank Genów*
- SABOR J., 1994: Silver Fir Provenance Inventory Test 1986-1990 in Poland. Preliminary information; w: *Proceedings of Working Party for Forest Genetics and Tree Breeding of the Slovak Academy of Agricultural Sciences; Workshop „Tree Breeding in Changing Ecological Conditions”*, Banská Stiavnica, 31 May - 1 June, 1994
- SABOR J., 1995: Zasady selekcji drzew i drzewostanów w terenach górskich; *Prace IBL, Seria A*, 783, s. 5-28
- SABOR J., 1996A: Możliwości zachowania i metody selekcji drzewostanów świerkowych rasy istebniańskiej; *Sylvan*, 140 (3), s. 61-81
- SABOR J., 1996B: Realizacja programu Regionalnego Banku Genów w Karpatach; *Sylvan* 140(10), s. 89-91
- SABOR J., 1996C: Selekcja i zachowanie najwartościowszych genotypów w programie „Karpackiego regionalnego banku genów”; *Sylvan* 140 (11), s. 45-59
- SABOR J., 1998A: Charakterystyka świerka bieszczadzkiego w doświadczeniu IPTNS-IUFRO 964-1968; *Sylvan* 142 (10), s. 77-87
- SABOR J., 1998B: Szkółkarstwo leśne w programach selekcji drzew leśnych; w: *Problematyka nowoczesnych technologii w szkółkarstwie leśnym, Postępy techniki w leśnictwie, Zeszyty SITLiD* 65, s. 18-29
- SABOR J., 1998C: Nasiennictwo i szkółkarstwo; w: Boratyński A., Bugała W. (red.), *Biologia świerka pospolitego*; Polska Akademia Nauk, Instytut Dendrologii, Bogunki, Wydawnictwo Naukowe Poznań, s. 170-191
- SABOR J., 1999A: Szkółkarstwo leśne w nauce i praktyce; *Sylvan* 143(1), s. 33-35
- SABOR J., 1999B: Problematyka szkółkarstwa leśnego w warunkach górskich; w: Sobczak R. (red.), *Szkółkarstwo leśne, ozdobne i zadrzewieniowe*, s. 212-222
- SABOR J., 1999C: Możliwości zastosowania substratów trocinowo-torfowych do produkcji sadzonek w namiotach foliowych; *Sylvan*, 143(1), s. 99-112
- SABOR J., 2002: The role of „New tree species” in selection programs and management of Carpathian stands. New tree species in German and European directives on forest reproductive material. *Proceeding of the Working Group Forest genetics and Forest breeding*, 2-66, Teissendorf 23-25, Oct. 2002; Bayerisches Amt für Forstliche Saat und Pflanzenzucht
- SABOR J., 2006: Rola i znaczenie testowania Leśnego Materiału Podstawowego dla rozwoju zasobów genowych; w: *Postępy techniki w leśnictwie, Problematyka kierunków ochrony leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew w latach 2011-2035*, nr 95, s. 37-45

- SABOR J., 2007: Specjalizacja produkcji szkółkarskiej wynikająca z regionalizacji nasiennej ustawy o leśnym materiale rozmnożeniowym; w: Polski model szkółkarstwa leśnego, Postępy techniki w leśnictwie, Zeszyty SITLiD nr 101, s. 47-52
- SABOR J., BAŁUT S., SKRZYSZEWSKA K., KULEJ M., BARAN S., BANACH J., 1996: Ocena zróżnicowania i wartości hodowlanej polskich pochodzeń jodły pospolitej w ramach Ogólnopolskiego Doświadczenia Proweniencyjnego „Jd PL 86/90”; pr. zbior. pod red. J. Sabora, Zesz. Nauk. AR w Krakowie, ser. Leśnictwo, 24, s. 1-264
- SABOR J., KULEJ M., SKRZYSZEWSKA K., MAJERCZYK K., BANACH J., 2003A: Badania nad zmiennością genetyczną sosny zwyczajnej, świerka pospolitego, jodły pospolitej, modrzewia europejskiego, buka zwyczajnego, dębu szypułkowego i jodły olbrzymiej w warunkach Beskidu Sądeckiego na przykładzie doświadczeń proweniencyjnych zlokalizowanych w LZD Krynica; w: Materiały Sesji Referatowej „35 lat Leśnego Zakładu Doświadczalnego w Krynicy-Zdroju, sesja referatowa 27-28 czerwca 2003, s. 46-59
- SABOR J., KULEJ M., SKRZYSZEWSKA K., MAJERCZYK K., BANACH J., 2003B: Problemy szkółkarstwa górskiego w badaniach prowadzonych w Stacji Dydaktyczno-Badawczej Katedry Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych w Krynicy-Zdroju; w: Materiały Sesji Referatowej „35 lat Leśnego Zakładu Doświadczalnego w Krynicy-Zdroju”, sesja referatowa 27-28 czerwca 2003, s. 60-74
- SABOR J., RÓŻAŃSKI W., 1993: Wstępne założenia programowe hodowli selekcyjnej głównych gatunków lasotwórczych w terenach górskich Polski; opracowanie tematu IBL, maszynopis, Kraków
- SABOR J., ŻUCHOWSKA J., 2002: Wstępne wyniki badań nad proweniencyjną zmiennością buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) na powierzchni porównawczej doświadczenia serii GC 2234 1992-1995 w Krynicy, Sylwan 146 (2), s. 43-72
- SADY W., DOMAGAŁA-ŚWIATKIEWICZ I., GUSTKOWICZ M., 2002: Ocena właściwości fizykochemicznych oraz stopnia uwalniania składników pokarmowych z nawozowych preparatów polimerowych w warunkach laboratoryjnych; sprawozdanie z realizacji badań firmy Terra Plus sp. z o. o, Kraków
- SALEM N., PINI R., VIGNA-GUIDI G., 1995: Evaporation loss from sandy soils mixed with a polyacrylamide hydrogel under different saline conditions; Agrochimica 39 (5-6), s. 334-342
- SARAYDIN D., KARADA E., GÜVEN O., 1998: The releases of agrochemicals from radiation induced acrylamide/crotonic acid hydrogels; Polymer Bulletin 41, s. 577-584
- SARAYDIN D., KARADA E., GÜVEN O., 2000: Relationship between the swelling process and the releases of water soluble agrochemicals from radiation crosslinked acrylamide/itaconic acid copolymers; Polymer Bulletin 45, s. 287-294
- SARZYŃSKI W., NOWIŃSKI H., SZUMICKI D., 1997: Sprawozdanie z prób przydatnościowych deszczowni Sumisansui produkcji japońskiej firmy Sumitomo; Zakład Mechanizacji i Normowania Prac Leśnych, Ośrodek Rozwojowo-Wdrożeniowy Lasów Państwowych w Bedoniu
- SAVILL P. S., KANOWSKI P. J., 1993: Tree improvement programs for European oaks: goals and strategies; Ann. Sci. For. 50, s. 368-383

- SCHMIDT-VOGT, 1966: Wachstum und Qualität von Forstpflanzen; Bayerischer Landwirtschaft Munchen - Basel - Wien
- SCHNAIDER Z., 1976: Atlas uszkodzeń drzew i krzewów powodowanych przez owady i pajęczaki; PWN, Warszawa
- SCHÖNBORN V. A. DIE AUFBEWAHRUNG DES SAATGUTES DER WALDBÄUME; BLV Verlagsgesellschaft, München, Basel, Wien
- SCHÜSSLER A., SCHWARZOTT D., WALKER C., 2001: A new fungal phylum, the *Glomeromyco*: phylogeny and evolution; Myc. Res. 105, s. 1413-1421
- SEITZ P., 1994: Kompost, ściółka, nawozy zielone; Oficyna Wydawnicza MULTICO, Warszawa
- SIDELKO R., 2005: Kompostowanie - optymalizacja procesu i prognoza jakości produktu; Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej
- SIERPIŃSKI Z., 1975: Ważniejsze owady - szkodniki korzeni drzew i krzewów leśnych; PWRiL, Warszawa
- SEMINOWITZ D., RHEAUME B., SACHOR R., 1967: Seasonal increase in protoplasm and metabolic capacity in tree cells dueing adaptation to freezing. Molecular mechanisms of temperature adaptation; American Association for the Advancement of Science, s. 3-40
- SIUTA J., WASIAK G., 2000: Kompostowanie odpadów i użytkowanie kompostów; Dział Wydawniczy Instytutu Ochrony Środowiska, Warszawa
- SKRZYSZEWSKA K., 1999: Wartość genetyczno-hodowlana jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) reprezentowanej w Ogólnopolskim Doświadczeniu Proweniencyjnym JdPI 86/90; Zeszyty Naukowe AR w Krakowie, ser. Sesja Naukowa 61, s. 43-66
- SOBCZAK R., 1999: Szkółkarstwo leśne, ozdobne i zadrzewieniowe; Oficyna Edytorska - Wydawnictwo Świat, Warszawa
- SOJKA R. E., LENTZ D. 1996: A brief history of PAM and PAM related issues. Proceedings from Conference: Managing irrigation-induced erosion and infiltration with polyacrylamide; College of Southern Idaho, Twin Falls, Idaho, s. 11-20
- STARCK J. R., 1997: Uprawa roli i nawożenie roślin ogrodniczych; PWRiL, Warszawa
- STARZYK J. R., KOLK A., KINELSKI S., DZWONKOWSKI R., 1998: Atlas szkodliwych owadów leśnych; Oficyna Wydawnicza MULTICO, Warszawa
- STEPONKUS P. L., LANPHEAR F. O., 1967: Refinement of the Triphenyl Tetrazolium Chloride Method of Determining Cold Injury; Plant Physiology 42, s. 1423-1426
- STEUDLE E., 2000: Water uptake by roots: effects of water deficit; J. Exp. Bot., 51 (350), s. 1531-1542
- STOCKA T., 1997: Choroby owoców dębu; Biblioteczka Leśniczego, z. 86, Wydawnictwo Świat, Warszawa
- STOCKA T., 1997: Zgorzel siewek; Biblioteczka Leśniczego, z. 88, Wydawnictwo Świat, Warszawa
- STOCKA T., 1998: Atlas chorób żołądźi; Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa
- STOCKA T., 2001: Choroby grzybowe i nie pasożytnicze w szkółkach leśnych; Biblioteczka leśniczego, z. 161, Wydawnictwo Świat, Warszawa

- STOCKA T., 2005: Oznaczanie sprawców chorób i szkodników drzew leśnych - poradnictwo dla Lasów Państwowych. Kalendarz chorób grzybowych i czynników szkodotwórczych; dokumentacja IBL BLP-209; CD
- STOCKA T., ZAŁĘSKI A., ANIŚKO E., KANTOROWICZ W., 1996: Określenie chorób występujących na nasionach w warunkach długotrwałego przechowywania oraz możliwości profilaktyki i zwalczania; dokumentacja IBL BLP-608, s. 1-24
- STOCKI J., 1996: Szkodniki owadzie młodników sosnowych; Biblioteczka Leśniczego, z. 62, ZG SITLiD i DGLP, Wydawnictwo Świat, Warszawa
- STOCKI J., 1996: Szkodniki owadzie upraw sosnowych; Biblioteczka Leśniczego, z. 61, ZG SITLiD i DGLP, Wydawnictwo Świat, Warszawa
- STOCKI J., 1996: Zwójki, szkodniki owadzie dębów; Biblioteczka Leśniczego, z. 73, SITLiD i DGLP, Wydawnictwo Świat, Warszawa
- STOCKI J., 1997: Szkodniki pierwotne dębów - miernikowcowate; Biblioteczka Leśniczego, z. 77, ZG SITLiD i DGLP, Wydawnictwo Świat, Warszawa
- STOCKI J., 1998: Szkodniki pierwotne dębów - sówkowate; Biblioteczka Leśniczego, z. 90, ZG SITLiD i DGLP, Wydawnictwo Świat, Warszawa
- STOCKI J., KINELSKI S., DZWONKOWSKI R., 2000: Owady żerujące na gatunkach iglastych; Oficyna Wydawnicza MULTICO, Warszawa
- STOCKI J., KINELSKI S., DZWONKOWSKI R., 2001: Owady żerujące na gatunkach liściastych; Oficyna Wydawnicza MULTICO, Warszawa
- STOCKI J., SIELCZAK B., 1983: Szeliniak sosnowiec - biologia oraz metody prognozowania i zwalczania; NZLP-IBL, instrukcja, Warszawa
- SUSZKA B., BONNET-MASIMERT M., MULLER C., 1994: Nasiona leśnych drzew liściastych - od zbioru do siewu; PWN, Warszawa - Poznań
- SUSZKA B., 1962: Wpływ czynnika termicznego na ustępowanie spoczynku nasion dzikiej czereśni; Arbor. Kórnickie 7, s. 189-275
- SUSZKA B., 1966A: Dormancy, storage and germination of *Fagus sylvatica* L. seeds; Arbor. Kórnickie 11, s. 221-240
- SUSZKA B., 1966B: Conditions for the breaking of dormancy and germination of the seeds of *Aesculus hippocastanum* L.; Arbor. Kórnickie 11, s. 203-220
- SUSZKA B., 1974: Storage of beech (*Fagus sylvatica* L.) seeds for up to 5 winters; Arbor. Kórnickie 19, s. 1-128
- SUSZKA B., 1975: Cold storage of already after-ripened beech (*Fagus sylvatica* L.) seeds; Arbor. Kórnickie 20, s. 299-315
- SUSZKA B., 2000: Nowe technologie i techniki w nasiennictwie leśnym; Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań - Warszawa, s. 1-296
- SUSZKA B., BORKOWSKA-BUJARSKA B., 2002: Likwidacja spoczynku nasion rodzimych jarzębów (*Sorbus aucuparia* L., *S. intermedia* Pers., *S. torminalis* Crantz.); w: J. Sabor (red.), konferencja naukowa „Zagospodarowanie oraz wartość genetyczna populacji drzew gatunków domieszkowych i introdukowanych w aspekcie stabilizacji ekosystemów leśnych Karpat”, 10-20 października 2000 r., Zeszyty Naukowe Akad. Roln. w Krakowie, z. 86(394), s. 231-258

- SUSZKA B., CHMIELARZ P., WALKENHORST R., 2005: How long can seeds of Norway spruce be stored?; *Ann. For. Sci.*, s. 73-78
- SUSZKA B., KLUCZYŃSKA A., 1980: Seedling emergence of stored (*Fagus sylvatica* L.) seed chilled without medium at a controlled hydration level and pregerminated in cold-moist conditions; *Arbor. Kórnickie* 25, s. 231-255
- SUSZKA B., MULLER C., BONNET-MASIMBERT M., 2000: Nasiona leśnych drzew liściastych – od zbioru do siewu; INRA Editions, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa – Poznań
- SUSZKA B., TYLKOWSKI T., 1980: Storage of acorns of the English oak (*Quercus robur* L.) over 1-5 winters; *Arbor. Kórnickie* 25, s. 199-229
- SUSZKA B., ZIĘTA L., 1976: A new presowing treatment for the cold stored beech (*Fagus sylvatica* L.) seed; *Arbor. Kórnickie* 21, s. 237-255
- SUSZKA J., 2002: Doskonalenie metod przechowywania i przedsięwziętego traktowania nasion dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) i buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.); Instytut Dendrologii PAN, praca doktorska
- SUSZKA J., 2003: Sprawozdanie z badań w Instytucie Dendrologii PAN za rok 2003 dla Generalnej Dyrekcji Lasów Państwowych, rozdział „Cis pospolity (*Taxus baccata* L.), dośw. 1620 i 1731”; s. 58-63
- SUSZKA J., 2008: Postępowanie z nasionami jodły z Karkonoskiego Parku Narodowego; w: Barzdajn W., Raj. A. (red.) „Jodła pospolita w Karkonoskim Parku Narodowym”; s. 155-174, Wydawnictwo K.P.N., Jelenia Góra
- SZABLA K., 2004: Wpływ biopreparatów z grzybami ektomikoryzowymi na kształtowanie się mikoryz, wzrost i rozwój sadzonek wybranych gatunków drzew leśnych w szkółce kontenerowej i w uprawach w różnych warunkach środowiskowych; praca doktorska AR Kraków
- SZABLA K., 2007: Hodowla sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym w warunkach kontrolowanych, *Postępy Techniki w Leśnictwie*, nr 101 (Polski model szkółkarstwa leśnego), s. 17-24
- SZABLA K., PABIAN R., 2009: Szkółkarstwo kontenerowe. Nowe technologie i techniki w szkółkarstwie leśnym; Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, s. 1-252
- SZCZYGIEL K., 2006: Możliwości wegetatywnego rozmnażania drzew leśnych *in vitro*; w: Sabor J. (red.), *Elementy genetyki i hodowli selekcyjnej drzew leśnych*, Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, s. 407-417
- SZOŁTYK G., 2003: Rewitalizacja gleb w szkółkach leśnych; Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, s. 1-44
- SZOŁTYK G., 2006: Rola wapnowania w gospodarce leśnej; w: Fotyma M. (red.), *Nawozy i nawożenie nr 2(27), VIII*, s. 104-114; Konferencja Naukowo-Techniczna Instytutu Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach
- SZOŁTYK G., HILSZCZAŃSKA D., 2003: Rewitalizacja gleb w szkółkach leśnych; Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa
- SZUJECKI A., 1980: Ekologia owadów leśnych; PWRiL, Warszawa
- SZUJECKI A., 1995: Entomologia leśna, tom I i II., Wydawnictwo SGGW, Warszawa

- SYMAŃSKI S., 1979: Wpływ jakości sadzonek sosnowych na wzrost i różnicowanie się drzew w pierwszych 20 latach życia drzewostanu; PTPN, Prace Kom. Nauk Rol. Leśn. 48, s. 151-169
- ŚLIWA E., 1993: Ważniejsze szkodniki drzewostanów liściastych; Warszawa, Wydawnictwo Świat, s. 1-96
- TARASIUK S., ILWICKI W., DZIEMIDEK T., WESOLY W., 2008: Jesienne wyprzedzenie; Las Polski, nr specjalny 1, s. 10
- TARASIUK S., ILWICKI W., 2005: Planowanie i ewidencja produkcji szkółkarskiej w nadleśnictwie; Głos Lasu 3, s. 10-12, 4, s. 9-13
- TARASIUK S., WESOLY W., 2006: Jak obliczyć prawdziwe koszty produkcji?; Las Polski, numer specjalny, s. 5-7
- TERLIKOWSKI F., 1958: Próchnica a żyzność gleb; W: Kwinichidze M., Boratyński K. (red.). Prace wybrane z dziedziny gleboznawstwa chemii rolnej i nawożenia. PWRiL Warszawa, s. 194-325
- TESKEY R. O., HINCKLEY T. M., 1981: Influence of temperature and water potential on root growth of white oak; *Physiol. Plantarum* 2, s. 363-782
- TIMMER M. D., AMBROSE C. G., MIKOS A. G., 2003: In vitro degradation of polymeric networks of poly(propylene fumarate) and the crosslinking macromer poly(propylene fumarate)-diacrylat; *Biomaterials* 24, s. 571-577
- TOMANEK J., 1966: Meteorologia i klimatologia dla leśników; PWRiL, Warszawa
- TREDER W., 2004: Jakość wody do nawadniania roślin sadowniczych; *Hasło ogrodnicze* 4, <http://www.ho.haslo.pl/article.php?id=1638>
- TREDER W., 2005: Jakość wody do nawadniania i filtrowanie; *Szkółkarstwo* 4, <http://www.szkolkarstwo.pl/article.php?id=617>
- TROCHA L. K., RUDAWSKA M., LESKI T., DABERT M., 2006: Genetic Diversity of Naturally Established Ectomycorrhizal Fungi on Norway Spruce Seedlings under Nursery Conditions; *Microb. Ecol.* 52 s. 418-425
- TROUT T. J., SOJKA R. E., LENTZ R. D., 1995: Polyacrylamide effect on furrow erosion and infiltration; Soil and Water Division of American Society of Agricultural Engineers 38(3), s. 761-765
- TYLKOWSKI T., 1977: Cold storage of *Quercus robur* L. acorns in an atmosphere of increased content of CO₂ and a reduced O₂ level; *Arbor. Kórnickie* 22, s. 275-283
- TYLKOWSKI T., 1984: The effect of storing silver maple (*Acer saccharinum* L.) samaras on the germinative capacity of seeds and seedling growth; *Arbor. Kórnickie* 29, s. 131-141
- TYLKOWSKI T., 1987: Storing of Russian elm (*Ulmus laevis* L.) seed over many ears; *Arbor. Kórnickie* 32, s. 297-305
- TYLKOWSKI T., 1988: Storage of stratified seeds of European ash (*Fraxinus excelsior* L.); *Arbor. Kórnickie* 33, s. 259-266
- TYLKOWSKI T., 1989: Short-term storage of after-ripened seeds of *Acer platanoides* L. and *Acer pseudoplatanus* L.; *Arbor. Kórnickie* 34, s. 135-141
- TYLKOWSKI T., 1990: Mediumless stratification and dry storage of *Fraxinus excelsior* L.; *Arbor. Kórnickie* 35, s. 143-152

- TYLKOWSKI T., 1991: Thermal conditions for the after-ripening and germination of Cornelian cherry (*Cornus mas* L.) seeds; Arboretum Kórnickie 36, s. 165–172
- TYLKOWSKI T., 1994A: Przystosowanie spoczynkowych nasion do siewu przez cyklicznie powtarzane moczenie w wodzie. I. Jesion wyniosły *Fraxinus excelsior* L.; Sylwan 138 (7), s. 15–21
- TYLKOWSKI T., 1994B: Przystosowanie spoczynkowych nasion do siewu przez cyklicznie powtarzane moczenie w wodzie. II. Lipa drobnolistna *Tilia cordata* Mill.; Sylwan 138 (12), s. 53–59
- TYLKOWSKI T., 1995: Przystosowanie spoczynkowych nasion do siewu przez cyklicznie powtarzane moczenie w wodzie. III. Klon jawor *Acer pseudoplatanus* L.; Sylwan 139 (7), s. 15–21
- TYLKOWSKI T., 1998: Przewycięzanie spoczynku nasion jesionu wyniosłego (*Fraxinus excelsior* L.) i lipy drobnolistnej (*Tilia cordata* Mill.); Wydawnictwo Z. Bartkowiak, Poznań, s. 1–64
- TYLKOWSKI T., 1999: Warunki przechowywania, kiełkowania i wschodzenia nasion wiązu górskiego (*Ulmus glabra* Huds.) i wiązu polnego (*U. minor* Mill.); Sylwan 143 (2), s. 39–46
- TYLKOWSKI T., 2006: Effects of dormancy breaking in stored seeds on germinability and seedling emergence of *Tilia platyphyllos*; Dendrobiology 56, s. 79–84
- TYLKOWSKI T., GRUPA, 1994: Generatywne rozmnażanie kasztana jadalnego; Las Polski 20, s. 11
- TYSZKIEWICZ S., 1949: Nasiennictwo leśne; Instytut Badawczy Leśnictwa, Seria D, podręczniki nr 2, Warszawa
- TYSZKIEWICZ S., 1963: Prace z zakresu nasiennictwa i szkółkarstwa; w: Tyszkiewicz S., Obmiński Z., 1963. Hodowla i uprawa lasu; PWRiL, Warszawa s. 335–492
- TYSZKIEWICZ S., DĄBROWSKA J., 1953: Stratyfikacja nasion drzew i krzewów leśnych; Ministerstwo Leśnictwa, Instytut Badawczy Leśnictwa, praca nr 102, PWRiL, Warszawa, s. 155–221
- TYSZKIEWICZ S., OBIŃSKI Z., 1963. Hodowla i uprawa lasu; PWRiL, Warszawa s. 335–492
- URBAŃSKI K., 1967: Wpływ różnych sposobów rozmieszczenia na wzrost siewek sosny zwyczajnej w szkółkach; Roczniki WSR w Poznaniu 34, s. 313–370
- URBAŃSKI K., WESOŁY W., 2004: Wzrost drzewostanów sosny zwyczajnej, powstałych z sadzonek wyprodukowanych w różnym zagęszczeniu; Las Polski 27, s. 27
- USDA-NRCS, 1995: Conservation Practice Standard – Irrigation Erosion Control (Polyacrylamide); National Resources Conservation Service, West National Technical Center Interim
- USTAWA O OCHRONIE ROŚLIN (Dz. U. z 2004 r., nr 11, poz. 94, z późn. zm.)
- USTAWA O LEŚNYM MATERIALE ROZMNOŻENIOWYM z 7 czerwca 2001 roku (Dz.U. z 2001 r., nr 73, poz. 761)
- USUPBEKOV O. N., ARNELL H., GRIFFIN J., 1998: Polymer use in combating soil loss: the Aral Sea Basin. Poster papers; Proceedings of the British Hydrological Society, International Conference, Exeter, UK, s. 71–73

- VANCE B. F., 1975: Water quality and plant growth; International Plant Propagators' Society Combined Proceedings 25, s. 136-141
- VETANOVETZ R. P., KNAUSS J. F., 1988: Water quality; Greenhouse Manager 6(2), s. 64-72
- WACHOWICZ E., 2006: Lingwistyczny model procesów zachodzących w szklarni; Inżynieria Rolnicza 12 (87), s. 527-536
- WALCZYK J., 1971: Rozbor funkce kotoučového výsevního ústrojí s použitím různých registračních metod; diplomová práce, Vysoká škola zemědělská, Praha
- WALCZYK J., 2007: Siew punktowy nowym rozwiązaniem technologicznym w szkołkach leśnych; Monografia „Ektomikoryzy”, Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, s. 217-235
- WALCZYK J., TYLEK P., 2004: Sowing Scots pine seed with a modified single-seed seeder under controlled conditions; Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Series Forestry 7(2), # 11
- WALCZYK J., TYLEK P., 2005: Mechanizacja produkcji w szkołkach gruntowych mikoryzowanych sadzonek na potrzeby zalesień gruntów porolnych; Inżynieria Rolnicza 10, s. 403-409
- WALCZYK J., TYLEK P., 2005a: Mechanizacja mikoryzacji i siewu precyzyjnego nasion w inspektach; materiały konferencyjne Mobilné energetické prostriedky – Hydraulika – Životné prostredie – Ergonómia mobilnych strojov; Technická Univerzita vo Zvolene, s. 292-299
- WALENDZIK J., 1975: Wytyczne nawożenia szkółek leśnych; Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Gleboznawstwa i Nawożenia, Warszawa-Sękocin
- WALENDZIK J. (OPR.), 1975: Wytyczne nawożenia szkółek leśnych; IBL, ZGiN, Warszawa-Sękocin 1975
- WALENDZIK J., SZOŁTYK, G., 1990: Wytyczne organicznego i mineralnego nawożenia szkółek leśnych; ZGiN IBL, Warszawa 1990
- WALENDZIK R. J., 1993: Degradacja gleb leśnych w Sudetach Zachodnich i próby jej ograniczenia na przykładzie badań Zakładu Gleboznawstwa i Nawożenia IBL, prowadzonych w Nadleśnictwie Szklarska Poręba; w: materiały na sesję naukową „Problemy odtwarzania lasu w Sudetach Zachodnich”, Szklarska Poręba, PTL, s. 43-54
- WALENDZIK R. J., SZOŁTYK G., 1998: Nawożenie szkółek - metody tradycyjne a wizja przyszłości; Sylwan 142 (2), s. 49-57
- WALENDZIK R. J., SZOŁTYK G., 1999: Nawożenie mineralne i wapnowanie szkółek leśnych; w: Sobczak R. (red.) Szkółkarstwo leśne, ozdobne i zadrzewieniowe, Wydawnictwo Świat, Warszawa, s. 244
- WALKER P., KELLEY T., 2003: Solids, organic load and nutrient concentration reductions in swine waste slurry using a polyacrylamide (PAM)-aided solids flocculation treatment; Bioresource Technology 90, s. 151-158
- WALOS T., 1982: Porównanie wybranych cech morfologicznych i anatomicznych materiału sadzeniowego jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) wyprodukowanych w namiotach foliowych i na powierzchni otwartej; praca magisterska, AR Kraków

- WALTERS C., WESLEY-SMITH J., CRANE J., CHMIELARZ P., PAMMENTER N. W., BERJAK P., 2008: Cryopreservation of recalcitrant (i.e. desiccation-sensitive) seeds; w: Reed B. Plant cryopreservation: A practical guide, Springer New York, str. 465-484
- WEISER C. J., 1970: Cold resistance and injury in woody plants; Science 169, s. 1269-1278.
- WESOLY W., 1994: Szkołka kontenerowa w Kostrzycy - propozycje dotyczące produkcji sadzonek w sezonie 1995; opracowanie na zlecenie RDLP we Wrocławiu, maszynopis, s. 1-3
- WESOLY W., 1997: Praktyczna ocena żywotności sadzonek w warunkach odnowienia zgodnego z zasadami ekologii; Sylwan 141(4), s. 142-152
- WESOLY W., 1998: Produkcja sadzonek w kontenerach typu „Hiko”; Postępy Techniki w Leśnictwie, 65, s. 58-61
- WESOLY W., 1999A: Seedlings production with covered root system in polish nurseries; w: „Pestovani a uziti krytokorenného sadebního materialu” MZLU Brno, AR Poznań, Trunov, 26-28 maja 1999, s. 87-90.
- WESOLY W., 1999B: Projekt produkcji sadzonek drzew leśnych w pojemnikach; opracowanie na zlecenie Nadleśnictwa Tychowo, RDLP Szczecinek, maszynopis, s. 1-8
- WESOLY W., 2005: Zagrożenia i metody oceny uszkodzeń mrozowych sadzonek drzew leśnych; seminarium „Mrozoodporność”, Kórnik, 17-18 maja 2005, s. 115-120
- WESOLY W., 2006: Ocena jakości fizjologicznej sadzonek. w: Sabor J. (red.): Elementy genetyki i hodowli selekcyjnej drzew leśnych; Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, s. 379-386.
- WESOLY W., CICHOCKA I., HAUKE M., SIENKIEWICZ A., 2005: Wytyczne nawożenia dolistnego oraz stosowanych nawozów wieloskładnikowych o długim okresie działania w szkołkach kontenerowych i otwartych; Poznań - Warszawa, badania sfinansowano z środków Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych, Nr 15/04
- WESOLY W., HAUKE M., TARASIUK S., WILANGOWSKA J., 2009: Zimowe przechowywanie sadzonek; Annals of Warsaw Agricultural University SGGW-AR, Forestry and Wood Technology (w druku)
- WESOLY W., NAPARTY E., 2003: Wpływ oddziaływania dodatnich temperatur na stan fizjologiczny sadzonek świerka pospolitego (*Picea abies* L., Karst.), PTPN, prace Komisji Nauk Rol. i Leśn., 94, s. 121-130
- WESOLY W., PUKACKI P. M., HAUKE M., 2004: Instrukcja oceny zmrożenia korzeni sadzonek w szkołce; Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych, Warszawa 2004, s. 1-7
- WESOLY W., PUKACKI P. M., NAPARTY E., 1998: Zastosowanie metod biofizycznych do oceny żywotności sadzonek sosny, świerka i modrzewia; Sylwan 142(8), s. 55-64
- WESOLY W., TARASIUK S., HAUKE M., HOFFMAN L., 2007: Instrukcja produkcji kompostów dla szkółek leśnych; Poznań - Warszawa, maszynopis
- WESOLY W., TARASIUK S., PUKACKI P. M., IŁNICKI W., 2005: Zimowe przechowywanie sadzonek; Las Polski 1/2005, nr specjalny, s. 24-26

- WESOŁY W., WIELGOSZ, E., 2000: Produkcja sadzonek buka w szkółce kontenerowej, Zesz. Nauk. AR Kraków, rozprawa 358(69), s. 237-253
- WIELGOSZ E., WESOŁY W., 2000: Metody oceny żywotności sadzonek produkowanych w warunkach szkółek kontenerowych; PTPN, prace Komisji Nauk Rol. i Leśn., 88, s. 137-146
- WIĘSIK J., 1990: Maszyny do uprawy i pielęgnacji gleby; Wydawnictwo SGGW-AR, Warszawa
- WINKELMANN M., KENDLE A. D., 1996: The effect of polyacrylamide gels on establishment of woody plants under droughted and saline condition; *Arboricultural Journal* 20(4), s. 387-404
- WŁOCZEWSKI T., 1968: Ogólna hodowla lasu; PWRiL, Warszawa
- WNIOSKI, 2002: Wnioski z Konferencji Naukowej „Zagospodarowanie oraz wartość genetyczna populacji drzew gatunków domieszkowych i introdukowanych w aspekcie stabilizacji ekosystemów leśnych Karpat”; Kraków - Brzesko - Ustroń - Bielsko, 19-20 października 2000 r., Zeszyty Naukowe AR w Krakowie, nr 394, Sesja Naukowa 86, s. 413-415
- WOJDYŁA A., 2004: Dezynfekcja wody lub pożywki w szkółkach; *Szkółkarstwo* 3, <http://www.szkolkarstwo.pl/article.php?id=404>
- WOŹNIAK S., 1970: Ocena przydatności gospodarczej produkcji jednolatek drzew leśnych metodą inspektową na przykładzie Nadleśnictwa Brenna; praca magisterska AR Kraków
- WÓJCIK A. R., LAUDAŃSKI Z., 1989: Planowanie i wnioskowanie statystyczne w doświadczalnictwie; Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa
- WÓJCIK-WOJTKOWIAK D., POLITYCKA B., WEYMAN-KACZMARKOWA W., 1998: Allelopatia; Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu, s. 1-91
- WRÓBLEWSKA H., 1998: Z badań nad kompostowaniem odpadów tworzyw drzewnych o różnej zawartości azotu; *Roczniki AR w Poznaniu, CCCIV, Ogrodnictwo* nr 27
- YOSHIMURA T., SENGOKU K., FUJIOKA R., 2005A: Pectin-based superabsorbent hydrogels crosslinked by some chemicals: synthesis and characterization; *Polymer Bulletin* 55, s. 123-129
- ZAJĄCZKOWSKI P., 2004: Nawozy o kontrolowanym uwalnianiu składników; *Las Polski*, numer specjalny 1, s. 22-23
- ZAŁĘSKI A. (RED.), 1995: Nasiennictwo leśnych drzew i krzewów iglastych: Oficyna Edytorska, Wydawnictwo Świat, Warszawa
- ZAŁĘSKI A., ANIŚKO E., KANTOROWICZ W., 1998: Zasady oceny nasion w Lasach Państwowych; Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych, Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa, s. 136
- ZARZĄDZENIE NR 16 dyrektora generalnego Lasów Państwowych z 11 lutego 2002 roku, *Biuletyn Informacyjny Lasów Państwowych* nr 2
- ZARZĄDZENIE NR 16 dyrektora generalnego Lasów Państwowych z 25 lutego 2008 roku, *Biuletyn Informacyjny Lasów Państwowych* nr 4 (184)

Literatura

ZASADY HODOWLI LASU obowiązujące w Państwowym Gospodarstwie leśnym Lasy Państwowe; Warszawa 2003

ZHANG J., CHEN H., WANG A., 2005: Study on superabsorbent composite. III. Swelling behaviors of polyacrylamide/attapulgitite composite based on acidified attapulgitite and organo-attapulgitite; *European Polymer Journal* 41, s. 2434-2442

ŻUK B., 1989: *Biometria stosowana*; Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa