



wytyczne nawadniania szkółek leśnych na powierzchniach otwartych

Nowelizacja

„Wytycznych stosowania deszczowni w szkółkach leśnych zadrzewieniowych”
z 1991 r.

Zatwierdził do użytku służbowego
Zastępca Dyrektora Generalnego
Lasów Państwowych
ds. Gospodarki Leśnej

mgr inż. Janusz Zaleski



Wydano na zlecenie Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych

Warszawa 2002

© **Centrum Informacyjne Lasów Państwowych**

ul. Bitwy Warszawskiej 1920 r. nr 3

02-362 Warszawa

tel. (0-prefix-22) 822-49-31, fax (0-prefix-22) 823-96-79

e-mail: wydawnictwa@lasypanstwowe.gov.pl

Nowelizację opracował zespół w składzie:

prof. dr hab. **Edward Pierzgałski** – IBL

dr inż. **Jan Tyszka** – IBL

mgr inż. **Andrzej Boczoń** – IBL

mgr inż. **Stefan Wiśniewski** – DGLP

dr hab. inż. **Jerzy Jeznach** – SGGW

dr inż. **Stanisław Żakowicz** – SGGW

Redakcja

Aleksandra Dominiewska

Projekt okładki

Bożena Widłaszewska

Redakcja techniczna

Bożena Widłaszewska

Korekta

Elżbieta Kijewska

ISBN 83-88478-42-7

Skład, łamanie:

ARPTRESS Studio Grafiki Komputerowej, 88-100 Inowrocław

ul. Poznańska 281, tel./fax (0-prefix-52) 354-95-10

Druk:

Zakład Poligraficzno-Wydawniczy POZKAL, 88-100 Inowrocław,

ul. Cegielnia 10/12, tel. (0-prefix-52) 354-27-00

Spis treści

1. Wstęp	5
2. Przyrodnicze podstawy nawadniania	6
3. Warunki zastosowania systemu nawadniającego	8
3.1. Źródła poboru wody do nawadniania	9
3.2. Odwodnienie terenu szkółki	11
3.3. Zagospodarowanie terenu szkółki	12
4. Podstawowe informacje o systemach i urządzeniach nawadniających	13
4.1. Podział nawodnień według pełnionych funkcji	13
Nawodnienia zwilżające	13
Nawodnienia technologiczne	13
Nawodnienia ochronne	13
4.2. Systemy nawadniające stosowane w szkółkach leśnych ..	14
4.3. Deszczownie	14
4.3.1. Typy deszczowni	14
4.3.1.1. Deszczownia stała	14
4.3.1.2. Deszczownia półstała	15
4.3.1.3. Deszczownia przenośna	15
4.3.1.4. Deszczownie ruchome	15
4.3.2. Elementy deszczowni	16
4.3.2.1. Ujęcia wody do deszczowni	16
4.3.2.2. Pompownie deszczowniane	19
4.3.2.3. Główne rurociągi tłoczne	21
4.3.2.4. Hydranty czerpalne	22
4.3.2.5. Rurociągi deszczujące	23
4.3.2.6. Zraszacze	24
4.4. Mikronawodnienia	25
5. Eksploatacja deszczowni	27
5.1. Montaż zestawów przenośnych	27
5.2. Uruchamianie deszczowni	28

5.3. Przemieszczanie zestawów przenośnych	29
6. Nawodnienia zwilżające	30
6.1. Okresy nawodnień zwilżających	30
6.2. Określanie dawek polewowych	31
6.2.1. Metoda bezpośrednia	32
6.2.2. Metody pośrednie	32
Metoda Varallyaya	32
Metoda Somorowskiego	36
6.3. Dawki polewowe i częstotliwość deszczowania w I okresie nawodnień materiału jednoletniego	37
6.4. Dawki polewowe i częstotliwość deszczowania w II okresie nawodnień materiału jednoletniego	39
6.5. Dawki polewowe i częstotliwość deszczowania materiału wieloletniego	41
6.6. Intensywność deszczowania	42
6.7. Czas deszczowania powierzchni dawką jednorazowego polewu	42
6.8. Dostosowanie częstotliwości deszczowania do rozkładu opadów atmosferycznych	43
7. Inne rodzaje deszczowania	44
7.1. Nawadnianie związane ze szkółkowaniem	44
7.2. Nawadnianie po nawożeniu mineralnym	45
7.3. Deszczowanie po podcięciu korzeni	45
7.4. Ochrona roślin szkółkarskich przed przymrozkami ...	46
7.4.1. Zasady deszczowania dla ochrony przed przymrozkami	47
Intensywność deszczowania	48
Równomierność deszczowania	49
Prędkość obrotowa zraszaczy i wysokość ich umieszczenia	49
Pomiar temperatury	49
Pomiar wilgotności względnej powietrza	50
Pomiar kierunku i prędkości wiatru	50
Częstotliwość odczytu przyrządów	50
Ustalenie terminu włączenia urządzeń nawadniających	50
7.5. Nawadnianie w upalne dni	51
7.6. Nawożenie za pomocą urządzeń nawadniających	57
8. Sterowanie nawodnieniami i ich automatyzacja	58
8.1. Sterowanie nawodnieniami	58
8.2. Automatyzacja nawodnień	59
9. Eksploatacja systemów i urządzeń nawadniających ..	60
9.1. Zasady ogólne	60
9.2. Konserwacja urządzeń nawadniających	61
9.3. Instrukcja eksploatacji	62
Podstawowa literatura	63

1. Wstęp

Potrzeba zastosowania deszczowni w szkółkach zaistniała na początku lat siedemdziesiątych, kiedy zapoczątkowano w Lasach Państwowych kompleksową mechanizację produkcji szkółkarskiej, stwarzając tym samym warunki do zakładania szkółek na dużych powierzchniach. W naszym klimacie występują okresowe niedobory wody w glebie. Niedobory te, wynikające z niewystarczającej ilości lub nierównomiernego rozkładu opadów w okresie wegetacyjnym, nie miały tak istotnego znaczenia w małych szkółkach leśnych, zwykle otoczonych zwartą ścianą lasu, chroniącą glebę przed wysuszeniem przez wiatr i nadmierną insolacją. Natomiast na dużych otwartych powierzchniach czynniki te mogą znacznie ograniczyć wielkość i jakość produkcji. Dlatego „Zasady hodowli lasu” warunkują zakładanie szkółek o powierzchni ponad 3 ha możliwością zainstalowania systemu nawadniającego, o czym decyduje głównie dostępność potrzebnej ilości wody do nawodnień.

Pierwsze „Wytyczne stosowania deszczowni w szkółkach leśnych i zadrzewieniowych” zostały opracowane w 1971 roku. W miarę uzyskiwania wyników badań prowadzonych w Instytucie Badawczym Leśnictwa nad deszczowaniem szkółek, jak też wskutek wzbogacania doświadczenia praktycznego w tym zakresie, treść „Wytycznych...” była uzupełniana i rozszerzana w kolejnych edycjach z następujących lat: 1972, 1974, 1978 i 1991. Pierwsze trzy wydania zostały opracowane przez zespół specjalistów powołany przez Naczelny Zarząd Lasów Państwowych. Zespołem tym kierował mgr inż. Stanisław Babiński. W pracach nad „Wy-

tycznymi...” z lat 1978 i 1991 brali udział także pracownicy Instytutu Badawczego Leśnictwa. W 1978 r. w skład zespołu wchodził: mgr inż. Stanisław Babiński, doc. dr hab. inż. Feliks Białkiewicz i mgr inż. Konrad Tomaszewski, w 1991 roku zaś: mgr inż. Stanisław Babiński, prof. dr hab. inż. Feliks Białkiewicz i mgr inż. Stefan Wiśniewski.

Od 1991 roku na krajowym rynku pojawiło się wiele nowych urządzeń nawadniających. Niektóre z nich znalazły zastosowanie w szkółkach leśnych. Aby ułatwić służbom leśnym właściwy wybór sprzętu nawadniającego, w 1997 r. na zlecenie Generalnej Dyrekcji Lasów Państwowych opracowano w Biurze Studiów i Projektów Leśnictwa BIPROLAS w Łodzi „Katalog urządzeń deszczujących przydatnych do stosowania w szkółkach leśnych”. Zawiera on przegląd, charakterystykę oraz dane techniczne i eksploatacyjne urządzeń nawadniających obecnie dostępnych i stosowanych w szkółkach leśnych oraz uprawach pod osłonami. Ponieważ projekty systemów nawadniających wykonują specjalistyczne jednostki projektowe, w niniejszych „Wytycznych...” pominięto rozdział dotyczący obliczania średnic rurociągów. Pozostały tekst poświęcony zagadnieniom technicznym zweryfikowano oraz uzupełniono o informacje dotyczące mikronawodnień. Stosunkowo duże zmiany wprowadzono w rozdziałach dotyczących przyrodniczych podstaw nawadniania, doboru systemu nawadniającego, określania dawek polewowych oraz sterowania systemem nawadniającym. Całkowicie nowa jest także część poświęcona ochronie szkółek przed przymrozkami.

Zgodnie z tytułem niniejsze opracowanie obejmuje problematykę nawadniania szkółek na powierzchniach otwartych. Nawadnianie szkółek pod osłonami wymaga specjalistycznego odrębnego opracowania.

2. Przyrodnicze podstawy nawadniania

Wielkość i wartość produkcji szkółkarskiej w danych warunkach glebowych bywa różna w poszczególnych latach zależnie od zmienności pogody, a przede wszystkim od ilości i rozkładu opadów

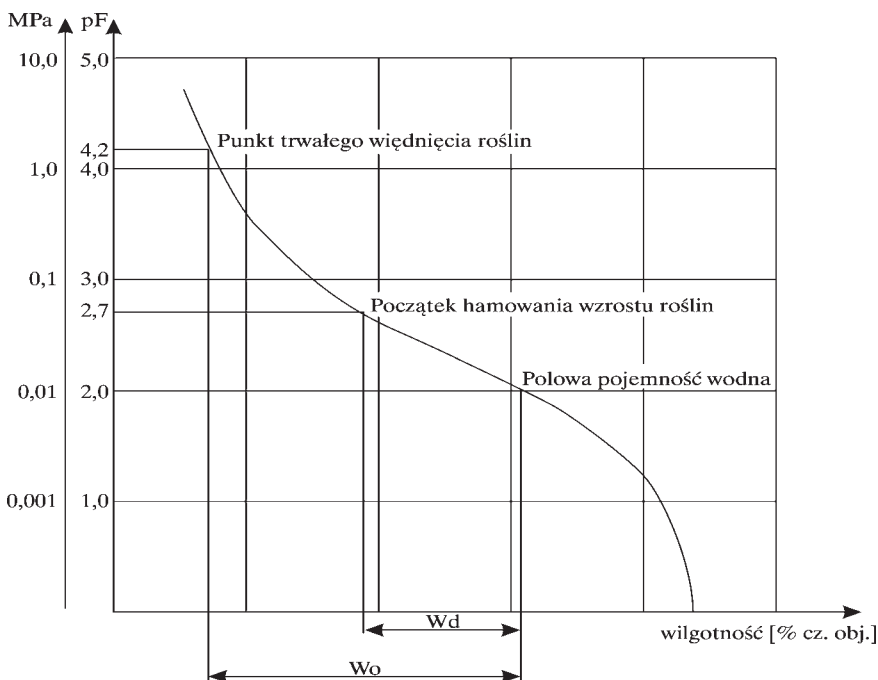
w okresie wegetacyjnym. Udatność siewów i rozwój siewek zależy nie tyle od sumy opadów rocznych czy miesięcznych, ile od ich równomiernego rozkładu w okresie wegetacji, szczególnie zaś w czasie kiełkowania nasion. Deszcze niewielkie, ale częste są korzystniejsze dla wegetacji niż rzadko się pojawiające deszcze ulewne.

Jakość produkcji szkółkarskiej jest uzależniona także od wilgotności i temperatury powietrza atmosferycznego. Duża wilgotność powietrza wpływa pozytywnie na rozwój siewek, natomiast wyższa temperatura jest korzystna tylko wówczas, gdy zaspokojone są ich potrzeby wodne. Wysoka temperatura powietrza przy jednoczesnym braku opadów powoduje usychanie siewek. Szczególną wrażliwość na niedobór wilgotności wykazują siewki i sadzonki od maja do sierpnia. To samo odnosi się do okresu kiełkowania nasion oraz szkółkowania siewek.

W zależności od wielkości siły ssącej, z jaką rośliny mogą pobierać wodę kapilarną z gleby, wyróżnia się wodę łatwo oraz trudno dostępną. Zależność między siłą ssącą gleby a jej uwilgotnieniem przedstawiono na rys.1. Woda łatwo dostępna dla roślin występuje w przedziale od połowej pojemności wodnej do początku hamowania wzrostu roślin, co w większości gleb odpowiada sile ssącej w granicach pF od 2,0 do 2,7. Powyżej $pF = 2,7$ woda staje się coraz trudniej dostępna dla roślin, a przy $pF = 4,2$ rośliny na ogół nie są w stanie pobierać wody z gleby i giną.

O ilości wody dostępnej dla roślin decyduje kilka czynników, w tym skład mechaniczny gleby i zawartość substancji organicznej w warstwie korzeniowej. Wyczerpanie wody dostępnej przez rośliny zachodzi bardzo szybko w glebie piaszczystej, a wolniej w glebie gliniastej, ilastej i w torfie. W czasie suszy najwcześniej i najsilniej odczuwają brak wody rośliny rosnące na lekkich glebach mineralnych. Dlatego krótkotrwała susza w glebach piaszczystych jest nawet groźniejsza w skutkach od znacznie dłużej trwającej na glebach ciężkich.

Zastosowanie nawodnień w szkółce umożliwia precyzyjne utrzymywanie wilgotności gleby, przy której woda jest łatwo dostępna dla roślin. Zwilżanie gleby nie tylko więc chroni produkcję przed skutkami suszy, ale przez utrzymywanie w glebie optymalnych warunków wilgotnościowych wpływa istotnie na zwiększenie ilości i polepszenie jakości materiału sadzeniowego. Jak wynika z badań IBL zastosowanie nawodnienia w połączeniu z nawożeniem mineralnym może zapewnić lepsze wschody sosny nawet o 40%



Rys.1. Zależność między siłą ssącą gleby a jej uwilgotnieniem (w_o – całkowita ilość wody dostępnej dla roślin, w_d – ilość wody łatwo dostępnej dla roślin)

w stosunku do szkółek nie nawadnianych i nie nawożonych. Ponadto nawadnianie zapewnia lepsze kiełkowanie nasion rzadko obserwowanych, trudno kiełkujących oraz umożliwia letnie szkółkowanie siewek świerka, a także jest skutecznym sposobem ochrony siewek i sadzonek przed przymrozkami i upałami.

3. Warunki zastosowania systemu nawadniającego

Prowadzenie nawodnień w szkólkach uwarunkowane jest istnieniem odpowiedniego pod względem ilościowym i jakościowym źródła wody powierzchniowej lub podziemnej oraz uzyskaniem

pozwolenia wodnoprawnego na pobór wody do nawodnień zgodnie z ustawą z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne (DzU nr 115, poz. 1229).

3.1. Źródła poboru wody do nawadniania

Źródłami poboru wody do nawadniania szkółek mogą być rzeki, kanały lub inne ciekі stale prowadzące wodę, jak również jeziora i zbiorniki wodne. Na terenach, gdzie brak jest warunków do ujęcia wody powierzchniowej, należy zbadać możliwości ujęcia wód podziemnych. Koszty takich ujęć wahają się w dużych granicach, zależnie od głębokości zalegania i wydajności warstwy wodonośnej.

Przy rozpatrywaniu przydatności źródła poboru wody do nawadniania należy określić:

- wydajność źródła wody (m^3/h) i wielkość dyspozycyjnego dopływu jednostkowego ($\text{l/s} \cdot \text{ha}$),
- jakość wody pod względem fizycznym (temperatura, zawiesiny), chemicznym (odczyn, związki m.in. żelaza i manganu) oraz sanitarnym.

Na podstawie analizy ilościowej i jakościowej źródła wody oraz w zależności od odmiany systemu nawadniającego, a także jego parametrów eksploatacyjnych (dawka polewowa brutto, intensywność i częstotliwość nawadniania) określana jest potencjalna wielkość nawadnianej powierzchni. Decyzję o rzeczywistej wielkości nawadnianej powierzchni podejmuje się na podstawie porównania potencjalnych możliwości nawadniania z zapotrzebowaniem na materiał sadzeniowy.

Istotne znaczenie ma także odległość ujęcia wody od szkółki oraz wzniesienie terenu szkółki ponad poziom wody w miejscu ujęcia. Pompownia musi być zlokalizowana możliwie blisko szkółki i nie powinna się znajdować zbyt nisko w stosunku do najwyższej położonej kwatery. Przy długich rurociągach tłocznych doprowadzających i znacznych różnicach poziomów między ujęciem a szkółką straty ciśnienia mogą okazać się zbyt duże i uniemożliwić uzyskanie dostatecznego ciśnienia w zraszaczach. Zastosowanie dodatkowej pompowni jest zwykle nieopłacalne ze względu na znaczne zwiększenie kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych deszczowni.

Przy rozpatrywaniu przydatności źródła poboru wody do deszczowania należy ocenić, czy zapewni ono dostateczny dopływ jednostkowy wody do agregatu pompowego i tym samym umożliwi ciągłość jego pracy w czasie zraszania szkółki. Jeśli wydajność źródła wody jest mniejsza od wymaganej, niezbędne jest wykonanie zbiornika retencyjnego służącego do wyrównywania przepływów dobowych.

Przy ujęciach wody powierzchniowej o stosunkowo dużych zasobach wodnych najczęściej stosowane są deszczownie, natomiast jeśli źródło wody jest bardzo małe, możliwe jest zastosowanie mikronawodnień, spośród których najbardziej przydatne w szkółkach są mikrodeszczownie i przewody deszczujące. Wymagają one mniejszych dopływów jednostkowych niż deszczownie ze względu na stosowanie mniejszych, lecz podawanych z większą częstotliwością dawek polewowych.

W nawodnieniach szkółek leśnych może być używana woda odpowiadająca III klasie czystości z każdego źródła (rzeki, kanały, jeziora, stawy, wody podziemne). W nawodnieniach deszczownianych nie występuje problem zatykania zraszaczy i dlatego kryteria jakościowe spełnia większość wód powierzchniowych i podziemnych na obszarach leśnych. Znacznie bardziej zaostrzone są wymagania w mikronawodnieniach ze względu na małe przekroje otworów, emiterów i mikrozraszaczy. Zatykanie się urządzeń może być spowodowane zanieczyszczeniami fizycznymi, chemicznymi i biologicznymi (tab.1). Niekiedy woda przed wprowadzeniem do sieci nawadniającej musi zostać poddana procesowi oczyszczenia, uzdatnienia i ewentualnie wzbogacenia (przez dodanie nawozów i środków chemicznych).

Wody powierzchniowe zawierają znaczne ilości zanieczyszczeń mineralnych (np. piasek) i organicznych (np. glony). Jakość wód podziemnych jest bardzo zmienna, zależnie od pochodzenia tych wód i charakterystyki warstw wodonośnych. Dlatego też w razie stosowania mikronawodnień konieczne jest wykonanie oceny jakości wody. Na podstawie obszernego materiału obserwacyjnego można stwierdzić, że przy mikronawodnieniach często jest konieczne usuwanie z wody żelaza i manganu. Rozpuszczone związki żelaza, wapnia i manganu w kontakcie z powietrzem mogą wytrącać się w przewodach lub emiterach. Ogólnie stwierdza się, że 66% wód podziemnych potrzebuje odżelaziania co najmniej do pozio-

Tabela 1. Niebezpieczeństwo zatykania się emiterów w zależności od jakości wody

Rodzaj zanieczyszczenia	Niebezpieczeństwo zatykania		
	niewielkie	średnie	duże
Fizyczne – cząstki [w zawiesinie mg/l]	< 50	50–100	> 100
Chemiczne – pH	< 7,0	7,0–8,0	> 8,0
– mangan [mg/l]	< 0,1	0,1–1,5	> 1,5
– żelazo [mg/l]	< 0,1	0,1–1,5	> 1,5
– siarkowodór [mg/l]	< 0,5	0,5–2,0	> 2,0
Biologiczne – bakterie [liczba w ml]	< 10 000	10 000–50 000	> 50 000

mu jakości dla wody pitnej (0,5 mg/l), a 50% wód należy odzależnić i odmanganiać (do poziomu około 0,1 mg/l). Ocenia się, że jedynie 23% wód podziemnych nie wymaga uzdatniania.

3.2. Odwodnienie terenu szkółki

Potrzeba odwodnienia terenu szkółki może wynikać stąd, że często przeznaczają się pod szkółki tereny o glebie zasobnej, ale nie dość przepuszczalnej, lub obszary wylesione, gdzie zwierciadło wody jest zbyt blisko powierzchni gruntu, co znacznie utrudnia prace uprawowe sprzętem mechanicznym. Ponadto obfite opady atmosferyczne mogą w warunkach zbyt powolnego wsiąkania powodować wymakanie siewek i sadzonek. Ze względu na to, że zastosowanie deszczowni pozwala na dowolne regulowanie wilgotności w czynnej warstwie gleby, obniżenie zbyt wysokiego poziomu wody gruntowej i odprowadzenie nadmiaru wody z opadów oraz przewietrzanie gleby istotnie sprzyja polepszeniu warunków produkcji szkółkarskiej.

Odwadnianie za pomocą rowów otwartych jest niekorzystne, zarówno ze względu na utratę powierzchni produkcyjnej, jak też znaczne utrudnienie pracy sprzętem mechanicznym. Najodpowiedniejszym systemem odwadniania szkółek jest drenowanie, ponie-

waż zapewnia szybsze odprowadzanie nadmiaru wody grawitacyjnej, a ponadto poprawia fizyczne i biologiczne właściwości gleby. Istotne znaczenie ma także wcześniejsze obsychanie wiosną gleb drenowanych, co umożliwia przyspieszenie prac uprawowych i wysiewu nasion.

Wykonywanie zabiegów pielęgnacyjnych w szkółkach leśnych sprzętem mechanicznym wymaga intensywnego odwodnienia gleby i dlatego rozstawa drenowania powinna być tam mniejsza niż na gruntach rolnych. Głębokość drenowania może być natomiast taka sama.

W szkółkach używa się trzech rodzajów drenów: ceramicznych, ze sztucznego tworzywa lub z faszyny. Dreny ceramiczne można stosować w postaci rurociągów nieuszczelnionych tylko przy uprawach w szkółkach leśnych. Produkowany w nich jedno- lub dwuletni materiał sadzeniowy korzeni się na tyle płytko, że nie powoduje zarastania drenów przez korzenie. Jeśli jednak nie ma pewności, czy w przyszłości nie zajdzie potrzeba produkowania materiału wieloletniego, zaleca się zabezpieczenie rurociągów z rurek ceramicznych, a także ze sztucznego tworzywa, otuliną ze świeżego żużlu.

3.3. Zagospodarowanie terenu szkółki

Zasady zagospodarowania szkółek są zawarte w pracy zbiorowej pod redakcją Ryszarda Sobczaka „Szkółkarstwo leśne, ozdobne i zadrzewieniowe” (1999) oraz w Zarządzeniu nr 11A Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 11 maja 1999 r. w sprawie doskonalenia gospodarki leśnej na podstawach ekologicznych. Powierzchnia produkcyjna szkółek leśnych kształtuje się w Polsce od wielu lat na zbliżonym poziomie, natomiast w niewielkim stopniu zmniejsza się ich liczba. Wprawdzie ponad 80% szkółek jest wyposażonych w urządzenia deszczujące, lecz bardzo dużo z nich wymaga modernizacji lub wymiany. Prace modernizacyjne systemu nawadniającego mogą być połączone z dostosowaniem zagospodarowania szkółek do wskazań zawartych w ww. opracowaniach, w których m.in. zaleca się zmniejszenie kwater przez zakładanie pasów zadrzewień ochronnych z krzewów i niskich drzew. Odległość między pasami powinna wynosić 30–60 m.

4. Podstawowe informacje o systemach i urządzeniach nawadniających

4.1. Podział nawodnień według pełnionych funkcji

Nawodnienia zwilżające

Podstawowym celem stosowania nawodnień jest utrzymywanie uwilgotnienia gleby w stanie zapewniającym prawidłowy rozwój roślin. Za pomocą nawodnień zwilżających utrzymuje się w warstwie korzeniowej uwilgotnienie gleby w zakresie, przy którym woda jest łatwo dostępna dla roślin, lecz nie występuje w nadmiarze, gdyż mogłoby to powodować np. pleśnienie nasion, wymywanie składników nawozowych lub negatywnie wpływać na stan mikoryzy.

Nawodnienia technologiczne

Nawodnienia technologiczne polegają na zwiększeniu wilgotności gleby w celu ułatwienia szkółkowania, a także zapewnienia optymalnych warunków wodnych bezpośrednio po wykonanych zabiegach szkółkowania i po podcinaniu korzeni. Systemy nawadniające mogą być używane do rozprowadzania nawozów w płynnej postaci. Równoczesne nawożenie i zwilżanie gleby nazywane jest fertygacją. Przez urządzenia nawadniające mogą być rozprowadzane także środki ochrony roślin w formie płynnej.

Nawodnienia ochronne

Nawodnienia ochronne polegają na regulacji warunków termicznych dla ochrony przed przymrozkami lub w celu zmniejszenia ewapotranspiracji przez obniżenie temperatury powietrza w upalne dni.

4.2. Systemy nawadniające stosowane w szkółkach leśnych

Nawodnienia można podzielić na grawitacyjne i ciśnieniowe. Spośród grawitacyjnych w szkółkach leśnych zastosowanie mogą znaleźć, lecz w bardzo ograniczonym zakresie, nawodnienia podsiąkowe. Polegają one na zasilaniu warstwy korzeniowej przez podsiąg kapilarny z wody gruntowej utrzymywanej blisko powierzchni terenu za pomocą sieci rowów i znajdujących się w nich urządzeń piętrzących.

Powszechnie natomiast stosowane są w szkółkach leśnych nawodnienia ciśnieniowe, wśród których wyróżnia się:

- nawodnienia deszczowniane,
- mikronawodnienia.

4.3. Deszczownie

4.3.1. Typy deszczowni

Zależnie od sposobu instalacji, montażu i eksploatacji deszczownie dzielą się na: stałe, półstałe, przenośne i ruchome.

4.3.1.1. Deszczownia stała

W deszczowni stałej wszystkie elementy są zainstalowane na stałe. Agregat pompowy znajduje się w stałym pomieszczeniu, a rurociąg główny dostarczający wodę do szkółki oraz rurociągi deszczujące (doprowadzające wodę do zraszaczy) znajdują się na głębokości poniżej zamarzania gruntu. Niezbędne jest zapewnienie możliwości odwadniania rurociągów na okres zimowy. Wysokie koszty instalacji deszczowni stałych są rekompensowane przez niską pracochłonność obsługi (wyeliminowanie prac związanych z przenoszeniem zestawów między kwaterami) oraz zwiększenie efektywności deszczowania uzyskane dzięki możliwości nawadniania różnych kwater w tym samym czasie i zastosowanie sterowania.

4.3.1.2. Deszczownia półstała

Deszczownia taka ma stałą pompownię i podziemny rurociąg główny, na którym umieszczone są hydranty czerpalne. Przyłącza się do nich przenośne rurociągi nawadniające ze zraszaczami. W celu lepszego wykorzystania czasu pracy deszczowni są one wyposażone zwykle w dwa zestawy przenośne, aby w czasie pracy jednego zestawu drugi mógł być przenoszony i montowany na następnym stanowisku pracy. Jeżeli do szkółki doprowadzona jest energia elektryczna, można zastosować agregat pompowy o napędzie elektrycznym, który jest znacznie wygodniejszy w użytkowaniu niż spalinowy.

4.3.1.3. Deszczownia przenośna

Deszczownia przenośna składa się z przewoźnego agregatu pompowego z napędem spalinowym oraz przenośnych rurociągów układanych na powierzchni terenu: głównego doprowadzającego wodę do szkółki oraz deszczujących ze zraszaczami. Rurociąg główny układa się raz na cały sezon zraszania, natomiast zestaw przenośny jest po każdym zraszaniu demontowany, przenoszony i ponownie montowany na następnej deszczowanej kwaterze. Zaleca się, analogicznie jak w deszczowniach półstałych, wyposażyć deszczownię w dwa zestawy przenośne. Zaletą deszczowni przenośnych jest łatwy montaż i niskie koszty instalacji, natomiast wadą wysoka pracochłonność przy rozkładaniu, składaniu i przenoszeniu rurociągów. Ponadto naziemny rurociąg główny jest często narażony na uszkodzenia.

4.3.1.4. Deszczownie ruchome

Deszczownie ruchome charakteryzują się tym, że niektóre elementy systemu nawadniającego są przemieszczane w trakcie nawadniania. Do najbardziej rozpowszechnionych należą deszczownie szpulowe. Są one podłączane do przewodu doprowadzającego wodę do szkółki. Ich podstawowym elementem jest zakończony zraszaczem giętki przewód nawijany w trakcie nawadniania na bęben. Deszczowni ruchomych nie można zastosować do ochrony sadzonek przez przymrozkami.

4.3.2. Elementy deszczowni

Deszczownia składa się z następujących elementów:

- ujęcia wody powierzchniowej lub podziemnej,
- agregatu pompowego (silnik i pompa),
- przewodów doprowadzających złożonych z rurociągów tłocznych z odpowiednią armaturą,
- przewodów deszczujących z umieszczonymi na nich zasuwami i zraszaczami.

4.3.2.1. Ujęcia wody do deszczowni

Warunkiem prawidłowej lokalizacji szkółki wielkoobszarowej jest możliwość ujęcia i doprowadzenia określonej ilości wody nadającej się do deszczowania.

Średnie dzienne zapotrzebowanie na wodę [Z] do nawodnienia szkółki można obliczyć według następującego wzoru:

$$Z = 10 \cdot E_{br} \cdot P_n \text{ [m}^3\text{]}$$

gdzie:

E_{br} – wielkość dobowego zużycia wody na ewapotranspirację brutto [mm],

P_n – powierzchnia produkcyjna szkółki przewidziana do nawodnienia w cyklu rocznym [ha].

Wielkość dobowego zużycia wody na ewapotranspirację brutto [E_{br}] określa się na podstawie zależności:

$$E_{br} = \frac{E}{k_e} \text{ [mm]}$$

gdzie:

E – wielkość dobowego zużycia wody na ewapotranspirację netto,
 k_e – współczynnik technicznej efektywności deszczowania.

Wartość ewapotranspiracji netto [E] przyjmuje się w zależności od wielkości średnich opadów rocznych z wielolecia w różnych regionach:

- opady do 585 mm – E = 2,7 mm
- opady od 586 do 610 mm – E = 2,5 mm
- opady ponad 610 mm – E = 2,3 mm

Współczynnik technicznej efektywności deszczowania k_e dla zraszaczy deszczownianych stosowanych w szkółkarstwie wynosi 0,85, a dla mikrozraszaczy 0,90.

Powierzchnię produkcyjną szkółki przewidzianą do nawodnienia w cyklu jednorocznym [P_n] stanowi powierzchnia będąca pod uprawą w danym roku. Powierzchnia nawadniana w cyklu jednorocznym wynosi od 70 do 80% powierzchni produkcyjnej i zależy od płodozmianu. Powierzchnie zajęte pod ugór zielony lub czarny nie wymagają nawodnienia. Wielkość powierzchni nawadnianej w cyklu jednorocznym należy ustalać indywidualnie dla każdej szkółki.

Pobór wody dla deszczowni ma charakter szczególnego korzystania z wód (Prawo wodne z dnia 18 lipca 2001 r., DzU nr 115 poz. 1229) i wymaga uzyskania pozwolenia wodnoprawnego. Woda do deszczowania musi w zasadzie odpowiadać trzeciej klasie czystości wg kryteriów zawartych w rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 14 grudnia 1987 r. w sprawie klasyfikacji wód, warunków jakim powinny odpowiadać ścieki oraz kar pieniężnych za naruszanie tych warunków (DzU nr 42 z 1987 r., poz. 248). Jeśli jednak zachodzi potrzeba korzystania z wód pozaklasowych, to konieczne jest wykonanie przez akredytowane laboratorium analizy składu chemicznego wody z planowanego ujęcia i oceny jej przydatności do deszczowania szkółek.

Jako źródła wody dla deszczowni najlepiej jest wykorzystać wody powierzchniowe – rzeki, kanały, jeziora i sztuczne zbiorniki. Ujęcia wody dla deszczowni przenośnych wykonuje się jako ujęcia bezpośrednie, tj. zlokalizowane w bezpośrednim sąsiedztwie źródeł wody. Dla deszczowni stałych lub półstałych buduje się ujęcia pośrednie, zwykle w pewnym oddaleniu od źródła poboru wody. Układy ssawne agregatów pompowych w tego rodzaju ujęciach umieszczane są w specjalnych studniach czerpnych, budowanych z kręgów betonowych bezpośrednio przy pompowniach, a woda do nich doprowadzana jest z ujęcia rowami otwartymi lub podziemnymi przewodami rurowymi. Wloty do rowów lub przewodów rurowych odpowiednio się umacnia, aby nie ulegały zniszczeniu w czasie przepływów wód wielkich oraz zabezpiecza przed dostawaniem się zanieczyszczeń do studni czerpnych.

Największe zapotrzebowanie na wodę do nawodnień występuje w okresach suchych. Wtedy stany wód w ciekach i zbiornikach ulegają zwykle obniżeniu. Dlatego przy projektowaniu ujęć wody dla deszczowni przyjmuje się jako najniższą rzędną zwierciadła wody w ciekach rzedną odpowiadającą przepływowi średniemu niskiemu (Q_1), zwanemu też najniższą wodą normalną. W jeziorach i stawach wloty pośrednich ujęć wody powinny się znajdować poniżej najniższych stanów obserwowanych. Jeżeli przy przepływie Q_1 ciek ma niewystarczającą głębokość dla ujęcia wody, to do jej zwiększenia buduje się w korycie cieku progi lub zastawki piętrzące. Jeżeli zaś przepływ niski jest niewystarczający do funkcjonowania deszczowni, to konieczne jest wykonanie zbiornika wyrównawczego, piętrzonego za pomocą jazu lub zastawki i w miarę potrzeby ogroblowanego. Zbiorniki wyrównawcze buduje się zasadniczo do magazynowania wody w cyklu dobowym, projektując urządzenia piętrzące w ten sposób, aby w ciągu doby zatrzymywały objętość wody równą sumie dziennych dawek polewowych w okresie suszy. Jeżeli przepływ dobowy w danym cieku jest do tego celu niewystarczający, to niezbędne jest wykonanie zbiornika wodnego o wyrównaniu wielodobowym lub nawet sezonowym, co jednak wiąże się ze znacznym zwiększeniem kosztów.

W razie braku w pobliżu szkółki źródła wody do nawodnień w postaci cieków naturalnych lub sztucznych można jeszcze ocenić możliwość zmagazynowania wody powierzchniowej w zbiornikach retencyjnych, o ile pozwalają na to warunki terenowe. Do tego celu wykorzystuje się naturalne zagłębienia terenu, w których zbierają się wody powierzchniowe z topniejącego śniegu i obfitych opadów letnich, odpowiednio pogłębiając te miejsca i uszczelniając je. Ilość wody zmagazynowana w takich zbiornikach powinna odpowiadać zapotrzebowaniu na wodę w całym okresie nawadniania.

Zaopatrzenie szkółki w wodę do nawodnień może bazować również na ujęciu wody podziemnej, jednak wymaga to przeprowadzenia specjalistycznych badań poszukiwawczych. Jeśli wydatek studni nie zapewnia w pełni niezbędnego dopływu do sieci nawadniającej, to zachodzi konieczność budowy szczelnego zbiornika wyrównawczego, który będzie napełniany przez pompę głębinową (maksymalnie w ciągu 20 godzin na dobę). Zaletą takiego rozwiązania jest deszczowanie nagrzaną i natlenioną wodą ze zbiornika, natomiast wadą są wyższe koszty i konieczność zastosowania osob-

nego agregatu pompowego dla deszczowni. Ponadto w takich ujęciach, eksploatowanych tylko 4–5 miesięcy w ciągu roku, następuje szybkie zarastanie filtrów studziennych, co skraca okres ich eksploatacji. Dlatego zaleca się wykorzystanie ujęć wód podziemnych dla jednoczesnego zaopatrzenia w wodę pobliskich osad leśnych. Jest to tym bardziej uzasadnione, że pompy głębinowe do studni wierconych mają napęd wyłącznie elektryczny i dla instalacji ich w rejonie szkółek konieczna jest budowa linii energetycznych, co wiąże się z dość znacznymi kosztami. Z tego względu budowa wspólnych ujęć wody podziemnej do różnych celów gospodarczych jest bardziej ekonomiczna.

4.3.2.2. Pompownie deszczowniane

W deszczowniach przenośnych agregaty pompowe instaluje się specjalnie do tego przygotowanych stanowiskach bezpośrednio przy źródłach poboru wody. Przy czerpaniu wody z cieków lub zbiorników stanowiska agregatów mają zwykle formę drewnianych pomostów przybrzeżnych, wspartych na palach wbitych w dno przy brzegu. Agregat pompowy umieszcza się na pomoście poziomo, opierając go na specjalnych podporach wysuwanych z podwozia agregatu. Należy zwracać przy tym uwagę, aby koła jezdne były całkowicie odciążone.

Przewód ssawny i tłoczny montuje się i mocuje w taki sposób, aby swą masą nie oddziaływały na pompę. Przewód ssawny najlepiej jest podwieszać za pomocą prostych podpór, połączonych z konstrukcją pomostu dla agregatu. Rurociąg ssawny powinien być całkowicie szczelny, aby pompa nie zasysała powietrza, a ponadto jak najkrótszy oraz zawieszony bez ostrych załamań i wygarbień, w których mogłoby się utrzymywać powietrze. Smok z zaworem musi być zanurzony w wodzie co najmniej 40 cm poniżej powierzchni, aby nie zasysał powietrza, oraz 30 cm ponad dnem, aby nie wciągał namulów dennych. Jeżeli wodę czerpie się ze źródła, w którym znajdują się takie zanieczyszczenia, jak: liście, igliwie, wodorosty itp., to należy przestrzeń wokół smoka otoczyć drobną siatką drucianą, aby powstała osłonięta przestrzeń o średnicy około 1 m. Stanowisko agregatu pompowego dobrze jest osłonić prowizorycznym daszkiem, a także ogrodzić płotem z siatki drucianej. Przy stanowisku

zwykle buduje się niewielkie pomieszczenie, najczęściej drewniane, lub osiatkowaną wiatę do przechowywania paliwa, smarów i narzędzi. Agregaty pompowe pozostają na takich stanowiskach przez cały sezon deszczowania, a na zimę są przewożone i magazynowane w pomieszczeniach zaplecza technicznego.

W deszczowniach stałych i półstałych agregaty instaluje się w specjalnych budynkach o trwałej konstrukcji zgodnie z wymogami Prawa budowlanego. Budynki lokalizuje się możliwie najbliżej źródła poboru wody, jednak dla ujęć wody z rzek obowiązuje zasada lokalizowania budynku pompowni poza zasięgiem przepływu wód powodziowych. Dlatego wtedy buduje się ujęcia pośrednie, w których wodę z rzeki doprowadza się rowem lub rurociągiem podziemnym do studni czerpnej umieszczonej obok pompowni. Budynek pompowni ma zazwyczaj takie wymiary, że oprócz agregatu, instalacji hydraulicznych i elektrycznych oraz sterowniczych może pomieścić również urządzenia dozujące nawozy i środki ochrony roślin.

Najbardziej przydatne do nawodnień deszczownianych są pompy wirowe odśrodkowe. Ich zaletami są:

- równomierny ruch pozwalający wytworzyć stałe ciśnienie wody,
- wysoka niezawodność działania,
- duże bezpieczeństwo użytkowania,
- małe wymiary i masa.

Wybrany agregat pompowy powinien się odznaczać niezbędną wydajnością oraz zapewniać odpowiednie ciśnienie w urządzeniach nawadniających. Agregaty pompowe muszą wytwarzać ciśnienie równe sumie wymaganego ciśnienia na zraszaczu oraz strat ciśnienia na rurociągach przesyłowych (straty hydrauliczne i różnica wysokości terenu).

Niezbędną wydajność agregatu pompowego deszczowni [Q] określa się z zależności:

$$Q = \frac{1000 \cdot Z}{60 \cdot t_z} \text{ [l/min]}$$

gdzie:

Z – dzienne zapotrzebowanie na wodę do deszczowania szkółki [m³],
t_z – czas pracy deszczowni w ciągu dnia roboczego [h].

Określenie wydajności agregatu pompowego powinno uwzględniać także wydatek wody na nawodnienia ochronne przed przymrozkami, co można obliczyć z zależności:

$$Q = 166,78 \cdot P_0 \cdot i_0 \quad [\text{l/min}]$$

gdzie:

P_0 – powierzchnia jednocześnie chroniona przed przymrozkiem [ha],
 i_0 – intensywność deszczowania w czasie ochrony przed przymrozkami [mm/h].

Z otrzymanych dwóch wielkości Q przyjmuje się wartość większą. Przyjętą wartość Q należy zwiększyć o przewidywane straty wody w urządzeniach deszczownianych. Wynoszą one przeciętnie 5% w deszczowniach przenośnych i 2% w półstałych.

Czas pracy deszczowni w szkółce przyjmuje się zwykle w granicach od 4 do 6 godzin w ciągu dnia roboczego. Na podstawie obliczonej niezbędnej wydajności agregatu pompowego można dobrać odpowiedni typ spośród dostępnych na rynku. Wybrany agregat pompowy nie może mieć zbyt małej wydajności w stosunku do obliczonej wydajności niezbędnej, bo wówczas trzeba byłoby przedłużać czas pracy deszczowni w ciągu dnia roboczego. Wybranie natomiast agregatu o wyższej wydajności pozwala na skrócenie czasu pracy deszczowni.

4.3.2.3. Główne rurociągi tłoczne

W deszczowniach przenośnych główny rurociąg tłoczny, składający się najczęściej z rur i kształtek aluminiowych, układa się na ziemi, prowadząc go od ujęcia do szkółki najkrótszą trasą, a na terenie szkółki wzdłuż dróg, najlepiej przy ogrodzeniu. Przekraczając drogi, należy wykorzystać otwory istniejących przepustów, a w razie ich braku rurociąg przeprowadza się przez drogę rowkiem, który zasypuje się i odpowiednio umacnia dla zabezpieczenia przed uszkodzeniem przez ciężkie pojazdy. Jeżeli trasa rurociągu wypada przez teren zalesiony, to rury można prowadzić w linii łamanej, aby uniknąć usuwania drzew, co jest możliwe dzie-

ki konstrukcji złączy pozwalającej na odchylenie ich nawet do 12° od linii prostej.

W deszczowniach stałych i półstałych główne rurociągi wykonuje się z podobnych materiałów jak w sieciach wodociagowych. Rurociągi instaluje się na głębokości poniżej poziomu zamarzania gruntu, przy czym muszą one być ułożone ze spadkiem umożliwiającym ich grawitacyjne odwadnianie na okres zimowy. Dlatego zapatruje się je w specjalne studzienki spustowe i odpowietrzniki. Ponadto na każdym załamaniu rurociągu zakłada się specjalne bloki oporowe, zapobiegające rozsuwaniu się rurociągu pod ciśnieniem.

4.3.2.4. Hydranty czerpalne

W deszczowniach przenośnych rolę hydrantów czerpalnych pełnią tzw. trójniki hydrantowe z zasuwami, które montuje się w głównym rurociągu tłocznym. Do nich przyłącza się złączami szybko-sprawnymi łuki hydrantowe, zwane ze względu na kształt „łabędzimi szyjami”, które stanowią początkową część zestawów przenośnych. Trójniki hydrantowe z zasuwami montuje się w rurociągu głównym najczęściej w odstępach równych rozstawie rurociągów ze zraszaczami.

W deszczowniach półstałych hydranty czerpalne instalowane są na stałe i składają się zwykle z zamontowanych na podziemnym rurociągu głównym króćców z zasuwami i złączami szybko-sprawnymi, do których przyłącza się zestawy przenośne za pomocą łuków hydrantowych. Hydranty takie mogą być wolno stojące, wysokości 50 cm, zabezpieczone brukiem lub płytkami betonowymi, albo umieszczone równo z powierzchnią gruntu w chroniących je betonowych kręgach osłonowych z pokrywkami. To drugie rozwiązanie jest wygodniejsze, ponieważ nie utrudnia prac uprawowych i pielęgnacyjnych w szkółce.

Stałe hydranty instaluje się zwykle w liczbie odpowiadającej liczbie zestawów przenośnych potrzebnych do pokrycia całej powierzchni produkcyjnej szkółki. Maksymalna długość kwater nie przekracza zwykle 200 m i dlatego zestawy podłączane do jednego hydrantu składają się z 2–4 rurociągów ze zraszaczami, zależnie od zastosowanej średnicy dysz w zraszaczach oraz wydatku agregatu pompowego. Stwarza to konieczność instalowania każdorazowo dodat-

kowego rurociągu doprowadzającego wodę z hydrantu do zestawu przenośnego, co komplikuje montowanie zestawów przenośnych. Dlatego przy instalowaniu deszczowni półstałych bywa stosowana gęsta rozstawa stałych hydrantów czerpalnych w liczbie odpowiadającej liczbie rurociągów ze zraszaczami. Powoduje to zwiększenie kosztów instalacji deszczowni, ale zapewnia łatwiejsze i mniej pracochłonne przemieszczanie zestawów przenośnych.

W deszczowniach stałych hydranty czerpalne nie są w zasadzie potrzebne, bo wszystkie rurociągi znajdują się na głębokości poniżej strefy zamarzania, jednak w obrębie budynków zaplecza szkółki instaluje się zwykle jeden hydrant dla celów gospodarczych i przeciwpożarowych, a drugi przy kompostowisku dla umożliwienia zraszania przyzmu kompostowych. Rurociągi są natomiast zaopatrzone w zasuwę umożliwiające operatywne deszczowanie wybranych kwater.

4.3.2.5. Rurociągi deszczujące

Oprócz rurociągu tłoczego doprowadzającego wodę z ujęcia do szkółki w skład każdej deszczowni wchodzi zestaw rurociągów deszczujących ze zraszaczami.

W deszczowniach przenośnych zarówno rurociąg główny, jak i zestaw rurociągów ze zraszaczami montowane są z przenośnych rur aluminiowych długości najczęściej 6 m, spinanych złączami szybkosprawnymi typu dźwigniowo-hakowego, uszczelnionych gumowymi uszczelkami. Rury aluminiowe mogą mieć różne średnice w granicach od 70 do 150 mm, które dobierane są na podstawie obliczeń hydraulicznych. W deszczowniach występują dwa rodzaje przenośnych rur aluminiowych: przelotowe, służące do prowadzenia wody pod ciśnieniem oraz takie, na których są zamontowane zraszacze. Rury obu tych rodzajów ustawia się na podstawkach umocowanych za pomocą dwudzielnej obejmmy skręcającej śrubami. W deszczowniach przenośnych i półstałych stosuje się do montażu zestawów przenośnych wiele dodatkowych elementów wyposażenia, zwanych kształtkami, jak: króćce, zwężki, kolana, rozdzielacze, trójniki, zawory, zasuwę, łącza hydrantowe, zaślepki itp. Rodzaje i liczba tych elementów potrzebnych do zmontowania deszczowni zależą od kształtu i usytuowania szkółki, tra-

sy rurociągu głównego, odległości ujęcia wody od szkółki oraz rodzaju deszczowni. Ustala się je na podstawie schematów montażu rurociągu głównego i zestawów przenośnych.

4.3.2.6. Zraszacze

Zadaniem zraszaczy jest rozprowadzenie, w postaci sztucznego deszczu, wody na nawadnianej kwaterze. Zraszacze stosowane w szkółkach leśnych powinny:

- zapewniać intensywność deszczowania w granicach od 3 do 10 mm/h,
- mieć promień zasięgu deszczowania do 20 m,
- funkcjonować przy ciśnieniu mniejszym od 0,04 MPa,
- być zaopatrzone w wymienne dysze umożliwiające dostosowanie intensywności nawodnień zwilżających do fazy rozwojowej roślin oraz realizację innych funkcji deszczowni (nawożenie, rozprowadzenie środków ochrony, ochronę przed przymrozkami).

W nawodnieniach zwilżających zaleca się różnicowanie intensywności deszczowania. Po wysiewie nasion do połowy czerwca należy stosować dysze zapewniające możliwie małą intensywność zraszania, wynoszącą 3–4 mm/h. Od połowy czerwca na kwaterach z materiałem jednoletnim intensywność zwilżania można zwiększyć do 6 mm/h. Na kwaterach z materiałem wieloletnim intensywność może być większa – do 10 mm/h, lecz nie powinna przekraczać natężenia wsiąkania wody w glebę (infiltracji).

Przy nawadnianiu technologicznym przed szkółkowaniem można stosować zraszacze o większym natężeniu (do 10 mm/h), natomiast po szkółkowaniu, a także przy ochronie przed przymrozkami i przy nawożeniu intensywność deszczowania powinna wynosić 3–5 mm/h.

Do ochrony przed przymrozkami stosuje się zraszacze ze specjalnymi kapturkami zabezpieczającymi sprężynę zraszacza przed zamarzaniem i mechanicznym uszkodzeniem.

Dopuszczalny promień zasięgu zraszania jest związany z parametrami konstrukcyjnymi zraszacza zapewniającymi małe średnice kropeł, a także z wymiarami kwater. Zalecana szerokość kwater w granicach od 30 do 60 m wskazuje, że promień zasięgu zraszaczy wynoszący od 15 do 20 m jest najbardziej odpowiedni.

Liczbę jednocześnie pracujących zraszaczy [n] można określić z zależności:

$$n = \frac{Q_p}{q_z} \text{ [szt.]}$$

gdzie:

Q_p – wydajność agregatu pompowego [l/min],

q_z – wydajność zraszacza z dyszą określonej średnicy przy ciśnieniu optymalnym [l/min].

4.4. Mikronawodnienia

Mikronawodnienia stanowią typ nawodnień, które dostarczają do gleby wodę lub roztwory nawozowe w postaci kropel, strużek, rozprysku lub mgły. W Polsce zaczęto je wprowadzać w latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku, lecz ich większe zastosowanie, przede wszystkim w ogrodnictwie, nastąpiło w ostatnim dziesięcioleciu. O dynamicznym rozwoju mikronawodnień zdecydowały ich zalety, m.in. oszczędność zużycia wody oraz możliwość zapewnienia poszczególnym roślinom optymalnych wodnych i pokarmowych warunków rozwoju. Mikronawodnienia obejmują kilka systemów nawadniających różnicowanych pod względem konstrukcji i parametrów techniczno-eksploatacyjnych. Najczęściej ich podziału dokonuje się według kryterium natężenia wypływu wody z emiterów, którymi nazywa się urządzenia wydatkujące wodę (mikrozraszacze, otwory w rurociągach, kroplozniki). Według polskiej normy branżowej wyróżnia się nawodnienia:

- kropłowe i podpowierzchniowe (poniżej 12 l/h),
- strużkowe (od 12 do 100 l/h),
- rozpryskowe (od 25 do 120 l/h).

W literaturze krajowej upowszechnił się także podział na nawodnienia kropłowe, wgłębne oraz mikrodeszczownie.

W szkółkach leśnych na powierzchniach otwartych stosuje się jedynie mikrodeszczownie, z przewodami zraszającymi i mikrozraszaczami różnej konstrukcji, jak np. Sumisansui, w których emiterami są otwory o średnicy 0,3 mm.

Mikronawodnienia, w porównaniu do deszczowni, charakteryzują się:

- mniejszym zużyciem wody (efektywność wykorzystania wody sięga 95%),
- mniejszym zużyciem energii wskutek mniejszej ilości pompowanej wody oraz wymaganego mniejszego ciśnienia w sieci nawadniającej (mikrozaszaczki wymagają ciśnień roboczych 0,05–0,2 MPa),
- mniejszych nakładów siły roboczej w porównaniu do deszczowni przenośnych i półstałych.

O upowszechnieniu mikronawodnień w szkółkach leśnych mogą zdecydować także ich korzystne cechy eksploatacyjne:

- możliwość realizacji nawodnień zwilżających, technologicznych i ochronnych,
- możliwość pełnej automatyzacji sterowania zarówno poszczególnymi elementami, jak i całym systemem nawadniającym,
- odporność na korozję (wszystkie urządzenia wykonuje się z tworzyw sztucznych),
- trwałość i niezawodność urządzeń, dzięki między innymi stosowaniu specjalnych dodatków, np. żywic, sieciowania, naświetlania ultrafioletowego itd.,
- możliwość nawożenia łącznie z nawadnianiem.

Na typową mikrodeszczownię składają się następujące elementy:

- ujęcie wody z agregatem pompowym,
- węzeł sterowniczy, w skład którego wchodzi urządzenia kontrolne (regulatory ciśnienia, manometry, wodomierze), sterownik komputerowy, dozownik nawozów, filtry,
- przewody doprowadzające wodę do kwater, zaopatrzone w zawory (elektromagnetyczne w systemach zautomatyzowanych) i niekiedy filtry II stopnia,
- przewody rozprowadzające z mikrozaszaczkami.

O wyborze mikronawodnień do nawadniania szkółek leśnych decyduje wiele czynników; oto najważniejsze z nich:

- jakość i ilość dostępnej wody,
- analiza ekonomiczna kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych dostępnych systemów nawadniających,
- niebezpieczeństwo dewastacji urządzeń.

Przy niewystarczających dla deszczowni zasobach wody zastosowanie mikronawodnień może być właściwym rozwiązaniem, przy

czym należy wziąć pod uwagę jakość wody i koszty jej przystosowania do wymogów emiterów.

Systemy mikronawodnień zawierają znacznie więcej kontrolnych i sterowniczych urządzeń, które mogą być przedmiotem kradzieży i dewastacji.

5. Eksploatacja deszczowni

5.1. Montaż zestawów przenośnych

Zestawy przenośne montuje się według ustalonych schematów, zachowując odpowiednią rozstawę zraszaczy. W deszczowniach przenośnych rurociągi ze zraszaczami przyłącza się pojedynczo do trójników hydrantowych wmontowanych w rurociągu głównym. Natomiast w deszczowniach półstałych zestawy przenośne przyłącza się do hydrantów czerpalnych za pomocą tzw. rurociągu zasilającego zestaw przenośny. Jeżeli zestaw składa się z dwóch rurociągów ze zraszaczami, to w skład rurociągu zasilającego ten zestaw wchodzi rozdzielacz dwustronny, dwa kolana 90° oraz odpowiednia do rozstawy rurociągów ze zraszaczami i odległości od hydrantu liczba rur przelotowych. Zestaw składający się z trzech rurociągów ze zraszaczami wymaga rurociągu zasilającego zbudowanego z czwórnika, dwóch kolan 90° i rur przelotowych. Przy czterech rurociągach ze zraszaczami potrzebny jest rozdzielacz dwustronny, dwa trójniki i dwa kolana 90° oraz odpowiednia liczba rur przelotowych. Liczbę zraszaczy, jaką może jednocześnie uruchomić dany agregat pompowy, przy zastosowaniu różnych średnic dysz w zraszaczach, ustala się na podstawie tabel zawierających parametry techniczno-eksploatacyjne zraszaczy.

Po dowiedzeniu na stanowisko i rozłożeniu na kwaterze potrzebnych do zestawu przenośnego rur przelotowych, rur ze zraszaczami i kształtek, spina się poszczególne elementy złączami szybkosprawnymi. Należy przy tym zwracać uwagę, aby do rur i kształtek nie dostawały się zanieczyszczenia mogące zatykać zraszacze oraz sprawdzać, czy wszystkie uszczelki w złączach znajdują się w prawidłowym położeniu. Końce rurociągów ze zraszaczami zatyka się specjalnymi korkami, zwanymi zaślepkami. Rurociągi

w zestawach przenośnych układa się na ścieżkach wzdłuż grzęd. Po zmontowaniu zestawu przyłącza się go do hydrantu czerpalnego i otwiera zasuwę hydrantu, przy czym sprawdza się jeszcze, czy zraszacz są należycie nasmarowane i łatwo się obracają oraz czy sprężyny młotków zraszaczy są odpowiednio napięte. Następnie można uruchomić agregat pompowy i rozpocząć deszczowanie.

5.2. Uruchamianie deszczowni

Po zmontowaniu i przygotowaniu do pracy zestawu przenośnego można uruchomić agregat pompowy. Należy przy tym postępować ściśle według wskazówek zawartych w instrukcji fabrycznej, którą otrzymuje się przy odbiorze zakupionego agregatu. Niemniej można tu wymienić kilka ogólnie obowiązujących zasad.

Przed uruchomieniem agregatu z napędem spalinowym należy skontrolować stan oleju we wszystkich punktach smarowania według instrukcji obsługi oraz stan akumulatora. Następnie trzeba zamknąć zawór odcinający na króćcu tłocznym pompy i zalać wodą komorę wirnika pompy za pomocą urządzeń, w jakie dany agregat jest wyposażony, tj. ręcznej pompy, specjalnego lejka albo eżektora zainstalowanego na rurze wydechowej. Po uruchomieniu silnika ustala się obroty robocze, po czym otwiera się zawór odcinający i odpowiednio nim pokręcając, ustawia się manometryczną wysokość podnoszenia wody pompą. Reguluje się ją na podstawie wskazań manometru przy pompie, przy czym suma odczytanej na manometrze wysokości podnoszenia oraz wysokości ssania danego agregatu powinna odpowiadać wartości „H” podanej na tabliczce umieszczonej na pompie agregatu.

Właściwa regulacja manometrycznej wysokości podnoszenia wody ma istotne znaczenie dla pracy deszczowni i eksploatacji silnika. W razie przekroczenia manometrycznej wartości podnoszenia wody „H” spada wydajność agregatu, a tym samym intensywność zraszania. Natomiast przy zbyt niskim ciśnieniu wydajność pompy się zwiększa, co wpływa ujemnie na pracę i żywotność silnika. Dlatego należy dopilnować, aby w zestawach przenośnych była taka liczba zraszaczy, przy której ilość wody przez nie wydatkowanej nie przekracza wydajności agregatu pompowego „Q”, podanej na tabliczce umieszczonej na agregacie.

Zatrzymanie agregatu pompowego wykonuje się w ten sposób, że najpierw zamyka się zawór odcinający na króćcu tłocznym pompy, a następnie zatrzymuje silnik według instrukcji obsługi.

Uruchamianie agregatu z napędem elektrycznym odbywa się analogicznie. Najpierw zamyka się zawór odcinający, zalewa komorę wirnikową pompy, po czym uruchamia się silnik przez włączenie prądu i otwiera zawór odcinający, regulując nim wysokość manometrycznego podnoszenia wody przez pompę. Przed zatrzymaniem silnika najpierw zamyka się zawór odcinający, a następnie wyłącza silnik. W razie awarii można najpierw wyłączyć silnik.

W deszczowniach półstałych i stałych istnieje możliwość zautomatyzowania włączania pompy przez zastosowanie hydroforu. W ten sposób cała sieć podziemna utrzymywana jest pod ciśnieniem. Otwarcie hydrantu na kwaterze powoduje spadek ciśnienia w hydroforze i automatyczne włączenie pompy. W deszczowniach stałych można też zastosować urządzenia sterujące do zdalnego otwierania zasuw na poszczególnych kwaterach.

Jeżeli po uruchomieniu silnika i deszczowni stwierdzi się zbyt powolną pracę młotków rozbijających strugę, to regulacji napięcia sprężyn można dokonać bez zatrzymywania agregatu pompowego. Jednak w razie stwierdzenia zatkania się zraszacza, trzeba agregat zatrzymać i zraszacz oczyścić lub lepiej wymienić na sprawny, a zatkany odnieść do oczyszczenia w podręcznym warsztacie. Wszystkie zraszacze w zestawie przenośnym powinny mieć takie same parametry eksploatacyjne.

5.3. Przemieszczanie zestawów przenośnych

Po zakończeniu zraszania na danym stanowisku i wyłączeniu agregatu pompowego zamyka się zasuwę na króćcu hydrantowym lub na hydrancie czerpalnym i rozpoczyna się rozpinanie złączy oraz przenoszenie zestawu na następne stanowisko robocze. Jeżeli zestaw ma się znaleźć na stanowisku położonym w pobliżu, to może być przenoszony ręcznie. Zwykle wykonuje to dwóch robotników, którzy rurociągi ze zraszaczami przenoszą segmentami po kilka rur, po uprzednim przechyleniu ich i wylaniu z nich wody. Przemieszczanie zestawów na bardziej odległe stanowisko powinno się odbywać za pomocą specjalnego wozu do przewożenia rur i prze-

nośnego sprzętu deszczownianego. Należy przy tym zwracać uwagę, aby nie uszkadzać rur, kształtek i zraszaczy oraz nie gubić uszczelki do złączy.

W celu zwiększenia efektywności wykorzystania deszczowni zaleca się stosowanie dwóch zestawów deszczujących: roboczego i montażowego.

6. Nawodnienia zwilżające

6.1. Okresy nawodnień zwilżających

W okresie niedoboru opadów nawadnianie ma na celu uzupełnianie w glebie zapasów wody łatwo dostępnej. Jej ubytki spowodowane są transpiracją roślin i parowaniem wody z gleby. Wzajemne proporcje między tymi rodzajami parowania zmieniają się w ciągu rozwoju siewek lub sadzonek.

Nawodnienia zwilżające w szkółkach na powierzchniach otwartych wykonuje się w okresie od początku kwietnia po wysiewie nasion do końca sierpnia, czyli zakończenia głównego okresu wegetacyjnego. Zakończenie nawodnień w końcu sierpnia ma na celu odpowiednie przygotowanie siewek do spoczynku zimowego.

W zależności od sposobu określania dawki polewowej, częstotliwości nawadniania oraz głębokości zwilżania gleby wyróżnia się:

— I okres nawodnień materiału jednoletniego.

Przy produkcji materiału jednoletniego, w okresie od wysiewu nasion do rozwinięcia się i ukorzenia siewek, rozchód wody ogranicza się głównie do parowania fizycznego z gleby. Wówczas straty wody kapilarnej łatwo dostępnej są stosunkowo niewielkie, ponieważ nie przemieszcza się ona w większych ilościach w kierunku powierzchni parowania i przesyca tylko przypowierzchniowa warstwa gleby, w której znajdują się nasiona. Dlatego w tym czasie zraszanie powinno się odbywać niewielkimi, ale częstymi dawkami polewowymi, aby nasiona miały wilgotność sprzyjającą procesowi kiełkowania. Okres ten, zwany I okresem nawodnień, trwa zwykle od początku kwietnia po wysiewie nasion do połowy czerwca.

— **II okres nawodnień materiału jednoletniego.**

W miarę rozwoju i ukorzenia się siewek parowanie transpiracyjne zaczyna przeważać nad parowaniem fizycznym z gleby, w wyniku czego ubytek wody z gleby zaczyna obejmować coraz głębsze warstwy gleby, w miarę rozwoju i rozprzestrzeniania się systemów korzeniowych siewek. Okres ten, zwany II okresem nawodnień materiału jednoletniego, trwa od połowy czerwca do końca sierpnia, tj. do zakończenia głównego okresu wegetacji siewek.

— **Okres nawodnień materiału wieloletniego.**

Przy produkcji materiału wieloletniego zużycie wody na ewapotranspirację wzrasta w miarę rozwoju roślin i pogłębiania się systemów korzeniowych sadzonek. Nawadnianie, w zależności od warunków pogodowych, wykonuje się w całym sezonie wegetacyjnym.

6.2. Określanie dawek polewowych

Coraz precyzyjniejsze urządzenia nawadniające umożliwiają bardzo dokładne regulowanie wilgotności gleby, pod warunkiem jednak prawidłowego wyznaczenia dawek polewowych. Dawka polewowa w nawodnieniach deszczownianych oznacza maksymalną ilość wody, którą podczas jednego nawodnienia można wprowadzić do gleby w celu utrzymania odpowiedniej wilgotności w przyjętej warstwie gleby. W szkółkach leśnych warstwa ta w ciągu okresu wegetacji zmienia się wraz ze wzrostem systemu korzeniowego. Rozdeszczowanie większej niż dawka polewowa ilości wody prowadzi do nadmiernego uwilgotnienia gleby lub też strat wody wskutek jej przesiąkania w głąb profilu glebowego.

Dawki polewowe można określić bezpośrednio, na podstawie właściwości fizycznych i wodnych gleby, lub pośrednio. Najbardziej miarodajna jest metoda bezpośrednia, której podstawą jest laboratoryjne wyznaczenie krzywej pF. Wielkości dawek polewowych określone metodami pośrednimi powinny być zweryfikowane w trakcie eksploatacji systemu nawadniającego. Można tego dokonać po nawodnieniu przez organoleptyczną ocenę zwilżonej warstwy gleby lub też za pomocą urządzeń do pomiaru wilgotności lub siły ssącej gleby.

6.2.1. Metoda bezpośrednia

Najbardziej miarodajną metodą określania dawki polewowej jest jej wyznaczenie na podstawie krzywej pF obrazującej zależność między uwilgotnieniem gleby a jej siłą ssącą (rys. 1). Krzywą pF wyznacza się w laboratoriach glebowych ze specjalistyczną aparaturą. Liczba pobieranych prób glebowych zależy od zmienności glebowej w szkółce. Krzywa pF jest właściwością stałą dla danego rodzaju gleby, jednakże po przeprowadzeniu zabiegów agrotechnicznych zmieniających istotnie właściwości gleby (np. zwiększenie zawartości masy organicznej) wymagane jest jej ponowne wyznaczenie.

Wielkość dawki polewowej netto [d] określa się, wykorzystując pomierzone zdolności retencyjne gleby w strefie korzeniowej. Na ich podstawie ustala się ilość wody łatwo dostępnej dla roślin w_d .

Ustalenie wielkości dawki [d] oblicza się według wzoru:

$$d = 0,1 w_d \cdot h \text{ [mm]}$$

gdzie:

d – dawka polewowa netto [mm],

w_d – ilość wody łatwo dostępnej dla roślin, określana jako różnica pomiędzy wilgotnością gleby przy połowej pojemności wodnej a wilgotnością gleby przy pojemności okresu suszy oznaczającą początek hamowania wzrostu roślin [% cz.obj.],

h – miąższość strefy efektywnego zwilżania, przyjmowanej jako miąższość strefy korzeniowej roślin [cm].

6.2.2. Metody pośrednie

Metoda Varallyaya

W razie braku określonej w laboratorium charakterystyki wilgotnościowej i retencyjnej gleby konieczne jest zastosowanie metod pośrednich.

Jeśli posiada się dane o uziarnieniu i gęstości objętościowej gleby, można stosować metodę Varallyaya. Oblicza się w niej 9 współ-

zędnych punktów krzywej pF w zależności od uziarnienia i gęstości objętościowej gleby. Uzyskane wartości wilgotności gleby dla 9 wielkości pF pozwalają na wykreślenie krzywej retencyjności wodnej gleby i odczytanie ilości wody łatwo dostępnej (w_d). W metodzie Varallyaya występują trzy charakterystyczne typy gleb. W celu dokonania identyfikacji typu gleby wykonuje się obliczenia wilgotności gleby przy pF = 0 dla wszystkich trzech typów, a następnie dokonuje porównania uzyskanych wyników z wartościami porowatości rzeczywistej. Do dalszych obliczeń przyjmuje się typ gleby, którego wilgotność przy pF = 0 jest najbliższa porowatości rzeczywistej. Obliczenia przeprowadza się, wykorzystując zależność opracowaną przez Varallyaya w postaci:

$$\theta_{pF} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_1 x_2 + b_4 x_1^2 + b_5 x_2^2$$

gdzie:

θ – wilgotność gleby dla odpowiedniej wielkości pF [% obj.],

$b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$ – współczynniki liczbowe stałe,

x_1, x_2 – współczynniki zmienne.

Wartości liczbowe współczynników stałych i numery współczynników zmiennych dla trzech typów gleb podano w tabeli 3. Wartości liczbowe, jakim odpowiadają poszczególne numery współczynników zmiennych x_1 i x_2 , przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Wartości liczbowe, którym odpowiadają poszczególne numery współczynników zmiennych

Nr współczynników x_1 i x_2	Odpowiadająca wielkość fizyczna
1	zawartość frakcji w przedziale od 1 do 0,05 mm
2	zawartość frakcji w przedziale od 0,05 do 0,02 mm
3	zawartość frakcji w przedziale od 0,02 do 0,01 mm
4	zawartość frakcji w przedziale od 0,01 do 0,005 mm
5	zawartość frakcji w przedziale od 0,005 do 0,002 mm
6	zawartość frakcji mniejszych od 0,002 mm
7	gęstość objętościowa gleby

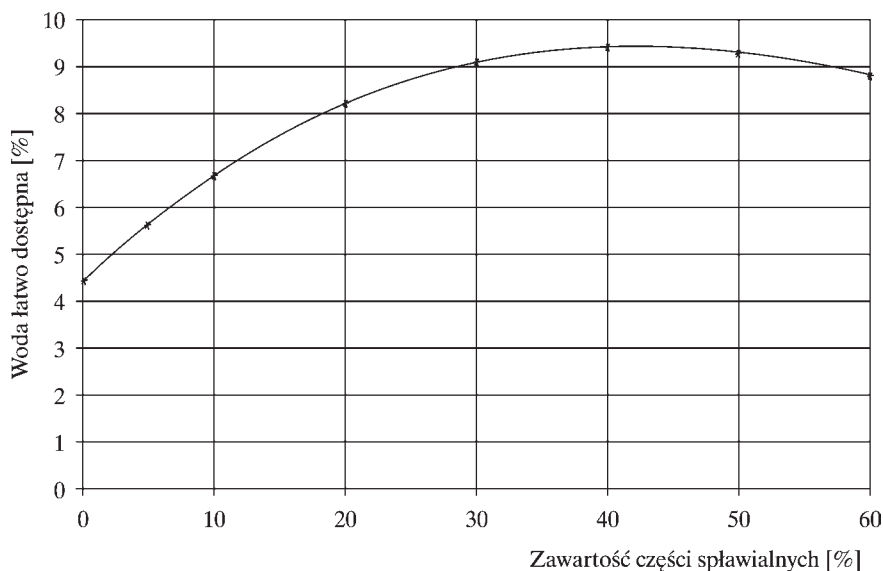
Tabela 3. Wielkości współczynników Varallyaya dla trzech typów gleby

Typ gleby	pF	Wspól. zmienne		Współczynniki liczbowe					
		x_1	x_2	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5
A	0,0	7	1	91,55	-31,0	1,0	2,2	1,0	1,0
	0,4	7	1	65,85	1,0	1,0	2,2	-9,6	1,0
	1,0	7	6	57,85	1,0	1,0	1,1	-7,6	15,6
	1,5	6	7	50,57	1,0	1,0	-61,1	23,5	-5,8
	2,0	1	6	32,23	27,8	1,0	1,0	-51,2	47,1
	2,7	6	1	18,99	44,3	15,3	1,0	1,0	30,9
	3,4	6	1	12,69	49,1	1,0	1,0	1,0	12,4
	4,2	6	3	2,28	44,7	24,4	1,0	1,0	1,0
	6,2	6	2	0,21	6,8	1,0	1,0	9,7	1,0
B	0,0	7	6	58,33	1,0	1,0	1,0	-7,2	19,7
	0,4	7	6	56,95	1,0	1,0	1,0	-6,9	19,9
	1,0	7	6	53,98	1,0	1,0	1,0	-6,5	23,0
	1,5	6	7	49,58	1,0	1,0	1,0	28,6	-5,61
	2,0	6	7	37,87	32,4	1,0	1,0	1,0	-4,67
	2,7	1	6	28,49	-18,4	29,2	1,0	1,0	1,0
	3,4	6	1	17,24	38,9	1,0	1,0	1,0	-17,9
	4,2	6	1	12,65	31,9	-12,8	1,0	1,0	1,0
	6,2	6	2	1,23	1,0	1,0	1,0	19,0	1,0
C	0,0	7	2	92,30	-32,7	1,0	1,0	1,0	13,5
	0,4	7	2	64,28	1,0	1,0	1,0	-9,8	13,6
	1,0	7	2	57,61	1,0	1,0	1,0	-7,2	1,0
	1,5	7	1	-38,76	126,5	1,0	1,0	-49,5	1,0
	2,0	1	2	38,84	1,0	1,0	1,0	-22,4	1,0
	2,7	6	2	19,76	45,4	1,0	1,0	1,0	1,0
	3,4	6	5	8,66	61,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	4,2	6	7	1,58	57,5	1,0	1,0	1,0	1,0
	6,2	6	7	0,42	11,9	1,0	1,0	1,0	1,0

W tabeli 4 i na rys. 2 podano obliczone metodą Varallyaya ilości wody łatwo dostępnej dla najbardziej typowych gleb występujących w szkółkach leśnych.

Tabela 4. Ilość wody łatwo dostępnej obliczona metodą Varallyaya

Lp.	Rodzaj gleby	Zawartość frakcji o średnicy < 0,02 mm [%]	Ilość wody łatwo dostępnej w_d [% cz. obj.]
1	Piasek luźny	0–5	4,5–5,6
2	Piasek słabogliniasty	5–10	5,6–6,6
3	Piasek gliniasty lekki	10–15	6,6–7,5
4	Piasek gliniasty mocny	15–20	7,5–8,3
5	Gлина piaszczysta	20–25	8,3–8,8
6	Gлина lekka	25–35	8,8–9,3
7	Gлина średnia	35–50	9,3–9,5



Rys. 2. Wykres zmian ilości wody łatwo dostępnej w zależności od zawartości części splotalnych (oszacowano metodą Varallyaya)

Metoda Somorowskiego

Na podstawie wielu badań Somorowski określił dla różnych gleb przybliżone ilości wody łatwo dostępnej. W tabeli 5 podano w procentach objętości gleby zawartość wody łatwo dostępnej dla czterech podstawowych rodzajów gleb występujących w szkółkach leśnych. Przyjmując odpowiednią wartość z tabeli 5 można obliczyć dawkę polewową netto d według wcześniej podanej zależności:

$$d = 0,1 \cdot w_d \cdot h \text{ [mm]}$$

gdzie:

w_d – zawartość wody łatwo dostępnej w % objętości gleby (tab. 5),
 h – pożądana głębokość zwilżania gleby (cm).

Tabela 5. Zawartość frakcji spalwialnych, substancji organicznej i wody łatwo dostępnej w glebach mineralnych (wg Somorowskiego)

Rodzaje gleby	Przeciętna zawartość		
	frakcji spalwialnych	substancji organicznej	wody łatwo dostępnej w_d w %
	w % masy gleby		objętości gleby
Piasek słabogliniasty	7	2	5,3
Piasek gliniasty lekki	13	2,5	6,7
Piasek gliniasty mocny	17	3	7,7
Gлина piaszczysta	33	3	8,4

Podsumowując zagadnienie obliczania dawek polewowych, należy podkreślić, że za najbardziej miarodajną uznawana jest metoda bezpośrednia wymagająca jednak laboratoryjnego oznaczenia wilgotnościowej i retencyjnej charakterystyki gleby, tzw. krzywej pF. Z metod pośrednich można stosować zarówno metodę Va-

rallyaya, jak i Somorowskiego, gdyż – jak dowodzą wartości podane w tabelach 4 i 5 – obliczone tymi metodami dawki polewowe są do siebie zbliżone. Metoda Varallyaya daje jednak możliwość skonstruowania krzywej pF na podstawie łatwo dostępnych danych i przez to umożliwia lepszą ocenę właściwości retencyjnych gleby.

W warunkach eksploatacyjnych wielkości realizowanych dawek polewowych są zmienne, zależne od fazy rozwoju roślin (głębokość korzenienia się), a także od warunków klimatycznych. Dlatego dla optymalnego gospodarowania wodą trzeba znać retencyjną i wilgotnościową charakterystykę profilu glebowego oraz prowadzić kontrolę zmian uwilgotnienia gleby.

6.3. Dawki polewowe i częstotliwość deszczowania w I okresie nawodnień materiału jednoletniego

Badania IBL wykazały, że nasiona i siewki poszczególnych gatunków drzew wymagają różnej wilgotności do kiełkowania i wzrostu. Maksymalna zdolność kiełkowania jest osiągalna tylko przy utrzymaniu odpowiedniej wilgotności w górnej warstwie gleby, bezpośrednio otaczającej nasiona i korzonki siewek. Użykuje się to za pomocą zraszania, wykonywanego w odpowiednich odstępach czasu po wysiewie nasion i w okresie wzrostu siewek. W szczególności efekty deszczowania, wyrażające się w wydajności produkcji szkółkarskiej i w rozwoju siewek, są zróżnicowane i uzależnione w ramach jednego gatunku od wielu czynników, z których główną rolę odgrywa rodzaj gleby i sposób deszczowania.

Dawki polewowe brutto i częstotliwość zraszania produkcji szkółkarskiej w I okresie nawodnień, które wpływają w optymalnym stopniu na ilościową i jakościową udatność wschodów i wzrostu siewek, podano w tabeli 6.

Na podstawie dotychczasowych doświadczeń praktycznych można stwierdzić, że podane w tej tabeli częstotliwości zraszania należy traktować jako maksymalne, które nie powinny być zwiększane, ponieważ stwarza to obawę pleśnienia nasion.

Tabela 6. Dawki polewowe i częstotliwość deszczowania siewek w I okresie nawodnień (od kwietnia po siewach do 15 czerwca)

Gatunek	Rodzaj gleby	Od wysiewu do masowych wschodów (do początku maja)		Od masowych wschodów do 15 czerwca	
		często- tliwość	dawka brutto mm	często- tliwość	dawka brutto mm
Sosna, świerk, jodła, dąglezja, lipa drobnolistna	piasek słabo- gliniasty	codziennie	2	co 2. dzień	5
	piasek glinia- sty lekki	codziennie	2	co 2. dzień	5
	piasek glinia- sty mocny	codziennie	2	co 2. dzień	5
	glina piasz- czysta	codziennie	2	co 3. dzień	7
Dąb, buk, lipa szerokolistna	piasek słabo- gliniasty	codziennie	2	co 3. dzień	7
	piasek glinia- sty lekki	co 2. dzień	4	co 3. dzień	7
	piasek glinia- sty mocny	co 2. dzień	4	co 4. dzień	10
	glina piasz- czysta	co 2. dzień	4	co 4. dzień	10
Brzoza, modrzew, olsza czarna, jarzębina	piasek słabo- gliniasty	2 razy dziennie	2	codziennie	2,5
	piasek glinia- sty lekki	2 razy dziennie	2	codziennie	2,5
	piasek glinia- sty mocny	2 razy dziennie	2	co 2. dzień	5
	glina piasz- czysta	codziennie	2	co 2. dzień	5

6.4. Dawki polewowe i częstotliwość deszczowania w II okresie nawodnień materiału jednoletniego

Wielkość dawek jednorazowego polewu w tym okresie ustala się na podstawie zawartości wody łatwo dostępnej, jaką dana gleba może zatrzymać ze względu na jej skład mechaniczny, oraz pożądaną głębokość zwilżenia gleby ze względu na zasięg korzeni siewek. Głębokość zwilżania czynnej warstwy gleby w omawianym okresie nawadniania zwiększa się stopniowo od 10 do 20 cm dla zapewnienia odpowiednich warunków rozwoju systemów korzeniowych siewek na pożądaną głębokość. Dawkę polewową określa się według wcześniej podanego wzoru:

$$d = 0,1 \cdot w_d \cdot h \text{ [mm]}$$

gdzie:

w_d – zawartość wody łatwo dostępnej w % objętości gleby (tab. 4 lub 5),
 h – pożądana głębokość zwilżania gleby [cm].

W czasie deszczowania następują pewne straty wody w wyniku parowania w powietrzu, zwiewania drobnych kropli przez wiatr poza pole zraszania, parowania ze zroszonej powierzchni gleby, siewek lub sadzonek. Dlatego należy doprowadzić do gleby odpowiednio większą dawkę polewową, która będzie sumą dawki netto i wymienionych wyżej strat wody przy deszczowaniu. Ilość tę, zwaną dawką polewową brutto [D], oblicza się według zależności:

$$D = \frac{d}{k_e} \text{ [mm]}$$

gdzie:

d – dawka polewowa netto [mm],
 k_e – współczynnik efektywności technicznej deszczowania, którego wartość dla zraszaczy deszczowniczych stosowanych w szkółkach wynosi 0,85, a dla mikrozraszaczy 0,90.

Częstotliwość deszczowania w II okresie nawodnień materiału jednoletniego, tj. okres pomiędzy kolejnymi nawodnieniami, zależy od wielkości dawki jednorazowego polewu netto, dobowego zużycia wody na ewapotranspirację oraz od ilości i częstotliwości opadów atmosferycznych.

Częstotliwość deszczowania [T] oblicza się według wzoru:

$$T = \frac{d}{E} \text{ [dni]}$$

gdzie:

d – dawka jednorazowego polewu netto [mm],

E – dobowe zużycie wody na ewapotranspirację [mm].

Wielkość dobowego zużycia wody na ewapotranspirację ogólnie przyjmuje się zależnie od wysokości średnich rocznych opadów atmosferycznych. Zużycie to wynosi w rejonach o opadach:

— do 585 mm – 2,7 mm,

— od 585 do 610 mm – 2,5 mm,

— ponad 610 mm – 2,3 mm.

Bardziej dokładnie można określić dobowe zużycie wody na transpirację roślin i parowanie terenowe w zależności od temperatury powietrza na podstawie podanej przez Drupkę tabeli 7. Wartości te są równoważne ilości wody, która powinna zostać dostarczona do gleby w procesie nawadniania lub przez opady atmosferyczne. Znając wielkość dobowego opadu, można łatwo określić ilość wody, która powinna w danym dniu zostać dostarczona do gleby, aby zrównoważyć rozchód wody na ewapotranspirację. Ze względu jednak na duże zróżnicowanie warunków panujących w szkółkach metoda ta może być traktowana jedynie jako orientacyjna i zaleca się ją stosować w sytuacjach nadzwyczajnych lub gdy nie można skorzystać z bardziej dokładnych metod.

Tabela 7. Dobowe zużycie wody z warstwy gleby o kontrolowanym uwilgotnieniu [mm]

Lp.	Temp. powietrza °C	Dobowe zużycie wody											
		kwiecień		maj		czerwiec		lipiec		sierpień		wrzesień	
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1	25					4,3	5,15	4,55	5,7	4,6	5,1		
2	24					4,05	4,85	4,3	5,4	4,3	4,8		
3	23			3,55	4,3	3,85	4,6	4,1	5,1	4,05	4,5		
4	22			3,4	4,05	3,6	4,3	3,85	4,8	3,8	4,2		
5	21			3,2	3,85	3,4	4,05	3,6	4,5	3,5	3,9		
6	20	2,75	3,3	3,0	3,6	3,15	3,8	3,35	4,2	3,25	3,6		
7	19	2,65	3,15	2,8	3,4	2,95	3,5	3,1	3,9	2,95	3,3	3,0	3,0
8	18	2,5	3	2,65	3,15	2,8	3,25	2,9	3,6	2,7	3,0	2,75	1,75
9	17	2,4	2,9	2,45	2,95	2,7	3,25	2,9	3,6	2,7	3,0	2,5	2,5
10	16	2,3	2,75	2,25	2,7	2,6	3,1	2,75	3,45	2,5	2,8	2,25	2,25
11	15	2,2	2,6	2,25	2,7	2,5	2,95	2,65	3,3	2,35	2,6	2,0	2,0
12	14	2,05	2,5	2,25	2,7	2,35	2,85	2,5	3,15	2,15	2,4	2,0	2,0
13	13	1,95	2,35	2,25	2,7	2,25	2,7	2,4	3,0	2,0	2,2	1,9	1,9
14	12	1,85	2,2	2,2	2,6					1,8	2,0	1,8	1,8
15	11	1,75	2,05	2,1	2,5					1,6	1,8	1,6	1,6
16	10	1,6	1,95	1,95	2,35					1,45	1,6	1,4	1,4
17	9	1,5	1,8	1,8	2,15							1,2	1,2
18	8	1,5	1,8	1,65	2,2							1,0	1,0

A – dotyczy szkółek, w których pod warstwą korzeniową (nie głębiej niż 40–50 cm od powierzchni terenu) zalegają gleby gliniaste lub pylaste;

B – dotyczy szkółek, w których występują głębokie gleby piaszczyste.

6.5. Dawki polewowe i częstotliwość deszczowania materiału wieloletniego

Dawki jednorazowego polewu i częstotliwość deszczowania materiału wieloletniego ustala się w sposób identyczny jak dla II okresu nawodnień materiału jednoletniego. Jedynie zwiększa się głębokość zwilżania gleby do 25 cm.

6.6. Intensywność deszczowania

Przy deszczowaniu zwilżającym istotne znaczenie ma intensywność tego zabiegu, zwana również natężeniem zraszania. Zależy ona od średnicy dysz i ciśnienia w zraszaczach. Intensywność deszczowania powinna być dostosowana do rodzaju i wieku siewek lub sadzonek. Szczególne znaczenie ma natężenie zraszania w pierwszej fazie rozwoju siewek, tj. w okresie kiełkowania nasion i wytwarzania korzeni. Wówczas intensywność deszczowania nie powinna przekraczać 3–4 mm na godzinę. Taka intensywność wyklucza możliwość niszczenia struktury gleby i jej zaskorupiania się oraz wymakania i wypłukiwania nasion lub słabo jeszcze zakorzenionych siewek.

W II okresie intensywność zraszania może być zwiększona do 6 mm/h. Na kwaterach z materiałem wieloletnim oraz przy nawodnieniach technologicznych przed szkółkowaniem intensywność zraszania może być zwiększona do 10 mm/h, lecz nie powinna przekraczać prędkości wsiąkania wody w glebę. W nawodnieniach ochronnych przed przymrozkami i przy nawożeniu zalecana intensywność deszczowania wynosi 3–5 mm/h.

6.7. Czas deszczowania powierzchni dawką jednorazowego polewu

Czas deszczowania powierzchni dawką jednorazowego polewu, tj. czas pracy zraszaczy na jednym stanowisku, potrzebny dla dostarczenia do gleby określonej dawki polewowej, zależy od intensywności zraszania. Ustala się ją według danych techniczno-eksploatacyjnych dla stosowanych typów zraszaczy na podstawie ich danych technicznych.

Czas pracy zraszaczy na jednym stanowisku $[t_z]$ oblicza się według wzoru:

$$t_z = \frac{D}{i_z} \text{ [h]}$$

gdzie:

D – dawka jednorazowego polewu brutto [mm],

i_z – intensywność deszczowania [mm/h].

Na podstawie otrzymanego w ten sposób czasu pracy zraszaczy na jednym stanowisku oblicza się ilość zmian [N] stanowiska zraszaczy w ciągu dnia roboczego, stosując wzór:

$$N = \frac{t_d}{t_z}$$

gdzie:

t_d – czas efektywnej pracy deszczowni w ciągu doby [h],

t_z – czas pracy zraszaczy na jednym stanowisku [h].

Według dotychczasowej praktyki efektywny czas pracy deszczowni w ciągu doby wynosi 4–6 godzin, przy czym najodpowiedniejszymi porami są godziny ranne i popołudniowe. W południe występują zwykle największe straty wody na parowanie. Deszczowanie w porze południowej wymagałoby zwiększenia dawek polewowych brutto i wydłużenia czasu pracy zraszaczy na jednym stanowisku. W razie przestojów w pracy deszczowni, spowodowanych np. przerwą w dostawie prądu, silnym wiatrem uniemożliwiającym deszczowanie, awarią agregatu pompowego itp., zachodzić może potrzeba deszczowania w innych porach i wówczas można wykorzystać nawet noc.

6.8. Dostosowanie częstotliwości deszczowania do rozkładu opadów atmosferycznych

Wpływ opadów atmosferycznych na deszczowanie materiału sadzeniowego uwzględnia się przez dostosowywanie częstotliwości deszczowania do rozkładu i wielkości opadów.

Przy określaniu częstotliwości nawadniania bierze się pod uwagę opady jednorazowe nie mniejsze niż 3 mm, z wyjątkiem jednak tych wypadków, kiedy dawka polewowa brutto w I okresie nawodnień materiału jednoletniego wynosi 2 lub 2,5 mm. Wtedy jako opad miarodajny przyjmuje się 2 lub 2,5 mm. Redukcję dawek polewowych stosownie do opadów atmosferycznych przeprowadza się w ten sposób, że wielkość kolejnej dawki polewowej brutto zmniejsza się o wysokość miarodajnych opadów, jakie wystąpiły na terenie szkółki w czasie od ostatniego nawodnienia. Jeżeli suma

opadów miarodajnych przekracza wielkość kolejnej dawki polewowej brutto, to deszczowania się nie wykonuje.

Należyte kompensowanie dawek polewowych deszczowania w szkółkach wymaga rejestrowania opadów atmosferycznych. Dlatego też w każdej szkółce trzeba zainstalować deszczomierz Hellmanna i prowadzić na bieżąco pomiary oraz zapisy opadów atmosferycznych w sezonie nawadniania szkółek.

7. Inne rodzaje deszczowania

Poza deszczowaniem wegetacyjnym w szkółkach stosuje się jeszcze deszczowanie związane ze szkółkowaniem, nawożeniem mineralnym i podcinaniem korzeni siewek oraz deszczowanie ochronne przed przymrozkami i w upalne dni.

7.1. Nawadnianie związane ze szkółkowaniem

Deszczowanie takie wykonuje się w dwóch etapach, z których pierwszy obejmuje zraszanie gleby bezpośrednio przed jej przygotowaniem do szkółkowania, a drugi – zraszanie zaszkółkowanych siewek.

Zraszanie w pierwszym etapie ma na celu uzupełnienie wilgotności gleby do stanu umożliwiającego wykonanie rowków przy użyciu sprzętu mechanicznego. Należy przy tym brać pod uwagę aktualną wilgotność gleby, aby nie spowodować nadmiernego jej uwilgotnienia, które może utrudnić pracę sprzętu i spowodować deformowanie się wykonanych rowków. Intensywność zraszania nie odgrywa tu większej roli i dla przyspieszenia prac można zraszać przy intensywności nawet do 10 mm/h, przy czym jedynym ograniczeniem jest prędkość wsiąkania wody w glebę, której intensywność deszczowania nie powinna przekraczać.

W drugim etapie, po wykonaniu szkółkowania siewek, stosuje się deszczowanie znacznie mniej intensywne, mające na celu uzupełnienie w glebie zawartości wody łatwo dostępnej i lepsze zespolenie korzonków z glebą. Jednoletnie sadzonki gatunków igla-

stych zrasza się przy zastosowaniu w zraszaczach dysz zapewniających intensywność do 6 mm/h, natomiast starsze sadzonki iglaste oraz wieloletnie liściaste mogą być zraszane z nieco większą intensywnością. Kolejne deszczowanie zaszkółkowanych sadzonek wykonuje się analogicznie jak zraszanie wegetacyjne materiału jednoletniego w końcu II okresu nawodnień lub materiału wieloletniego.

7.2. Nawadnianie po nawożeniu mineralnym

Deszczowanie to ma na celu skrócenie przerwy między zabiegiem nawożenia mineralnego a wysiewem nasion. Jak wynika z wytycznych dotyczących nawożenia szkółek leśnych, po wiosennym nawożeniu mineralnym wysiew nasion może nastąpić nie wcześniej niż po 2 tygodniach.

Jeśli jednak po rozsianiu nawozów wystąpią opady atmosferyczne, zasiewy można wykonać po tygodniu. Dysponując deszczownią ma się więc możliwość skrócenia przerwy między nawożeniem mineralnym a wysiewem nasion do tygodnia, co jest równoznaczne z wydłużeniem okresu wegetacji i przez to polepszeniem jakości produkowanych siewek.

Po nawożeniu mineralnym stosuje się deszczowanie dawką polewową netto w wysokości 6–10 mm, zależnie od rodzaju gleby. Najmniejsza dawka dotyczy gleb lekkich, największa zaś mocniejszych.

7.3. Deszczowanie po podcięciu korzeni

Deszczowanie wykonuje się po podcięciu korzeni siewek celem uzupełnienia w glebie wody łatwo dostępnej. Podcinanie korzeni powoduje rozluźnienie gleby i przyspieszenie parowania jałowego, a przez to zmniejszenie zawartości wody łatwo dostępnej w wierzchniej warstwie gleby. W tych warunkach zredukowane systemy korzeniowe, w wyniku odcięcia ich dolnych partii, nie są w stanie pokryć zapotrzebowania wodnego siewek, co prowadzi do silnego osłabienia roślin. Dlatego deszczowanie należy rozpoczynać bezwzględnie po podcięciu korzeni.

Stosuje się przy tym dawki umożliwiające uzupełnienie wody łatwo dostępnej w warstwie gleby rozluźnionej przy podcinaniu korzeni, tj. do głębokości podcięcia korzeni – od 6 do 15 cm w zależności od gatunku siewek. Intensywność zraszania nie ma tu istotnego znaczenia i zabieg może być wykonywany przy zastosowaniu dysz o większej średnicy.

7.4. Ochrona roślin szkółkarskich przed przymrozkami

Przymrozki wiosenne w szkółkach wyrządzają duże szkody i mogą w ciągu jednej nocy zniszczyć wszystkie rośliny. Szczególnie wrażliwe na niskie temperatury są siewki buka, dębu, jesionu i jodły. Warunkami sprzyjającymi wystąpieniu przymrozków na danym terenie są gleby o małym przewodnictwie cieplnym bez naturalnej ochrony przed promieniowaniem w formie drzew i krzewów oraz czynniki meteorologiczne, takie jak: mała wilgotność powietrza, brak chmur, brak wiatru i intensywne parowanie powierzchni w ciągu dnia.

Dokładne rozpoznanie lokalnych warunków agroklimatycznych pozwala na optymalizację działań mających na celu ochronę roślin szkółkarskich przed przymrozkami. Najczęściej stosowane zabiegi można podzielić na dwie grupy: fizyczne i biologiczne. Do zabiegów fizycznych zaliczamy:

- deszczowanie,
- ogrzewanie,
- zadymianie,
- przykrycie,
- wymuszanie cyrkulacji powietrza.

Deszczowanie jako zabieg ochrony roślin przed przymrozkami jest stosowany w trzech formach:

- deszczowanie wyprzedzające o 2–3 dni termin przymrozku,
- deszczowanie pośrednie, polegające na zwilżaniu w czasie przymrozku tylko terenu wokół chronionego obszaru,
- deszczowanie bezpośrednie chronionych upraw szkółkarskich w czasie przymrozku.

Deszczowanie wyprzedzające chroni rośliny tylko przed niewielkimi przymrozkami radiacyjnymi rzędu 1–2°C. Dawkę polewową

dobiera się do wilgotności gleby i w zasadzie nie powinna przekraczać 30 mm.

Deszczowanie pośrednie zapewnia, że gleba i rośliny chronione są suche. Głównym celem tego zabiegu jest uniemożliwienie dopływu zimnego powietrza z terenów sąsiednich.

Deszczowanie bezpośrednie chronionych roślin w czasie przymrozku powoduje wykorzystanie ciepła krzepnięcia dostarczanej wody, a tym samym wzrost temperatury powietrza. Przykładowo dla ochrony przed przymrozkami do ok. -6°C średnie natężenie deszczu powinno wynosić 2,1–3,8 mm/h, a natężenie minimalne nie może być mniejsze od 1,5–2,7 mm/h. Jeżeli czas trwania przymrozku nie przekracza 10 godzin, to niezbędna dawka polewowa wyniesie od 21 do 38 mm. Rezerwa wody w zbiorniku do deszczowania powinna zapewnić możliwość przynajmniej trzykrotnej ochrony przed przymrozkami w sezonie. Bardzo istotnym parametrem deszczowania ochronnego jest czas obrotu zraszacza i prędkość wiatru. Występujący w czasie przymrozku wiatr odbiera wyzwalające się ciepło krzepnięcia wody, a przez to obniża efekt deszczowania ochronnego. W praktyce stwierdzono, że przy prędkościach wiatru większych od 5 m/s i wilgotności powietrza poniżej 60% deszczowanie jako zabieg ochronny jest mało skuteczne. Parametry zraszaczy instalacji deszczowniczej, takie jak natężenie opadu i czas obrotu, powiązane z granicznymi temperaturami powietrza podano w tabeli 8. W praktyce przed przymrozkami chronione są gatunki szczególnie wrażliwe na niskie temperatury. Wielkość powierzchni objętej tą ochroną zależy od agregatu pompowego limitującego wielkość powierzchni jednocześnie nawadniającej.

7.4.1. Zasady deszczowania dla ochrony przed przymrozkami

Wskazania opisane w tym rozdziale dotyczą ochrony roślin przed przymrozkiem do -6°C , przy prawie całkowitym braku wiatru. Zgodnie z dotychczasowymi doświadczeniami w ochronie roślin przed szkodami mrozowymi przy temperaturach powietrza do -6°C należy stosować odpowiednią intensywność deszczu i dużą równomierność rozprowadzania wody.

Tabela 8. Temperatury graniczne podczas deszczowania dla ochrony przed przymrozkami, przy których rośliny nie ulegają szkodom przymrozkowym – zależnie od natężenia deszczu i czasu trwania przerw, wg Pogrella i Kiddera, cyt. za Schnelle (1969)

Czas trwania obrotu zraszacza	Natężenie deszczu mm/h	Temp. powietrza °C	Czas trwania obrotu zraszacza	Natężenie deszczu mm/h	Temp. powietrza °C
1	2	3	1	2	3
5	0,5	-2,2	60	1,8	-3,9
	1,0	-3,9		2,0	-3,9
	1,5	-5,0		2,8	-6,1
	2,5	-6,7		3,6	-6,5
	3,8	-8,3		4,6	-6,9
	5,1	-9,4		5,3	-8,3
10	0,5	-1,1	120	1,5	-3,0
	1,0	-2,8		1,8	-3,3
	1,5	-4,1		3,0	-5,0
	2,5	-6,1		3,6	-6,7
	3,8	-8,1		5,3	-7,8
	5,1	-8,9			
20	0,5	-1,1	180	1,5	-3,0
	1,0	-2,2		1,8	-3,8
	1,5	-3,9		3,0	-5,0
	2,5	-6,1		3,6	-5,5
	3,0	-6,9		5,3	-7,8
	3,8	-7,8			
	5,1	-8,6	240	1,8	-2,5
				3,6	-5,0
				5,3	-7,2

Intensywność deszczowania

Do ochrony przed przymrozkami zaleca się następującą intensywność deszczowania:

- niskie rośliny (sadzonki w szkółkach) 2,1–2,9 mm/godz.,
- krzewy w szkółce 2,9–3,8 mm/godz.

Zraszacze w systemach deszczownianych mogą być ustawiane w trójkąt, kwadrat lub prostokąt. W instalacjach do ochrony przed przymrozkami optymalny jest układ trójkątny.

Równomierność deszczowania

W warunkach eksploatacyjnych nie można uzyskać w pełni równomiernego rozprowadzania wody. Jeśli występuje mała prędkość wiatru (od 0 do 0,5 m/s), a ciśnienie robocze na poziomie dyszy zraszacza wynosi 0,4 MPa, to minimalna intensywność deszczowania nie może być mniejsza od średniej intensywności na powierzchni całej kwatery o więcej niż 30%.

Prędkość obrotowa zraszaczy i wysokość ich umieszczenia

Zraszacze wykorzystywane do ochrony roślin w szkółce przed przymrozkami muszą charakteryzować się bezawaryjną pracą w czasie spadku temperatury powietrza do -10°C . Prędkość obrotowa zraszaczy powinna być nie mniejsza niż 1 obrót na minutę. Dla skutecznej ochrony zraszacze powinny być umieszczone na wysokości 0,5–1,0 m ponad roślinami.

Pomiar temperatury

Kontrolę temperatury powietrza należy prowadzić w kilku (minimum w trzech) miejscach najbardziej narażonych na przymrozki. Termometry mogą być cieczowe lub elektroniczne. Termometry cieczowe stosuje się jako suche lub zwilżone. Termometr zwilżony uzyskuje się przez obwiniecie zbiorniczka termometru suchego gazą, którą w formie knota zanurza się w wodzie. Część praktyków uważa, że termometry zwilżone poprawniej niż suche odwzorowują temperaturę tkanek roślinnych.

Termometry do pomiaru temperatury powietrza w razie wystąpienia przymrozków radiacyjnych należy umieszczać 5 cm nad małymi sadzonkami, a dla sadzonek większych na wysokości najniższych pędów. W wypadku przymrozków konwekcyjnych lokalizację i wysokość instalacji termometrów należy dostosować do warunków lokalnych.

W miejscach, w których kontroluje się temperaturę aktualną, zaleca się także umieszczenie termometrów mierzących minimalną temperaturę powietrza.

Pomiar wilgotności względnej powietrza

Wilgotność powietrza mierzymy w tych samych miejscach i na tej samej wysokości co temperaturę. Do pomiaru wilgotności względnej powietrza używa się takiego samego higrometru jak meteorolodzy na stacjach klimatycznych.

Pomiar kierunku i prędkości wiatru

Pomiar kierunku wiatru wykonuje się za pomocą chorągiewki mającej możliwość obrotu o 360° dookoła osi pionowej. Do mierzenia prędkości wiatru używa się anemometru podobnie jak na stacji meteorologicznej. Przyrządy do pomiaru wiatru najlepiej jest ustawiać na wysokości 150–180 cm.

W celu usprawnienia akcji ochronnej pożądane jest bieżące przekazywanie informacji o aktualnych wartościach parametrów meteorologicznych mierzonych w punktach kontrolnych w szkółce do miejsca, gdzie prowadzony jest stały dozór. Dla potrzeb prawidłowego sterowania akcją ochrony roślin w szkółce przed mrozem jeden zestaw przyrządów powinien być umieszczony poza obszarem deszczowanym.

Częstotliwość odczytu przyrządów

Od zachodu słońca na wszystkich zainstalowanych przyrządach powinno się prowadzić odczyty co godzinę. Dokładność odczytu temperatury nie może być mniejsza niż 0,2°C, a wilgotności względnej powietrza niż 1%. Od chwili gdy stwierdzamy zbliżanie się wartości mierzonych do temperatury krytycznej, przy której musimy uruchomić system nawadniający, częstotliwość odczytów zwiększamy początkowo do 30, a potem do 15 minut.

Ustalenie terminu włączenia urządzeń nawadniających

O terminie włączenia urządzeń nawadniających decyduje przede wszystkim temperatura powietrza, jego wilgotność względna

i prędkość wiatru. Krytyczną temperaturę powietrza, przy której wilgotna powierzchnia roślin będzie miała 0°C (termin włączenia deszczowni) możemy odczytać z tabeli 9 lub 10. Odczyty temperatury krytycznej z tabeli 9 lub 10 wykonujemy dla wszystkich punktów pomiarowych na podstawie zmierzonej: temperatury powietrza (termometr suchy), wilgotności względnej powietrza i prędkości wiatru. Tabelę 9 stosuje się, gdy spadek temperatury powietrza jest szybki, tzn. ponad 1°C na godzinę i prędkość wiatru ponad $1,5\text{ m/s}$. W warunkach gdy spadek temperatury jest mniejszy niż 1°C w ciągu godziny lub prędkość wiatru wynosi poniżej $1,5\text{ m/s}$, korzysta się z tabeli 10. W czasie jednej akcji ochronnej w zależności od przebiegu warunków klimatycznych stosuje się często wymiennie obie tabele. Przykładowe ustalenie terminu włączenia urządzeń nawadniających podano w tabeli 11.

Decyzję o zastosowaniu deszczowania ochronnego przed przymrozkiem podejmuje się na podstawie ostrzeżeń służby meteorologicznej, ogłaszanych przez środki masowego przekazu, albo na podstawie wskazań termometrów zainstalowanych przy powierzchni gruntu na terenie szkółki. Deszczowanie rozpoczyna się, gdy temperatura powietrza przy powierzchni gruntu osiąga wartość $+0,5-0^{\circ}\text{C}$, a prowadzi się dopóty, dopóki nie wzrośnie do wartości $+1^{\circ}\text{C}$. Jeśli gleba jest sucha, np. podczas długotrwałej suszy, deszczowanie ochronne można rozpocząć przy spadku temperatury do -3°C , ponieważ rośliny wykazują wówczas większą odporność na ochłodzenie.

Skuteczność deszczowania ochronnego maleje w miarę spadku wilgotności powietrza. Jako temperaturę graniczną skuteczności tego zabiegu przyjmuje się -8°C w czasie pogody bezwietrznej lub przy tylko słabym wietrze. Taki stan pogody występuje zwykle podczas nocnych przymrozków spowodowanych wypromieniowaniem.

7.5. Nawadnianie w upalne dni

Potrzeba deszczowania w dni upalne wynika stąd, że przy dużym niedosycie wilgotności powietrza rośliny bronią się przed nadmierną utratą wody, zamykając aparaty szparkowe, co powoduje zahamowanie fotosyntezy i osłabienie roślin. Pożądane jest wówczas obniżenie temperatury i niedosytu wilgotności powietrza w bezpośrednim otoczeniu roślin.

ST Tabela 9. Temperatura powietrza, przy której trzeba włączyć urządzenie do deszczowania podczas szybkiego spadku temperatury (więcej niż 1°C/h) i prędkości wiatru (powyżej 1,5 m/s)

Wzgl. wilg. [%]	Temperatura powietrza [°C]																							
	10	9,5	9	8,5	8	7,5	7	6,5	6	5,5	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0			
40	1,8	2,0	2,4	2,6	2,8	2,9	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2											termin włączenia został przekroczony	
42	1,4	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,2	3,4	3,6	3,8	3,8	4,0											
44	1,0	1,4	1,6	1,8	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8											
46	0,8	1,0	1,2	1,6	1,8	2,0	2,2	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6											
48	0,4	0,6	1,0	1,2	1,4	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	3,0	3,2	3,4											
50	0,0	0,2	0,6	0,8	1,2	1,4	1,6	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,2	3,4										
52		0,0	0,2	0,6	0,8	1,2	1,4	1,6	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3										
54			0,0	0,2	0,6	0,8	1,0	1,4	1,6	1,8	2,2	2,4	2,6	2,8	3									
56				0,0	0,2	0,4	0,8	1,0	1,4	1,6	1,8	2,2	2,4	2,6	2,8									
58					0,0	0,2	0,4	0,8	1,0	1,4	1,6	1,8	2,2	2,4	2,6									
60						0,0	0,2	0,4	0,8	1,0	1,4	1,6	1,8	2,2	2,4	2,5								
62							0,0	0,2	0,6	0,8	1,0	1,4	1,6	1,8	2,2	2,4								
64								0	0,2	0,6	0,8	1,2	1,4	1,6	2,0	2,2								
66									0,0	0,2	0,6	0,8	1,2	1,4	1,8	2,0								
68										0,0	0,4	0,6	1,0	1,2	1,4	1,8	2,0							
70											0,0	0,4	0,6	1,0	1,2	1,6	1,8							
72												0,2	0,4	0,8	1,0	1,2	1,6							
74												0,0	0,2	0,4	0,8	1,0	1,4	1,5						
76													0,0	0,2	0,6	0,8	1,2	1,4						

przypuszczalnie nie ma niebezpieczeństwa

Tabela 9. cd.

Wlg. wzgl. [%]	Temperatura powietrza [°C]																					
	10	9,5	9	8,5	8	7,5	7	6,5	6	5,5	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0	
78														0,0	0,4	0,6	1,0	1,2				
80															0,2	0,4	0,8	1,0				
82															0,0	0,2	0,6	0,8				
84																0,0	0,4	0,6	1,0			
86																0,2	0,4	0,8				
88																0,0	0,2	0,6				
90																	0,0	0,4	0,5			
92																		0,2	0,4			
94																		0,0	0,2			
96																			0,0	0,2		
98																				0,0	0,1	
100																					0,0	

51 Tabela 10. Temperatura powietrza, przy której trzeba włączyć urządzenie do deszczowania,
 4 gdy występuje powolny spadek temperatury (mniej niż 1°C/h) i słaby wiatr (mniej niż 1,5 m/s)

Wilg. wzgl. [%]	Temperatura powietrza [°C]																							
	10,0	9,5	9,0	8,5	8,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,0	-0,5		
40	1,0	1,2	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,5	3,5										
42	0,6	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,4	2,6	2,8	3,0	3,0	3,2	3,4										
44	0,2	0,6	0,8	1,0	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2										
46	0,0	0,2	0,4	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0										
48	-0,4	-0,2	0,2	0,4	0,6	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0									
50		-0,5	-0,2	0,0	0,4	0,6	0,8	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,4	2,6	2,8									
52			-0,5	-0,2	0,0	0,4	0,6	0,8	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5								
54				-0,5	-0,2	0,0	0,2	0,6	0,8	1,0	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4								
56					-0,5	-0,4	0,0	0,2	0,6	0,8	1,0	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2								
58						-0,5	-0,4	0,0	0,2	0,6	0,8	1,0	1,4	1,6	1,8	2,0								
60							-0,5	-0,4	0,0	0,2	0,6	0,8	1,0	1,4	1,6	1,8	2,0							
62								-0,5	-0,2	0,0	0,2	0,6	0,8	1,0	1,4	1,6	1,8							
64									-0,5	-0,2	0,0	0,4	0,6	0,8	1,2	1,4	1,6							
66										-0,5	-0,2	0,0	0,4	0,6	1,0	1,2	1,4	1,5						
68											-0,5	-0,2	0,2	0,4	0,6	1,0	1,2	1,4						
70												-0,5	-0,4	0,2	0,4	0,8	1,0	1,2						
72													-0,5	-0,4	0,0	0,2	0,6	0,8	1,0					
74														-0,5	-0,4	0,0	0,4	0,6	0,8					
76															-0,5	-0,2	0,2	0,4	0,6	1,0				
78																-0,5	-0,4	0,2	0,2	0,8				
80																	-0,5	-0,4	0,0	0,2	0,6			

Tabela 10. cd.

Wilg. wzgl. [%]	Temperatura powietrza [°C]																							
	10,0	9,5	9,0	8,5	8,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,0	-0,5		
82																-0,5	-0,2	0,0	0,4	0,5				
84																-0,5	-0,4	-0,2	0,2	0,4				
86																-0,5	-0,4	0,0	0,2					
88																-0,5	-0,2	0,0						
90																-0,5	-0,4	-0,2						
92																-0,5	-0,4	0,0						
94																-0,5	-0,2							
96																-0,5	-0,4							
98																-0,5	-0,4							
100																-0,5	-0,4							

Tabela 11. Przykład ustalania terminu nawodnień ochronnych przed mrozem

Punkt kontrolny	Wartości odczytane		Temperatura krytyczna powietrza wg tab.9. [°C]	Początek nawodnienia przy temperaturze [°C]
	temperatura powietrza [°C]	wilgotność względna powietrza [%]		
1	2	3	4	5
Wyniki pomiaru podczas zachodu słońca (spadek temp. powyżej 1°C/h; prędkość wiatru powyżej 1,5 m/s)				
A	4,5	56	2,2	2,2 (temp. powietrza jest wyższa od temperatury krytycznej)
B	5,0	60	1,4	
C	5,5	56	1,6	
Wyniki pomiaru po 1 godzinie				
A	3,0	66	1,8	2,1 (temp. powietrza jest jeszcze wyższa od temperatury krytycznej)
B	2,5	65	2,1	
C	3,5	62	1,8	
Pomiar należy przeprowadzić po 15 minutach. Otrzymane wyniki po 15 minutach				
A	2,0	72	1,6	2,0 (temp. powietrza w punkcie B jest równa temperaturze krytycznej)
B	2,0	68	2,0	
C	2,5	68	1,8	
Ponieważ temperatura powietrza w punkcie B jest równa temperaturze krytycznej, należy natychmiast rozpocząć nawodnienie ochronne!				

Deszczowanie ochronne w upalne dni stosuje się w okresie wschodów i rozwoju młodych siewek, które są szczególnie wrażliwe na skutki wysokich temperatur. Zabieg ten wykonuje się we wczesnych godzinach rannych dawką polewową 2–3 mm, przy intensywności zraszania 3–5 mm/h. Planuje się go wtedy, gdy według zapowiedzi służby meteorologicznej przewidywana jest temperatura powietrza powyżej 28°C. Deszczowanie ochronne w dni upalne traktuje się jako zabieg ponadplanowy. Nie wpływa on na ustaloną częstotliwość deszczowania wegetacyjnego w szkółce.

7.6. Nawożenie za pomocą urządzeń nawadniających

Nawozy rozsiewane na powierzchni gleby są przemieszczane wskutek opadów, powodują degradację środowiska naturalnego przez zanieczyszczanie wód powierzchniowych i podziemnych. Można tego uniknąć, stosując technologię łącznego nawadniania i nawożenia za pomocą nawodnień. Technologia ta umożliwia podawanie wody i roztworów nawozowych w ilościach równych dobowemu zapotrzebowaniu roślin.

Wykorzystanie sieci nawadniającej do nawożenia staje się coraz bardziej powszechne, zwłaszcza przy stosowaniu nawozów dolistnych. Ten sposób nawożenia optymalizuje zaopatrzenie roślin w makro- i mikroskładniki. Ze względu na możliwość dawkowania nawozów w małych ilościach ich wykorzystanie staje się bardzo efektywne przy istotnym zmniejszeniu nakładów siły roboczej.

Nawożenie przez system nawadniający musi spełniać następujące kryteria:

- nie powodować korozji urządzeń,
- nie niszczyć elastyczności przewodów i nie powiększać strat hydraulicznych,
- nie zatykać żadnych urządzeń systemu,
- nawozy powinny być całkowicie rozpuszczalne w wodzie i nie mogą reagować z substancjami, które zawiera woda używana do nawodnień.

Podawanie nawozów wraz z wodą może odbywać się według ustalonego harmonogramu lub z każdym nawodnieniem. Okresowe dokarmianie polega na zaopatrywaniu roślin w składniki po-

bierane w dużych ilościach, tj. głównie azot i potas. Nawozy zawierające te składniki są łatwo rozpuszczalne i podawanie ich w wyższym stężeniu nie stwarza dużych problemów w eksploatacji systemów nawadniających. Do sporządzania pożywek należy używać nawozów płynnych lub łatwo rozpuszczalnych w wodzie. Powinny one być wysokiej jakości, wolne od zanieczyszczeń i frakcji nieprzepuszczalnych. Wykorzystanie systemu nawadniającego do nawożenia, oprócz oczywistych pozytywnych efektów, może spowodować pogorszenie się funkcjonowania systemu nawadniającego. Dla uniknięcia tego zjawiska należy przestrzegać następujących zasad:

- dozowniki nawozów powinny być dostosowane do warunków przyrodniczo-technicznych obiektu,
- nawozy muszą być całkowicie rozpuszczalne,
- nie należy używać nawozów zawierających wapń, magnez i polifosforaty,
- nie wolno stosować mikroelementów w stanie zjonizowanym,
- stężenie roztworu nawozowego nie powinno być większe niż 1:500,
- podawania nawozów należy zaprzestać przed zakończeniem nawadniania tak, aby nastąpiło przemycie całego systemu nawadniającego.

Równomierność podawania nawozów zależy od stopnia rozpuszczania stosowanej substancji oraz sprawności systemu nawadniającego. Dozowniki nawozów mogą być lokalizowane w dowolnym miejscu sieci nawadniającej, jednak w szkółkach leśnych zaleca się, aby w miarę możliwości znajdowały się w pomieszczeniach zamkniętych, np. w budynku pompowni.

8. Sterowanie nawodnieniami i ich automatyzacja

8.1. Sterowanie nawodnieniami

W szkółkach leśnych najczęściej występują gleby lekkie, charakteryzujące się dużą odciekalnością i małymi zdolnościami retencyjnymi. Cechy te decydują o konieczności stosowania technologii nawodnień polegających na podawaniu małych i częstych dawek

polewowych w celu uniknięcia strat wody na przesiąki w głąb gleby. Dawkowanie wody z dużą częstotliwością pozwala na utrzymanie potencjału wodnego gleby optymalnego dla danej fazy rozwoju sadzonek i dla warunków glebowych. Ponadto precyzyjna i oszczędna gospodarka wodą, a także nawozami i środkami ochrony roślin w zasadniczy sposób ogranicza zanieczyszczanie środowiska naturalnego.

Precyzyjne sterowanie nawodnieniami i nawożeniem według powyższych zasad wymaga przede wszystkim ustalenia, kiedy wodę należy wprowadzać do gleby i w jakiej ilości. Niezbędne jest określenie:

- okresu i terminów nawadniania,
- głębokości zwilżania gleby,
- wielkości pojedynczej dawki polewowej, jej natężenia oraz częstotliwości podawania.

Wielkość i natężenie podawania jednorazowej dawki polewowej wynika z właściwości wodnych gleby, natomiast częstotliwość nawadniania zależy od przebiegu pogody oraz od systemu nawadniającego. W nawodnieniach deszczownianych, w porównaniu do mikronawodnień, stosowane są z reguły większe dawki polewowe z mniejszą częstotliwością.

Przy uprawach szkółkarskich na wolnej powierzchni termin rozpoczęcia nawodnień zwilżających można określić na podstawie:

- zawartości w glebie wody dostępnej dla roślin za pomocą tensjometrów,
- uwilgotnienia gleby za pomocą mierników wilgotności gleby,
- bilansu wodnego uwzględniającego warunki meteorologiczne w okresach między nawodnieniami.

Metoda bilansowa polega na porównaniu przychodów i rozchodów wody w glebie. Wymaga ona pomiarów opadów i temperatury powietrza, znajomości zapasów wody łatwo dostępnej w glebie na początku okresu bilansowania oraz potrzeb wodnych uprawianych roślin. Obecnie istnieją programy komputerowe ułatwiające korzystanie z tej metody.

8.2. Automatyzacja nawodnień

Automatyzacja urządzeń nawadniających oraz automatyczne sterowanie procesem nawadniania obniżają koszty tego zabiegu,

a także zapewniają większą efektywność i niezawodność realizacji celów nawadniania.

Główny element systemów nawadniających, którym jest pompownia, może być sterowany ręcznie, półautomatycznie lub w pełni automatycznie. Deszczownie półautomatyczne są uruchamiane i wyłączane ręcznie, a w trakcie pracy nie wymagają nadzoru, gdyż są wyposażone w urządzenia kontrolno-pomiarowe i przetworniki sygnałów kontrolujących poziom wody w komorach ssawnych, ciśnienie i natężenie przepływu wody w rurociągach. Przetworniki te powodują wyłączenie pompy w sytuacjach awaryjnych grożących uszkodzeniem pompy lub rurociągów.

Pompownie automatyczne, oprócz urządzeń kontrolnych takich jak w pompowniach półautomatycznych, są wyposażone także w przekaźniki ochronne zabezpieczające agregaty pompowe przed uszkodzeniami wskutek przeciążeń silnika, zwarć elektrycznych, wysokich temperatur elementów pompy i silnika itp. W zautomatyzowanych systemach deszczownianych w okresie prowadzenia nawodnień w rurociągach podziemnych jest utrzymywane za pomocą hydroforu określone ciśnienie wody. Przepływ wody w rurociągach nawadniających jest kontrolowany za pomocą elektrozaworów.

Pompownie automatyczne są przystosowane do pracy bez bieżącego nadzoru i mogą być sterowane za pomocą czujników wilgotnościowych gleby, programatorów czasowych lub komputera z oprogramowaniem metody bilansowej.

9. Eksploatacja systemów i urządzeń nawadniających

9.1. Zasady ogólne

Prawidłowa eksploatacja, obejmująca całokształt zagadnień organizacyjnych, technicznych i technologicznych związanych z użytkowaniem i utrzymaniem systemu nawadniającego, decyduje o jego efektywności. O racjonalnie prowadzonej eksploatacji systemu nawodnień szkółek decydują następujące czynniki:

- właściwe rozwiązania projektowe,
- jakość urządzeń i solidność wykonawstwa instalacji,
- przestrzeganie zaleceń zawartych w instrukcji eksploatacji,
- kontrola, analiza i ocena efektów.

W pierwszym okresie użytkowania systemu nawodnień, szczególnie po jego uruchomieniu, muszą być sprawdzone i zweryfikowane przyjęte rozwiązania projektowe, głównie dobór urządzeń oraz zabiegów konserwacyjnych. W trakcie eksploatacji obiektu przyjęte w instrukcji zasady powinny być modyfikowane w zależności od zmieniających się warunków środowiskowych, technicznych i eksploatacyjnych.

Przed uruchomieniem systemu nawodnień projektant lub wykonawca powinien przeszkolić użytkowników w zakresie niezbędnym do realizowania prawidłowej eksploatacji systemu. Staranny przegląd wszystkich urządzeń instalacji należy wykonywać:

- przed uruchomieniem systemu,
- na początku i końcu sezonu wegetacyjnego,
- w razie stwierdzenia uszkodzeń lub nieprawidłowości.

Warunkiem prawidłowej eksploatacji jest bieżące zbieranie i przetwarzanie informacji o aktualnym stanie systemu. Po stwierdzeniu istotniejszych nieprawidłowości lub pogorszenia stanu powinno się korzystać z porad specjalistów.

9.2. Konserwacja urządzeń nawadniających

Urządzenia hydrotechniczne związane z bezpośrednim lub pośrednim ujęciem wody dla deszczowni, podobnie jak inne urządzenia wodnomelioracyjne, wymagają konserwacji zgodnie z zasadami podanymi w „Podstawach i zasadach melioracji wodnych w lasach” z 1987 roku.

Wszystkie podziemne rurociągi tłoczne i hydranty czerpalne powinny być po zakończonym sezonie deszczowania dokładnie odwodnione. Hydranty czerpalne muszą być oczyszczone, powleczone smarem konserwującym i osłonięte kapturami z folii. Wszystkie urządzenia przenośne należy dokładnie osuszyć, oczyścić i złożyć w suchych pomieszczeniach zamkniętych. Rury przenośne trzeba obowiązkowo ułożyć warstwami na przekładkach z drewnianych listew, aby nie ulegały odkształceniu. Uszczelki złącz szyb-

kosprawnych powinny być wyjęte, oczyszczone i odpowiednio przechowane.

Konserwację agregatów pompowych należy wykonywać ściśle według fabrycznej instrukcji obsługi. Przed okresem zimowym trzeba odwodnić i oczyścić pompy wodne oraz dokładnie je zakonserwować przez nasmarowanie wewnątrz olejem. Silniki agregatów pompowych z napędem spalinowym powinny być oczyszczone, a cylindry zabezpieczone przed korozją przez zaolejenie. Agregaty przewożne z napędem spalinowym należy przewieźć i umieścić w suchych pomieszczeniach zamkniętych.

Agregaty z napędem elektrycznym, zainstalowane w trwałych budynkach pompowni, pozostają w nich na stałe. Pompy muszą być odwodnione i zabezpieczone, a przyłącza elektryczne odłączone.

Akumulatory należy naładować, uzupełnić w nich poziom elektrolitu i przechowywać w pomieszczeniu o temperaturze powyżej 0° C, pamiętając o konieczności ich doładowywania raz w miesiącu.

Sterowniki i czujniki pracy pomp i innych urządzeń, przetworniki, przekaźniki ochronne (awaryjne) i bezpieczniki powinny być zabezpieczane według instrukcji fabrycznych.

Zbiorniki hydroforowe, odzłaziacze i filtry muszą być odwodnione i oczyszczone. Zawory kulowe i elektromagnetyczne w okresie zimowym powinny być otwarte w połowie zakresu pracy.

Kosze ssawne przed zimą należy zdemontować i następnie przechowywać w zakrytych pomieszczeniach. W okresie wegetacji muszą być zabezpieczone przed glonami, wodorostami, igliwem, liśćmi i zanieczyszczeniami mechanicznymi. Kilkakrotnie, w zależności od potrzeb, powinny być czyszczone.

9.3. Instrukcja eksploatacji

Do każdego systemu nawodnień szkółek leśnych niezbędne jest sporządzenie szczegółowej instrukcji eksploatacji, obejmującej zarówno czynności związane z użytkowaniem systemu, jak również z jego utrzymaniem. Instrukcja musi być opracowana już na etapie projektu i stanowić jego integralną część.

Instrukcja eksploatacji powinna składać się z następujących części:

- przyrodniczo-produkcyjnej,
- technologicznej,
- techniczno-organizacyjnej.

W części przyrodniczo-produkcyjnej należy scharakteryzować warunki klimatyczne, glebowe, wodne oraz technologię i zakres planowanej produkcji materiału sadzeniowego. Przyjęta technologia nawadniania powinna odpowiadać warunkom przyrodniczo-produkcyjnym szkółki.

Część technologiczna instrukcji musi zawierać informacje dotyczące:

- okresów nawadniania w sezonie wegetacyjnym,
- potrzeb wodnych roślin w określonych przedziałach czasowych,
- wielkości dawek polewowych,
- potrzeb nawozowych, dawek nawozowych i stężeń,
- dopuszczalnego natężenia wydatku zraszaczy lub mikrozraszaczy,
- harmonogramu nawodnień.

W części techniczno-organizacyjnej instrukcji eksploatacji należy podać:

- zasady obsługi systemu i jego poszczególnych elementów,
- szczegółowy zakres prac i zabiegów konserwacyjnych,
- metody oceny i sposoby poprawy funkcjonowania systemu,
- zasady organizacji.

Podstawowa literatura

1. **Babiński S.**, 1987: Melioracje wodne w lasach. Wydawnictwo SGGW AR, Warszawa
2. **Drupka S.**, 1976: Bilansowa metoda sterowania nawodnieniami deszczownianymi. Wyd. IMUZ, Materiały instruktażowe nr 20
3. **Drupka S.**, 1980: Deszczownie i deszczowanie. PWRiL, Warszawa
4. **Ostromęcki J.**, 1973: Podstawy melioracji nawadniających. PWN, Warszawa

5. Podstawy i zasady melioracji wodnych w lasach. 1987. Lasy Państwowe. Naczelny Zarząd Lasów Państwowych, Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa
6. **Prochal P.**, 1986: Podstawy melioracji rolnych, t. I. PWRiL, Warszawa
7. **Sobczak Z.**, 1999: Szkółkarstwo leśne, ozdobne i zadrzewieniowe. Oficyna Edytorska „Wydawnictwo Świat”
8. **Somorowski Cz.** (red.), 1993: Współczesne problemy melioracji. SGGW, Warszawa
9. Wytyczne stosowania deszczowni w szkółkach leśnych i zadrzewieniowych. 1991. Lasy Państwowe. Naczelny Zarząd Lasów Państwowych, Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa