

Szkółkarstwo kontenerowe – Kazimierz Szabla, Robert Pabian

Kazimierz Szabla, Robert Pabian

Szkółkarstwo kontenerowe

Nowe technologie i techniki
w szkółkarstwie leśnym



CENTRUM INFORMACYJNE
LASÓW PAŃSTWOWYCH

ISBN 978-83-89744-80-7

Kazimierz Szabla, Robert Pabian

Szkółkarstwo kontenerowe

**Nowe technologie i techniki
w szkółkarstwie leśnym**



**CENTRUM INFORMACYJNE
LASÓW PAŃSTWOWYCH**

**Wydano na zlecenie Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych
(Wydanie II, poprawione)**

Warszawa, 2009 r.

© Centrum Informacyjne Lasów Państwowych

ul. Bitwy Warszawskiej 1920 r. nr 3

02-362 Warszawa

tel.: 0.22 822 49 31, fax 0.22 823 96 79

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

www.lasy.gov.pl

Autorzy

Kazimierz Szabla

Robert Pabian

Zdjęcia

Z archiwum autorów oraz Kornelia Arent (K.A.)

Recenzje

prof. dr hab. Stefan Tarasiuk

mgr inż. Marek Berft

Redakcja

Barbara Świącicka

Projekt okładki i redakcja techniczna

Bożena Widłaszewska

Korekta

Elżbieta Kijewska

ISBN 978-83-89744-80-7

Skład, łamanie

Studio Grafiki Komputerowej ARTPRESS

88-100 Inowrocław, Poznańska 281, tel./fax: (0-52) 354-95-10

Druk i oprawa

Druk-Intro SA, 88-100 Inowrocław, ul. Świętokrzyska 32

Słowo wstępne

W Polsce dominującym sposobem odnowienia lasu od wielu dziesięcioleci pozostaje odnowienie sztuczne. Aktualnie, pomimo przyjęcia zasad trwale zrównoważonej gospodarki leśnej, naturalne odnowienie lasu stanowi niespełna 5% całkowitej powierzchni odnowień. Pozostała, zasadnicza część, odnawiana jest sztucznie przez sadzenie materiału rozmnożeniowego, hodowanego w szkółkach leśnych. Szkółkarstwo leśne w Lasach Państwowych, obecny jego kształt, powstawał w okresie ostatnich kilku dekad. Historia i cechy wyróżniające państwowe szkółkarstwo leśne, model, który często przedstawiamy jako nasze poważne osiągnięcie (nazywany polskim modelem szkółkarstwa leśnego – PMSzL), powstawał przez wiele dziesięcioleci ubiegłego wieku.

Szkółkarstwo leśne po drugiej wojnie światowej, podobnie jak i wiele innych działów gospodarki leśnej w Lasach Państwowych, zostało odtworzone i zbudowane od podstaw. Początkowo zakładano niewielkie, czasowe szkółki gospodarcze w leśnictwach, położone w pobliżu powierzchni odnowieniowych, mające za zadanie zaspokojenie potrzeb na materiał sadzeniowy do odnowienia powierzchni leśnych i zalesienia gruntów rolnych, ograniczone w produkcji do obsługi zasięgu terytorialnego jednostki macierzystej. Takich malutkich, najczęściej kilkunastopiętrowych szkółek, znajdowało się w nadleśnictwie kilka lub kilkanaście. Uprawa gleby, siewy, pielęgnacja i ochrona hodowanego materiału rozmnożeniowego wykonywana była ręcznie lub co najwyżej za pomocą sprzężaju konnego. W powszechnym użytkowaniu znajdowały się siewniki ręczne, znaczniki, opielacze i inne proste narzędzia. Szkółkę prowadził leśniczy, od którego wiedzy i doświadczenia uzależniony był poziom, wielkość i jakość produkcji sadzonek. Wachlarz gatunkowy hodowanych sadzonek był skromny, z reguły przeważały gatunki iglaste, głównie sosna zwyczajna i świerk pospolity. Tak proste środki produkcji, oparte na pracy ręcznej, odznaczały się ogromną pracochłonnością, jednak zapewniały olbrzymią na ówczesne czasy łączną produkcję sadzonek, osiągającą blisko 4 miliardy sztuk rocznie. Wielką zaletą tego typu hodowli sadzonek były warunki wzrostu siewek, zbliżone do naturalnych, panujących w miejscach sadzenia. W latach pięćdziesiątych nastąpił znaczący rozwój nauk rolniczych i technik stosowanych w rolnictwie państwowym, od którego leśnictwo zapożyczyło wiele metod i tech-

nologii (uprawa gleby, nawożenie, szczepienia, maszyny). Zaczęły powstawać szkółki stałe, początkowo niewielkie, ale z biegiem czasu coraz większe lub tzw. szkółki zespolone, składające się z kilku mniejszych, podlegających wspólnemu zarządzaniu.

W latach sześćdziesiątych zwiększające się rozmiary powierzchniowe zalesień i odnowień oraz późniejsza reorganizacja w Lasach Państwowych, wymusiły i przyspieszyły proces wdrażania w nadleśnictwach nowych rozwiązań organizacyjnych, a także technologicznych w szkółkarstwie leśnym. Połączenie kilku nadleśnictw w jedno duże gospodarstwo leśne, mające pewną samodzielność finansową, umożliwiło koncentrację produkcji szkółkarskiej i wymusiło jej mechanizację oraz specjalizację poprzez stałe podnoszenie poziomu wiedzy (teoretycznej i praktycznej przygotowanie szkółkarzy). W latach siedemdziesiątych nastąpił dalszy rozwój szkółkarstwa i ukształtowanie się modelu wielkopowierzchniowej, centralnej szkółki, składającej się z kilku lub rzadko kilkunastu kwater o przeciętnej powierzchni około 1 hektara, rozdzielonych kulisami drzewostanu lub pasami przeciwwietrznymi. Dopracowano się również technologii produkcji szkółkarskiej, opisanej w Zasadach Hodowli Lasu, która praktycznie obowiązuje do dnia dzisiejszego. Zgodnie z nimi, hoduje się bogaty zestaw gatunków drzew i krzewów na potrzeby nadleśnictwa oraz nadzorowanych lasów niepaństwowych. W latach osiemdziesiątych nadal rozwijała się tylko wiedza związana ze szkółkarstwem. Jednak w porównaniu z nowoczesnym „zachodem”, pogłębiała się przepaść w uzbrojeniu technicznym i mechanizacji prac polowych na szkółkach oraz infrastrukturze.

Dopiero w 1989 roku, po transformacji ustroju państwa, otwarciu się na zachód i urealnieniu wartości walut wymiennalnych, nastąpiło poważne doinwestowanie szkólek leśnych w Lasach Państwowych. Główny strumień środków inwestycyjnych skierowany został na zakup maszyn i urządzeń dla szkólek otwartych, instalację deszczowni oraz budowę lub modernizację zaplecza technicznego, jak też socjalnego. Jednocześnie unowocześniano i modernizowano infrastrukturę nasiennictwa leśnego. Podjęto również na skalę gospodarczą wdrożenie technologii produkcji sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym w warunkach kontrolowanych. Pierwsza szkółka, produkująca w tej technologii, powstała w 1992 roku w Nadleśnictwie Śnieżka, a następne w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie w 1997 roku i Jabłonie w 2000 roku. W szkółkach tych zainstalowano importowane ze Szwecji maszyny, wykorzystując technologię skandynawską, a także własne doświadczenia i polską technologię, zastosowaną w latach 70. w Nadleśnictwie Nawojowa. Wyróżnikiem tego typu produkcji jest nowoczesna technologia polegająca na pełnej automatyzacji i sterowaniu kontrolowanymi warunkami wzrostu materiału sadzeniowego. Szkółki kontenerowe i zastosowane tam rozwiązania stały się motorem rozwoju szkółkarstwa leśnego, podnosząc jego poziom do porównywalnego z innymi rozwiniętymi krajami.

Obecny stan i prawdopodobne kierunki rozwojowe szkółkarstwa leśnego na następną dekadę, szczególnie w zakresie organizacyjnym i własnościowym, określa

nowy program opracowany przez dyrekcję generalną LP w ścisłej współpracy ze wszystkimi dyrekcjami regionalnymi. Można mieć nadzieję, graniczącą z pewnością, że w najbliższych latach nie nastąpią radykalne zmiany w tym zakresie, a szkółkarstwo będzie stopniowo ewoluować w kierunku dalszych ulepszeń, zmierzających do naturalizacji hodowli leśnego materiału rozmnożeniowego.

Osiągnięty stan szkółkarstwa leśnego jest więcej niż zadowalający i nie ma racjonalnych przesłanek do jego przekształceń w zakresie organizacyjno-prawnym. Konieczne natomiast są dalsze zmiany technologiczne, zwłaszcza rozszerzenie produkcji sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym, w kontrolowanych warunkach szkółek kontenerowych.

Publikacja „Szkółkarstwo kontenerowe – Nowe technologie i techniki w szkółkarstwie leśnym”, II wydanie, idealnie wpisuje się w realizowany scenariusz zdarzeń. Jest poradnikiem i jednocześnie instrukcją postępowania w szkółce kontenerowej, określającą sposoby hodowli sadzonek wielu gatunków przy wykorzystaniu nowoczesnych technologii i środków technicznych. W podręczniku zostały wykorzystane krajowe doświadczenia, które są unikalne w wielu aspektach, a autorytet autorów jest najlepszą rekomendacją dla publikacji.

WOJCIECH FONDER

Spis treści

1. Wstęp	11
2. Rozwój hodowli sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym	15
3. Przyrodnicze uwarunkowania hodowli sadzonek metodą kontenerową	18
4. Rodzaje pojemników i kryteria ich doboru	31
5. Infrastruktura szkółki	40
5.1. Budynek i budowle	41
5.1.1. Budynek linii napełniania kontenerów substratem i siewu	41
5.1.2. Kompleks nasienny	43
5.1.3. Hala przygotowywania substratów	45
5.1.4. Biuro i pomieszczenia socjalne	47
5.1.5. Pomieszczenia składowe i magazyny	48
5.1.6. Budynek hydroforni	49
5.2. Namioty foliowe i szklarnie	50
5.3. Pola produkcyjne i drogi transportowe	55
5.4. Ujęcia i zbiorniki wodne	58
5.5. Zapotrzebowanie na energię oraz zewnętrzne sieci wodne i elektryczne	61
6. Wyposażenie szkółki	61
6.1. Urządzenia do napełniania kaset substratem i siewu nasion	61
6.2. Wyposażenie namiotów foliowych	71
6.3. Urządzenia do nawadniania i nawożenia sadzonek na otwartych polach	74
6.4. Palety	76
6.5. Stelaże	77
7. Dział nasienny	78
7.1. Niezbędna infrastruktura w dziale nasiennym	81
7.2. Sprzęt do obróbki nasion	83
8. Podłoża do hodowli sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym	89
8.1. Rodzaje podłoży	89
9. Woda – jej jakość, zapotrzebowanie, sposoby tworzenia rezerw	97
9.1. Znaczenie nawadniania w szkółkarstwie kontenerowym	97
9.2. Jakość wody	98
9.3. Zapotrzebowanie na wodę i tworzenie jej rezerw	99
10. Ogólne zasady hodowli sadzonek metodą kontenerową	101
10.1. Cykl hodowlany	102
10.2. Zapotrzebowanie na nasiona	103

10.3. Przechowywanie nasion	107
10.3.1. Sosna zwyczajna	107
10.3.2. Sosna czarna	108
10.3.3. Świerk pospolity	108
10.3.4. Modrzew europejski	109
10.3.5. Jodła pospolita	109
10.3.6. Jedlica zielona	110
10.3.7. Dąb szypułkowy	110
10.3.8. Buk zwyczajny	112
10.3.9. Grab pospolity	114
10.3.10. Jesion wyniosły	114
10.3.11. Klon jawor	115
10.3.12. Klon pospolity	116
10.3.13. Lipa drobnolistna	116
10.3.14. Brzoza brodawkowata	117
10.3.15. Olsza czarna	118
10.4. Przystosowanie nasion do siewu oraz sposób siewu	118
10.4.1. Sosna zwyczajna	118
10.4.2. Sosna czarna	119
10.4.3. Świerk pospolity	119
10.4.4. Modrzew europejski	119
10.4.5. Jodła pospolita	120
10.4.6. Jedlica zielona	120
10.4.7. Dąb szypułkowy	120
10.4.8. Buk zwyczajny	121
10.4.9. Grab pospolity	123
10.4.10. Jesion wyniosły	123
10.4.11. Klon jawor	124
10.4.12. Klon pospolity	126
10.4.13. Lipa drobnolistna	126
10.4.14. Brzoza brodawkowata	127
10.4.15. Olsza czarna	128
10.5. Warunki wzrostu i rozwoju siewek	128
10.6. Rola światła w rozwoju siewek	129
10.7. Nawadnianie	131
10.8. Nawożenie	134
10.9. Ochrona sadzonek przed czynnikami biotycznymi i abiotycznymi	138
10.9.1. Choroby sadzonek	138
10.9.2. Szkodniki owadzie	141
10.9.3. Inne szkody biotyczne	142
10.9.4. Ochrona przed szkodami powodowanymi przez mróz	143
10.9.5. Przechowywanie sadzonek w chłodniach	149
11. Szczegółowa hodowla gatunków lasotwórczych metodą kontenerową	153
11.1. Warunki uprawy gatunków iglastych	153
11.1.1. Sosna zwyczajna	154
11.1.2. Modrzew europejski	155

11.1.3.	Świerk pospolity	156
11.1.4.	Jodła pospolita	157
11.1.5.	Jedlica zielona	159
11.2.	Warunki uprawy gatunków liściastych	159
11.2.1.	Dąb szypułkowy	159
11.2.2.	Buk zwyczajny	162
11.2.3.	Olsza czarna	164
11.2.4.	Brzoza brodawkowata	164
11.2.5.	Lipa drobnolistna i szerokolistna oraz grab pospolity	165
11.2.6.	Klon pospolity i klon jawor	166
11.2.7.	Jesion wyniosły	167
12.	Organizacja prac	168
12.1.	Planowanie produkcji	168
12.2.	Zapewnienie materiałów	171
12.3.	Transport wewnętrzny i zewnętrzny	175
12.4.	Utrzymanie sprawności infrastruktury	180
13.	Ekonomiczne uwarunkowania hodowli sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym w szkółkach kontenerowych	182
14.	Mikoryzacja sadzonek	193
14.1.	Znaczenie mikoryzy w życiu lasu	193
14.2.	Potrzeby mikoryzacji	202
14.3.	Metody mikoryzacji	209
14.3.1.	Metoda naturalna	209
14.3.2.	Metody mikoryzacji sterowanej	209
14.4.	Zarys technologii mikoryzacji sterowanej oraz podstawowe różnice w hodowli niemikoryzowanych i mikoryzowanych sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym	214
15.	Wyniki hodowlane z upraw doświadczalnych, zakładanych z sadzonek z odkrytym i zakrytym systemem korzeniowym, wyhodowanych różnymi technikami	220
16.	Terminy i technika sadzenia	225
17.	Zakres zastosowania sadzonek z bryłką	228
18.	Zalety i wady hodowli sadzonek z bryłką metodą kontenerową	230
19.	Projektowanie szkółek kontenerowych	234
20.	Historia rozwoju szkółkarstwa kontenerowego w Polsce	238
21.	Krajowe szkółki kontenerowe	247
22.	Literatura	248

1. Wstęp

Naturalną cechą lasu – najbardziej złożonego ekosystemu na Ziemi – jest jego samoodnawianie się. Tak było zawsze, gdyż głównym celem każdego osobnika wszystkich gatunków na Ziemi jest pozostawienie potomstwa z przekazaniem mu zestawu cech nabytych i wykształconych w procesie ewolucji – także tych, które przystosowały dany gatunek do lokalnych warunków środowiskowych. W ciągłych zmaganiach o przetrwanie każdy z dojrzałych, zdolnych do rozmnażania osobników wytwarza wielokrotnie większą liczbę zarodków (nasion) niż, wydawałoby się, potrzeba. Odnosi się wrażenie, że natura jest niezwykle rozrzutna, gdyż z nikłej zaledwie liczby nasion wyrastają dojrzałe osobniki zdolne do przekazania swoich genów i przedłużania życia gatunku. Nie jest to jednak rozrzutność, lecz ukształtowana przez miliony lat cecha, zapewniająca trwanie aż do czasu, gdy szybkość zmian otoczenia wyprzedzi możliwości przystosowania się do nich gatunku lub gdy zmiany będą miały charakter katastrof kosmicznych.

Okresowe ustępowanie i powrót gatunków wiązały się w przeszłości z naturalnymi cyklami w przyrodzie, zmianami klimatu oraz zwyczajnym zmęczeniem gleby. Z chwilą poprawy warunków gatunki wracały na utracone tereny. Zasada samoodnawiania lasu trwałaby do dziś, ale na Ziemi pojawił się człowiek, który tylko początkowo był silnie związany z ekosystemem, użytkując go umiarkowanie, co nie zagrażało jego trwałości. Wraz ze zwiększaniem się ludzkiej populacji oraz wzrostem jej potrzeb człowiek zaczął intensywnie użytkować las przekształcając go znacznie, a przy tym także jego otoczenie. Rozpowszechnienie hodowli zwierząt, a później uprawy roli było przyczyną wypierania lasu, choć z różną intensywnością, w niemal wszystkich strefach klimatycznych. Gleby – niegdyś leśne – utraciły pierwotny, specyficzny charakter. W wielu regionach uległy erozji lub daleko idącym przekształceniom, tak że dzisiaj bardzo trudno je powtórnie zalesić. Przykładem są choćby słynne wrzosowiska w Wielkiej Brytanii. Następstwem udomowienia zwierząt i rozwoju coraz bardziej wyrafinowanego rolnictwa było zwiększanie się liczby ludności. Wraz z rozwojem technicznym, technologicznym i cywilizacyjnym ludzie oczekiwali od lasu zaspokojenia wciąż rosnących potrzeb, głównie na drewno, często określonych gatunków. Przekształcano więc naturalne zbioro-

wiska leśne, by uzyskać pożądaną surowiec. Konsekwencją takiego postępowania było pojawianie się oraz rozszerzanie w krajobrazie Ziemi lasów o zubożonym lub całkowicie zmienionym składzie gatunkowym. Najwcześniej lasy naturalne przekształcono na produkcyjne w Europie, gdzie od ponad dwustu lat na wielu powierzchniach leśnych zaczęły dominować monokultury lub uprawy złożone co najwyżej z kilku, poświadczanych przez człowieka, gatunków drzew leśnych. Niemal wszystkie dzisiejsze lasy europejskie są zespołami roślinnymi ukształtowanymi przez człowieka. Nie mogły one, poza ograniczonymi przypadkami, odnawiać się samoistnie i na tyle intensywnie, aby sprostać potrzebom rozwijającej się gospodarki. Człowiek, dążąc do odnawiania poświadczanych gatunków, zaczął hodować sadzonki.

Tak narodziły się pierwsze szkółki leśne, w których początkowo hodowano sadzonki tylko kilku wybranych gatunków drzew leśnych. Były to małe, najczęściej kilkunasto- lub kilkudziesięcioarowe poletka, zlokalizowane przy leśniczówkach, na świeżo wykarczowanych gruntach leśnych. W celu hodowli niektórych gatunków, na przykład jodły, zakładano małe szkółki podokapowe. Wszystkie prace w szkółkach wykonywano ręcznie lub sprzętem konnym. Wielką zaletą tych szkółek były prawie naturalne warunki wzrostu siewek, choć zapewne nie zdawano sobie wówczas sprawy, że dzięki takiemu postępowaniu zachowywały się naturalne symbionty w glebie, a sposób uprawy nie powodował znacznej jej degradacji. Szkółki takie były liczne, lokalizowane zazwyczaj blisko miejsc sadzenia, więc w podobnych do późniejszej uprawy warunkach, co sprzyjało rozwojowi drzewek. Słabością była mała wydajność sadzonek z jednostki powierzchni i duża pracochłonność, a także niewielki wachlarz hodowanych gatunków.

Ten model szkółkarstwa leśnego przetrwał w Polsce niemalże do końca lat sześćdziesiątych XX wieku, kiedy w polskich lasach państwowych zaczęto tworzyć szkółki wielkopowierzchniowe, często zespolone, składające się z kilku powierzchni oddzielonych pasem drzewostanu. Z reguły hodowano w nich sadzonki na potrzeby całego nadleśnictwa, a także lasów niepaństwowych oraz zarzewień. Umożliwiały one kompleksową mechanizację oraz specjalizację pracy. Wzbogacano sukcesywnie ich infrastrukturę i wprowadzano coraz nowocześniejsze narzędzia. Od końca lat osiemdziesiątych XX wieku narzędzia te nie ustępowały w niczym stosowanym ówczesnie w Europie Zachodniej. Na początku trzeciego tysiąclecia podstawę hodowli sadzonek w lasach państwowych stanowi, przyjęty z początkiem lat osiemdziesiątych XX wieku, model leśnej szkółki polowej – wielkopowierzchniowej, wyposażonej w doskonałe narzędzia, deszczownie i zaplecze techniczne, coraz częściej obejmujące również przechowalnię nasion. Taki model szkółkarstwa umożliwił pełne zaspokojenie wzrastającego gwałtownie, zwłaszcza w latach 1970–1995, zapotrzebowania nadleśnictw na sadzonki. Wzrósł poziom szkółkarstwa leśnego w Polsce, zwiększyła się wydajność sadzonek z jednostki powierzchni oraz wachlarz hodowanych gatun-



Tradycyjna szkółka gruntowa

ków. Szkółkarstwo uniezależniło się od zmiennych i niesprzyjających warunków klimatycznych, a dzięki rozwojowi przechowalnictwa nasion, także od lat urodzaju. Model ten ma jednak i swoje wady, gdyż sposoby uprawy gleby i hodowla sadzonek bazuje na doświadczeniach rolnictwa lub ogrodnictwa, a nie leśnictwa. Sposób postępowania nie uwzględnia specyficznych potrzeb sadzonek drzew leśnych. Dążenie do uzyskania coraz większych plonów w pierwszej kolejności wymuszało intensyfikację nawożenia mineralnego, szczególnie azotem, kosztem nawożenia organicznego. Przy tym nazbyt często korzystano z nawozów rolniczych, których skład nie odpowiadał potrzebom drzew leśnych. Prowadziło to w konsekwencji do zachwiania proporcji składników pokarmowych w glebie (częsty nadmiar lub niedobór potasu i fosforu, deficyt magnezu i innych mikroelementów). Nieodpowiednie proporcje składników pokarmowych zaburzały rozwój siewek, co często objawiało się spadkiem ich odporności na czynniki chorobotwórcze. Po kilkunastu, czy kilkudziesięciu latach intensywnego uprawiania, nawożenia mineralnego i stosowania środków ochrony roślin gleba w takich szkółkach jest w różnym stopniu zdegradowana, pozbawiona, między innymi, typowej dla gleb leśnych flory i fauny, a sadzonki na ogół nie mają specyficz-

nych, niezbędnych do normalnego życia, symbiontów – głównie grzybów mikoryzowych. Dostrzeżono to już pod koniec lat osiemdziesiątych XX wieku. Wyhodowane w takich warunkach sadzonki, wysadzone na zdegradowanych glebach leśnych coraz częściej chorowały i zamierały, nie były bowiem zaopatrzone w szkółce we właściwe symbionty, warunkujące prawidłową ochronę sadzonek przed patogenami oraz ich odżywianie i nie napotykały na te specyficzne dla środowiska glebowego organizmy w miejscu wysadzenia. W niektórych regionach Polski, zwłaszcza u schyłku XX wieku, lasy zaczęły podlegać silnej antropresji, szczególnie zwiększającemu się zanieczyszczeniu powietrza i gleby. Z powodu silnego zakwaszania gleb leśnych ustępuje właściwe siedliskom leśnym runo, a jego miejsce w całości zajmują typowe rośliny wskaźnikowe terenów zdegradowanych, takie jak trzcinniki – piaskowy i leśny, czy orlica pospolita. Rośliny te często uniemożliwiają jakiegokolwiek odnowienie naturalne, a także niezwykle utrudniają wzrost i rozwój sadzonek wyhodowanych w szkółkach polowych.

Następstwem emisji trujących związków chemicznych jest często znaczne zniszczenie życia gleb, a to powoduje gromadzenie się w dnie lasu nierozłożonej substancji organicznej, przez co pożary lasów w coraz większym stopniu niszczą gleby leśne, potęgując ich degradację. W ostatnich kilkudziesięciu latach, statystycznie co pięć lat, nie tylko podwajała się liczba pożarów leśnych, ale obejmowały one coraz większe powierzchnie.

Sytuacja ta wymusza stosowanie sadzonek silnych, niepodatnych na szok po przesadzeniu, lepiej sobie radzących w ekstremalnych warunkach. Są one niezbędne, zwłaszcza w odnowieniach powierzchni zdegradowanych i pokłeskowych, zwiększają również efektywność w przebudowie drzewostanów ze składem gatunkowym niedostosowanym do siedliska. Takim wymaganiom sprostać mogą sadzonki z zakrytym systemem korzeniowym, hodowane w pojemnikach, mikoryzowane grzybem mikoryzowym właściwym dla gatunku, fazy rozwoju oraz miejsca wysadzenia. W opisywanych warunkach efektywne odnawianie, a przez to zachowanie ciągłości funkcjonowania lasów na wielu terenach, stało się często możliwe dopiero przy użyciu takich sadzonek.

Uwarunkowania ekonomiczne, a także – chociaż w mniejszym stopniu – organizacyjne i przyrodnicze zdecydowały o światowym rozwoju i szerokim zastosowaniu w praktyce leśnej sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym. Zarówno w świecie, jak i w Polsce tzw. szkółkarstwo kontenerowe umożliwiło wdrożenie i rozwój na skalę gospodarczą celowej, sterowanej mikoryzacji, czyli szczepienia systemów korzeniowych sadzonek biopreparatami grzybów ektomikoryzowych, niezbędnych do właściwego rozwoju drzew leśnych. Jest to kolejny, milowy krok na drodze odbudowy lasów na wielu zniszczonych obszarach Ziemi.

2. Rozwój hodowli sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym

Początki hodowli sadzonek w pojemnikach sięgają XIX wieku. Pierwotnie do tego celu używano wyłącznie pojedynczych pojemników glinianych. Z czasem zaczęto je wytwarzać także z innych materiałów: cienkich deseczek z drewna, łądy słonecznika czy bambusa. W połowie XX wieku doniczki, często zespolone już w bloki (po kilka do kilkunastu sztuk), produkowano z prasowanego torfu wysokiego, celulozy, papieru, a wraz z rozwojem przemysłu chemicznego, również z tworzyw sztucznych.

Zespolone doniczki, zwłaszcza te wielokrotnego użycia, nazwano kontenerami, a szkółki hodujące sadzonki w zespolonych doniczkach – kontenerowymi. Wprawdzie powszechnie funkcjonują, używane zamiennie, nazwy kontener i kasety, ale autorzy tego opracowania częściej będą posługiwali się określeniem **kontener**.

Początkowo doniczki (pojemniki) napełniano ziemią, często z dodatkiem kompostu. Z czasem zaczęto używać jako podłoża wyłącznie substratów, w skład których – obok torfu – wchodziła, między innymi, ściółka leśna, kora drzew iglastych, głównie sosny, rozdrobnione szyszki, lub trociny. By poprawić strukturę takiego podłoża, dodawano często do niego piasek rzeczny. W niektórych regionach Europy jako podłoże stosowano także węgiel brunatny. Na półkuli zachodniej wykorzystywano także do tego celu odpady bawełny. W Europie, w ostatnich kilkunastu latach (między innymi, z uwagi na znaczny rozwój hodowli sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym) substraty hodowlane wytwarzane są niemal wyłącznie z rozdrobnionego torfu wysokiego z dodatkiem perlitu i innych komponentów, na nowoczesnych, wysokowydajnych liniach produkcyjnych. Gotowy produkt to sprasowana kostka substratu o pojemności od kilkuset do kilku tysięcy litrów.

Początkowo pojemniki napełniano ręcznie, z czasem jednak, wraz ze



Trzyletnia sadzonka jodły z bryłką wyhodowana metodą Kosterkiewiczza (Nawojowa)

wzrostem wielkości produkcji, skonstruowano urządzenia do zasypywania, a także zagęszczania substratu, a następnie z pojedynczych urządzeń montowano ciągi technologiczne. Tak powstały zautomatyzowane linie do napełniania wielopojemnikowych kontenerów substratem, jego zagęszczania w pojemnikach, automatycznego obsiewu i przykrywania nasion.

Najpierw sadzonki hodowane były w inspektach, następnie w szklarniach, a ostatnio w klimatyzowanych tunelach okrytych podwójną folią, izolującą przed czynnikami zewnętrznymi.

W szkółkarstwie leśnym wielu krajów wykorzystywano początkowo doświadczenia z ogrodnictwa i szkółkarstwa ozdobnego. Zastosowane tam rozwiązania i wzory próbowano adaptować na potrzeby szkółkarstwa leśnego. Zainteresowanie praktyczną hodowlą sadzonek drzew leśnych z zakrytym systemem korzeniowym wywołała intensyfikacja planowej gospodarki leśnej oraz odnowień i zalesień w trudnych warunkach klimatycznych, glebowych i terenowych. Dlatego najdłuższą tradycję hodowli takich sadzonek mają w Europie kraje skandynawskie, a ze względu na przewagę terenów górskich – Austria i Francja. Nieco później stosowanie sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym zostało wdrożone w Kanadzie i Stanach Zjednoczonych. Obecnie w ten sposób hodowane są sadzonki na całym świecie. W wielu krajach szkółkarstwo kontenerowe ma znaczący udział w hodowli sadzonek drzew leśnych ogółem. Na przykład, w Norwegii, Szwecji i Finlandii sadzonki te stanowią ponad 80% ogólnej liczby hodowanych sadzonek. W świecie również corocznie rośnie udział tak hodowanych sadzonek. Ciągłe też doskonalą się narzędzia, urządzenia i technologie.

W Polsce, w Lasach Państwowych, hodowlę sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym na skalę gospodarczą rozpoczęto na początku lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku. Pionierskie prace zainicjowało u nas Nadleśnictwo Nawojowa (RDLP Kraków).

Od tego czasu w wielu szkółkach, z reguły na niewielką skalę, stosowano ten sposób hodowli sadzonek. Szkółki, ze skromną zazwyczaj infrastrukturą techniczną, korzystały przede wszystkim z pojemników wykonanych ręcznie z tworzyw sztucznych. Pod koniec lat osiemdziesiątych XX wieku do hodowli sadzonek zaczęto używać pojemników zblokowanych (tzw. kontenerów), a powstające szkółki wyposażać w coraz większym stopniu w nowoczesną infrastrukturę. W 2002 roku w polskich lasach państwowych funkcjonowały już cztery nowoczesne szkółki kontenerowe. Pierwsza powstała na początku lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku w Kostrzycy (Nadleśnictwo Śnieżka, Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych Wrocław), druga zaczęła funkcjonować w 1997 roku, w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie (RDLP Katowice). Obie powstały ze względu na potrzeby związane z odbudową lasu po wielkich kłęskach. Kolejne szkółki uruchomiono w Nadleśnictwie Jabłonna (RDLP Warszawa), w Nadleśnictwie Oleszyce (RDLP Krosno), a ostatnio w nadleśnictwach: Gidle, Bielsko i Ustroń (RDLP Katowice). Ponadto w wielu nadleśnictwach hoduje się rocznie od kilku do kilkuset tysięcy sadzonek



Szkółka w Nadleśnictwie Nawojowa – na pierwszym planie hodowla sadzonek jodły z zakrytym systemem korzeniowym

z zakrytym systemem korzeniowym, w różnych pojemnikach. W mniejszych szkółkach preferowane są kontenery styropianowe. W 2000 roku rozmiar tej hodowli stanowił zaledwie około 2% ogólnej liczby sadzonek drzew leśnych hodowanych w Lasach Państwowych, a w 2008 roku około 5%.

Rozwój hodowli sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym w szkółkach kontenerowych narzucił wiele wymagań i rygorów, nie mających takiego znaczenia w tradycyjnym szkółkarstwie polowym. Użyte nasiona muszą być najwyższej jakości i często wcześniej poddane separacji, a także tak przedsięwzięte przygotowane, aby zapewnić uzyskanie oczekiwanej liczby wschodów w określonym czasie. Następnie siewkom należy zapewnić takie warunki, aby w założonym w technologii 1-rocznym cyklu produkcyjnym (wyjątkowo 1,5-rocznym) wyhodować sadzonki o oczekiwanych parametrach i jakości. Warunkiem powodzenia hodowli sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym w szkółkach kontenerowych jest uzyskanie maksymalnej efektywności hodowlanej, gdyż nakłady inwestycyjne na nowoczesne szkółki kontenerowe są, w porównaniu z tradycyjnymi, bardzo duże. Udział amortyzacji w kosztach hodowli sadzonki z zakrytym systemem korzeniowym, szczególnie w pierwszych latach funkcjonowania szkółki, może przekraczać często 50% całości kosztów. Wdrożenie tej technologii w szkółkarstwie wywołało szybki rozwój badań, szczególnie w zakresie nasiennictwa oraz przed-

siewnej obróbki nasion. Olbrzymi dorobek w tej dziedzinie ma prof. dr hab. Bolesław Suszka wraz z zespołem z Instytutu Dendrologii Polskiej Akademii Nauk w Kórniku. Opracowania naukowe oraz doświadczenia profesora zostały z powodzeniem wdrożone w praktyce. Można stwierdzić, że rozwój szkółkarstwa kontenerowego w Polsce jest motorem postępu szkółkarstwa leśnego. Dzisiejsze szkółki kontenerowe to nowoczesne obiekty składające się z kompleksów nasiennych, linii napełniania i obsiewu, a także mechanicznego szkółkowania, tuneli foliowych, nowoczesnych systemów nawadniania, nawożenia i ochrony siewek. Towarzyszy temu infrastruktura – drogi i pola produkcyjne, chłodnie oraz przechowalnie, zbiorniki wodne, a także sprzęt – wózki widłowe, samochody wraz ze stelażami do transportu sadzonek do lasu, a także specjalnie skonstruowane kostury do sadzenia tak wyhodowanych sadzonek.

3. Przyrodnicze uwarunkowania hodowli sadzonek metodą kontenerową

Następnym, po szkółkach zespolonych, etapem ewolucji szkółkarstwa leśnego była coraz powszechniejsza, szczególnie pod koniec lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku, hodowla w warunkach kontrolowanych sadzonek z nagim korzeniem, przebiegająca w kontrolowanych warunkach klimatycznych, na różnorodnych podłożach, w tunelach lub szklarniach, niezależna od działania abiotycznych czynników środowiska. Technologię tę dość często stosowano w szkółkarstwie leśnym. Jednak sadzonki wyhodowane w „cieplarnianych” warunkach, na sztucznych podłożach, często z zaburzonym mechanizmem drewnienia, po przeniesieniu w miejsce sadzenia chorowały, długo się aklimatyzując, a duży ich odsetek zamierał. Negatywne konsekwencje dodatkowo pogłębiało przesuszenie korzeni podczas odległego transportu i, często, ich zniekształcenie przy nieprawidłowym sadzeniu. Obniżoną udatność nasadzeń obserwowano tym wyraźniej, im bardziej nieprzyjazne było środowisko, do którego trafiały sadzonki. Obserwacje te skłoniły do poszukiwań takiego sposobu hodowli sadzonek, który umożliwiłaby:

- uprawę w warunkach zewnętrznych, najbardziej zbliżonych do naturalnych;
- wyhodowanie sadzonek o oczekiwanych parametrach w jak najkrótszym czasie, zwykle już po jednym sezonie wegetacyjnym;
- intensywną, a przez to opłacalną hodowlę;
- wyeliminowanie trwałej deformacji korzeni;
- zabezpieczenie korzeni przed wysychaniem w czasie transportu;



Wnętrze namiotu foliowego – szkółka w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie; kilkudniowe siewki sosny zwyczajnej



Dwutygodniowe siewki buka zwyczajnego w namiocie – szkółka kontenerowa w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie

- znaczne ograniczenie błędów podczas sadzenia;
- wyhodowanie sadzonek o zwiększonej odporności na czynniki stresogenne;
- wydłużenie okresu sadzenia;
- uzyskanie lepszych efektów hodowlanych (udatności upraw) w trudnych warunkach.

Jako pierwsi hodowlę sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym zaczęli stosować producenci ozdobnego materiału sadzeniowego. Choć używano wielu rodzajów pojemników, wszystkie miały jedną negatywną cechę – powodowały trwałą deformację systemu korzeniowego sadzonki. Wprowadzenie takich sadzonek do upraw leśnych mogło spowodować negatywne konsekwencje. W latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku rozpoczęto więc w Lasach Państwowych poszukiwania technologii, którą można byłoby przystosować do warunków polskiego szkółkarstwa. Skorzystano ostatecznie w największym stopniu z doświadczeń skandynawskich. Wykorzystano podstawowe założenia technologiczne, z uwzględnieniem dotychczasowych doświadczeń szkółkarzy, głównie szwedzkich. Zapożyczono również nazwę – **szkółkarstwo kontenerowe**. Podstawowe założenia technologiczne, to hodowla w ciągu jednego sezonu wegetacyjnego, w pojemnikach niedeformujących systemu korzeniowego.

Przyjęta i wdrożona technologia bazuje na optymalizacji warunków wilgotnościowo-nawożeniowych siewek podczas wzrostu w sezonie wegetacyjnym, zapewniając przede wszystkim:

- stworzenie kiełkującym nasionom optymalnych warunków termicznych i wilgotnościowych;
- stworzenie rosącym siewkom optymalnych warunków wilgotnościowo-nawożeniowych;
- odpowiednie formowanie się systemu korzeniowego w trakcie wzrostu sadzonek;
- pozostawanie systemu korzeniowego w bryłce podłoża na czas przechowywania, transportu i sadzenia;
- kontrolowane inicjowanie mikoryzy systemu korzeniowego z odpowiednim, wyselekcjonowanym gatunkiem grzyba.

Proces kiełkowania nasion (podobnie jak przerwania ich spoczynku) uwarunkowany jest przede wszystkim wypadkowym oddziaływaniem wilgotności podłoża i powietrza oraz temperatury podłoża i powietrza. Decydujące w tym wypadku znaczenie ma suma ciepła dostarczona nasionom od chwili przerwania spoczynku. Do aktywnego rozpoczęcia kiełkowania nasionom drzew trzeba różnej, odpowiedniej dla danego gatunku i osobnika ilości ciepła. Poszczególne osobniki, nawet w obrębie tej samej partii nasion, wykazują w tym zakresie różne wymagania. Suma ciepła decyduje również o dynamice kiełkowania. Technologia kontenerowa opiera się na zasadzie dostarczenia takiej ilości ciepła nasionom, aby zaspokoić potrzeby najbardziej wymagających. Odbywa się to pod osłoną – w szklarni lub namiocie foliowym. W przypadku niektórych gatunków należy dodatkowo róż-



Siewki buka zwyczajnego w fazie kiełkowania (Nadleśnictwo Rudy Raciborskie)



Siewki lipy drobnolistnej dwa tygodnie po wysiewie nasion; nasiona po skaryfikacji chemicznej (Nadleśnictwo Rudy Raciborskie)

nicować temperaturę dnia i nocy. Efektem stworzenia odpowiednich dla danego gatunku warunków jest szybkie i równomierne kiełkowanie wszystkich nasion. Proces kiełkowania zostaje skrócony do niezbędnego minimum, na przykład w przypadku sosny do 6–8 dni. Znacznemu skróceniu ulega także pierwsza faza wzrostu siewek – rozwój liścieni. Ponieważ fazy kiełkowania i rozwoju liścieni przebiegają w ściśle kontrolowanych warunkach, inicjuje się je bardzo wczesną wiosną (początek marca), przez co znacząco przedłuża się sezon wegetacyjny. Tym samym siewki mają wystarczająco dużo czasu na osiągnięcie parametrów, umożliwiających ich użycie do prac odnowieniowych i zalesieniowych jesienią tego samego roku.

Siewki w fazie liścieni umieszcza się na powierzchni otwartej ze zmiennymi warunkami termicznymi, insolacyjnymi i wilgotnościowymi, dzięki czemu wykształcają normalne mechanizmy obronne i odpornościowe, ułatwiające start sadzonek po posadzeniu na uprawie leśnej. Ponadto fotosynteza na powierzchni otwartej przebiega w atmosferze niezakłóconej zmienionym widmem światła i stężeniem dwutlenku węgla w powietrzu. Przez to siewki tworzą niezbędne do wzrostu substancje: węglowodany, białka i tłuszcze, będące budulcem celulozy i ligniny, zgodnie z wymaganiami fizjologicznymi roślin. W namiocie foliowym, czy szklarni nie ma możliwości stworzenia warunków powierzchni otwartej. Wszelkie natomiast zakłócenia w procesie fotosyntezy są przyczyną zmian fizjologii sadzonek.



*Otwarte pola hodowlane z siewkami sosny zwyczajnej
(Nadleśnictwo Rudy Raciborskie)*

Po krótkim pobycie w namiocie siewki przenoszone są na otwartą powierzchnię, gdzie otrzymują tylko odpowiednią ilość wody oraz nawozów, przeważnie w postaci dolistnej. Dawki nawozu i częstotliwość nawożenia dostosowywane są do bieżących potrzeb siewek, stale monitorowanych. Nie ma zatem nawożenia na zapas. Dzięki optymalizacji warunków wilgotnościowych i troficznych oraz wydłużeniu okresu wegetacyjnego jednoroczne sadzonki osiągają zazwyczaj rozmiary sadzonek dwuletnich, uprawianych sposobami tradycyjnymi i wykształcają prawidłowe, niezbędne mechanizmy odpornościowo-obronne.



Kontener z sadzonkami sosny zwyczajnej po zakończeniu sezonu wegetacyjnego

Zagadnieniem, któremu należy poświęcić szczególnie dużo uwagi, jest dobór odpowiedniego pojemnika do hodowli. Pojedyncze pojemniki zespolone w całość po kilkadziesiąt sztuk nazywane są kontenerem. Początkowe złe doświadczenia szkółkarstwa z zamkniętym systemem korzeniowym wiązały się z niekorzystnym oddziaływaniem pojemnika na system korzeniowy sadzonki. Przejawiało się ono trwałym deformowaniem rosnących korzeni, gdyż pojemnik, najczęściej okrągły w przekroju, powodował spiralne skręcanie, a korzenie wielokrotnie się zawiąły na jego dnie. Ponadto pojemniki o zbyt małej pojemności były przyczyną niekorzystnej proporcji między wielkością części nadziemnej i podziemnej sadzonek. Wiadomo zaś, że tego typu deformacje – po zdrewnieniu korzeni na przedzimię – są nieodwracalne.

W Skandynawii drzewostany wyhodowane z sadzonek kontenerowych, ze zniekształconymi korzeniami, w wieku 15–20 lat zaczęły cierpieć od wiatrowałów, były podatne na ataki opieńki – *Armillaria* sp. Obserwacje brył korzeniowych wykazały, że tendencje do spiralnego wzrostu korzeni u nie-



Zdeformowany system korzeniowy 3-letniej sadzonki sosny to rezultat nieprawidłowej techniki sadzenia

których gatunków, nabyte jeszcze w pojemniku, były trwałe. W przypadku sosny zdeformowany w ten sposób system korzeniowy utrwał się z biegiem lat i w 10–15-letnich młodnikach stawał się węzłem – coraz grubszych z wiekiem – napierających na siebie korzeni. Oprócz negatywnego wpływu na funkcjonowanie całego drzewa, deformacja powodowała niewystarczające kotwiczenie w podłożu, co przyczyniało się do wywracania pojedynczych 20-letnich drzew rosnących na glebach murszowych. Nie wszystkie gatunki w jednakowym stopniu są zagrożone trwałą deformacją korzeni. Z dotychczasowych obserwacji w Polsce wynika, że najbardziej wrażliwym na nią gatunkiem jest sosna, a najmniej, m.in.: dąb, świerk, olcha i brzoza. Zagadnienie to wymaga dalszej obserwacji i badań. Wydaje się jednak, że podstawowym działaniem zapobiegającym deformacji systemu korzeniowego jest skrócenie okresu hodowli w pojemniku, odpowiednia budowa pojemnika oraz prawidłowa technika sadzenia.

Obecnie w polskim szkółkarstwie kontenerowym używa się pojemników nowej generacji, opracowanych przez zespół specjalistów. Na ogół pojedynczy pojemnik jest czworokątny w przekroju i ma na wewnętrznych ścianach spe-



System korzeniowy olszy czarnej, wyhodowanej metodą kontenerową, w drugim roku po posadzeniu – widoczny intensywny, prawidłowy rozwój korzeni



System korzeniowy sadzonki dębu, wyhodowanego metodą kontenerową, w drugim roku po posadzeniu – widoczny niezakłócony rozwój korzenia palowego



Ukształtowanie systemu korzeniowego sadzonki sosny zwyczajnej pod koniec okresu wegetacyjnego w szkółce



System korzeniowy sosny zwyczajnej po roku od wysadzenia – widoczny korzeń palowy

cialne, wystające listwy prowadzące. W niektórych pojemnikach są również szczeliny powietrzne, zapobiegające spiralnemu skręceniu korzeni. Wszystkie pojemniki mają ażurowe dna, przez które swobodnie mogą wyrastać korzenie. Ustawienie takich pojemników na poduszce powietrznej powoduje, że korzenie wyrastające poprzez dno i szczeliny pojemnika zamierają (tzw. podcinanie korzeni powietrzem). Ponadto, pojemność pojedynczego pojemnika została tak dobrana, aby do końca sezonu wegetacyjnego bryłka podłoża została dokładnie przerośnięta korzeniami, ale bez nadmiernego zagęszczenia. Służy to jednemu celowi – uformowaniu systemu korzeniowego sadzonki bez jakichkolwiek trwałych odkształceń, by po posadzeniu na uprawie bez zakłóceń rozpoczęła wzrost, tworząc charakterystyczny dla danego gatunku rodzaj systemu korzeniowego. (Zagadnieniu doboru pojemników poświęcony będzie kolejny rozdział niniejszej pracy).

Sadzonki uprawia się w odpowiednio skomponowanym podłożu (szerzej będzie o nim mowa dalej). Po przerośnięciu go przez korzenie otrzymuje się stosunkowo trwałą, odporną na rozpad bryłkę, chroniącą przed przesuszeniem tę najbardziej wrażliwą część sadzonki. Korzenie cienkie i ostatniego rzędu, wystawio-



System korzeniowy sosny, wyhodowanej metodą kontenerową, w trzecim roku po wysadzeniu – wyraźnie widoczny palowy system korzeniowy

ne na wysuszające działanie wiatru, zamierają już po kilkudziesięciu minutach, co prowadzi w konsekwencji do zamierania sadzonki. Na letalne przesuszenie korzeni cienkich i ostatniego rzędu sadzonki z odsłoniętym systemem korzeniowym mogą być narażone wielokrotnie podczas sortowania, transportu czy magazynowania. Ukształtowana w pojemniku bryłka podłoża nie tylko skutecznie ochrania korzenie przed wysuszeniem, ale także magazynuje spory zapas wody, co jest korzystne w przypadku wydłużenia czasu przechowywania sadzonek przed sadzeniem.

W cyklu rozwojowym siewki, ze względów przyrodniczych, można wyróżnić cztery zasadnicze fazy.

Faza intensywnego wzrostu. Zaczyna się od skielkowania nasion. Charakteryzuje się szybkim wzrostem intensywności fotosyntezy, czego efektem jest wytwarzanie znacznej ilości asymilatów o charakterze budulcowym. W tej fazie sadzonka przede wszystkim powiększa rozmiary, jest też najbardziej

wrażliwa na niekorzystne oddziaływanie środowiska biotycznego i abiotycznego.

Faza aklimatyzacji. Rozpoczyna ją moment wykształcania przez sadzonkę pączków zimowych. Obniża się stopniowo intensywność fotosyntezy i powstają asymilaty z coraz większym udziałem substancji zapasowych. Początek tworzenia przez sadzonki pączków zimowych, a tym samym początek fazy aklimatyzacji, sterowany jest wydłużającą się nocą, przy jednocześnie wysokiej jeszcze temperaturze dnia. Fotoreceptory, mieszczące się w częściach zielonych sadzonek, po odebraniu sygnału o wydłużającej się nocy, inicjują wytwarzanie specyficznych fitohormonów, decydujących o zawiązywaniu pączków zimowych i wzroście odporności sadzonek. Jeżeli w tym czasie występuje duża amplituda pomiędzy temperaturami dnia i nocy, działanie fitohormonów potęguje się, przez co szybciej zachodzą procesy aklimatyzacyjne. Faza aklimatyzacji kończy się uzyskaniem przez sadzonkę tzw. dojrzałości wegetacyjnej. Od tej chwili światło w procesach aklimatyzacyjnych przestaje odgrywać jakąkolwiek rolę.

Faza spoczynku bezwzględnego. Rozpoczyna się samoistnie i nieodwracalnie po uzyskaniu przez sadzonkę dojrzałości wegetacyjnej. W miarę ochładzania

się powietrza sadzonka nabiera coraz większej odporności na niskie temperatury. Proces ten przebiega stabilnie i stopniowo nawet przy silnych spadkach temperatury – nie można na niego wpływać, sterować nim, ani też przerywać. Faza ta prowadzi do osiągnięcia maksymalnej, charakterystycznej dla gatunku i osobnika, odporności na mróz. Ma także różną u poszczególnych gatunków długość – trwa 6, 8, a nawet 10 tygodni.

Faza spoczynku względnego. Trwa od momentu osiągnięcia największej odporności sadzonki na niską tempe-

Systemy korzeniowe sadzonek dębu, od lewej: dwuletniej ze szkółki gruntowej, jednorocznej ze szkółki kontenerowej i kontenerowej rok po wysadzeniu



Trzytygodniowe siewki buku zwyczajnego



Kilkutygodniowe siewki modrzewia tuż przed wywiezieniem z namiotu na otwarte pola hodowlane



Trzytygodniowe siewki jarzębu pospolitego przed wywozem na otwarte pola hodowlane (Nadleśnictwo Rudy Raciborskie)



Dwumiesięczne siewki dębu szypułkowego na otwartym polu hodowlanym

raturę, poprzez której działanie jest uwarunkowana. Stopniowy wzrost temperatury otoczenia powoduje również stopniowe obniżanie się odporności sadzonki na mróz. Spoczynek względny ustępuje całkowicie przy temperaturze powyżej 2°C, dzięki czemu tę fazę można w dowolnym momencie przerwać. Znamienne przy tym, że o ile rozpoczęcie uzyskiwania przez sadzonki odporności zimowej uwarunkowane jest temperaturą w powiązaniu z odpowiednim układem świetlnym, o tyle przerwanie okresu spoczynku zależy wyłącznie od temperatury.

Rozpatrując przyrodnicze uwarunkowania kontenerowej hodowli sadzonek z zamkniętym systemem korzeniowym, należy zwrócić uwagę na odmienną fizjologię i cykliczność wzrostu



Gotowe do wysadzenia sadzonki buka zwyczajnego po zakończeniu sezonu hodowlanego w szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Rudy Raciborskie – fot. K.A.



*Sadzonki dębu szypułkowego zimujące w szkółce kontenerowej
Nadleśnictwa Rudy Raciborskie*



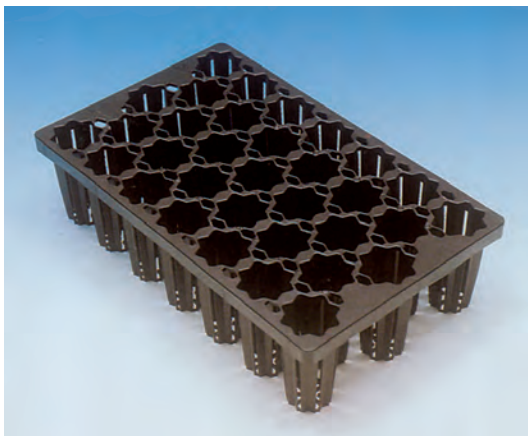
*Jednoroczne sadzonki świerka pospolitego zimujące w szkółce kontenerowej
Nadleśnictwa Rudy Raciborskie*

części nadziemnej (pędu) i podziemnej (korzenia). Stymulatorami rozwoju pędu są temperatura i światło, toteż pęd rozwija się przez cały okres wegetacyjny, osiągając ekstremum w jego połowie, kiedy jest najcieplej, a dzień najdłuższy (kulminacja fotosyntezy). Odmienne reagują korzenie, gdyż jedynym stymulatorem ich wzrostu jest temperatura podłoża – kiedy osiągnie temperaturę około 6°C, rozpoczyna się wzrost, a jego tempo nasila się w miarę zwiększania się temperatury. Jednak kiedy rozwój części nadziemnej zaczyna gwałtownie przyspieszać, by osiągnąć swe maksimum, korzenie wyhamowują swój rozwój ograniczając się do zapewniania pędowi odpowiedniej ilości wody i składników pokarmowych. Pełnią więc wobec pędu rolę usługową. Dopiero kiedy część nadziemna zaczyna – pod wpływem skracającego się dnia – coraz wolniej przyrastać, korzeń ponownie inicjuje rozwój, osiągając apogeum późną jesienią. Dynamika jesienniego wzrostu korzeni systematycznie spada wraz z obniżaniem się temperatury. Warto pamiętać, że jesienią kulminacja wzrostu korzeni jest większa od wiosennej. Zjawisko to wykorzystuje się przy doborze terminów sadzenia i szkółkowania.

4. Rodzaje pojemników i kryteria ich doboru

Główne zadanie, jakie powinien spełniać pojemnik w szkółkarstwie leśnym, to umożliwienie wyhodowania silnej sadzonki z korzeniami otoczonymi substratem. Wielkość bryłki (pojemnika) jest wypadkową potrzeb fizjologicznych hodowanego gatunku, warunków wzrostu, czasu przebywania (hodowli) sadzonki w pojemniku oraz kosztów produkcji. Na wstępie zatem należy sprecyzować wymagania co do wieku i wielkości sadzonek oraz ich przeznaczenia.

Sprawą niezwykle istotną jest właściwy dobór kształtu pojemnika i jego budowy, aby ograniczyć niebezpieczeństwo deformacji systemu korzeniowego, mającego negatywny wpływ na stabilność drzewostanów. Tak więc pojemnik powinien mieć taki kształt, budo-



Pojemniki najnowszej generacji, typu PATH, używane przez szwedzką firmę NOMEKO

wę i pojemność, aby jak najmniejszym kosztem wyhodować sadzonkę o oczekiwanych parametrach, z niezdeformowanym, prawidłowo ukształtowanym systemem korzeniowym. Takie sadzonki po posadzeniu w miejscu przeznaczenia powinny szybko związać się korzeniami z glebą i wykazywać dużą dynamikę wzrostu.

Dla przykładu, hodowla jednolatek sosny nie wymaga stosowania dużego pojemnika. W szkółkach skandynawskich jego objętość dla tego gatunku rzadko przekracza 100 ml. W Polsce, ze względu na dłuższy okres wegetacyjny, używa się większych, o objętości 100–200 ml. Obszerniejszych pojemników z reguły używa się do hodowli gatunków liściastych.

Ze względu na kształt, budowę i rodzaj użytego materiału, w praktyce leśnej spotyka się bardzo różnorodne pojemniki. Prezentując obecnie stosowane, dla ułatwienia dzielimy je dodatkowo na: wykonane z materiałów organicznych i tworzyw sztucznych, a także na jednokrotnego użytku oraz wykorzystywane wielokrotnie.

Pojemniki torfowo-celulozowe. Głównym surowcem do ich produkcji jest torf (około 72% udziału), celuloza (25% udziału), a także nawozy i substancje wiążące; mogą być pojedyncze lub zespolone, sporządzone jako wyłoczeki o przekroju kwadratowym i kształcie ściętej piramidy. Pierwszym i głównym ich producentem są kraje skandynawskie. Okres hodowania sadzonek w tych pojemnikach trwa nie dłużej niż jeden sezon wegetacyjny. Ścianki pojemników szybko ulegają rozpadowi, a ich mała trwałość jest zarówno zaletą, jak i wadą. Korzenie najczęściej już



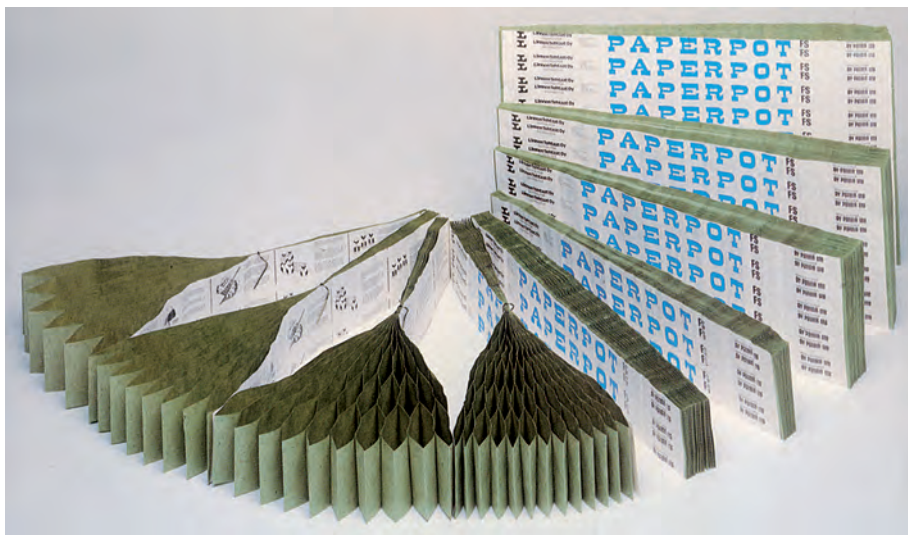
*Pojedyncze
pojemniki
torfowe Jiffy*

**Zespolone
pojemniki torfowe
Jiffy, czworokątne
w przekroju**



w trzecim miesiącu swobodnie je przerastają, dzięki czemu nie deformuje się system korzeniowy, pod warunkiem jednak wysadzenia w odpowiednim czasie w miejscu docelowym.

Pojemniki z kartonu lub papieru – typu Paperpot lub Bio-Container. Są to pojedyncze (różnych kształtów), albo zespolone pojemniki, wykonane z impregnowanego papieru lub kartonu. Ich trwałość zależy od rodzaju impregnatu, ale na ogół nie przekracza 8–10 miesięcy. Hoduje się w nich docelowo jednoroczne sadzonki, albo – między innymi – używa do hodowli 10–12-tygodniowych siewek



Pojemniki PAPERPOT firmy LANNEN z Finlandii

świerka lub jodły, szkółkowanych po tym okresie do większych i trwalszych pojemników. Pojemniki typu Paperpot to sklejone miejscowo paski papieru nasyczonego impregnatem (na przykład parafiną), które po rozciągnięciu wyglądają jak plaster miodu. W tej formie, po umieszczeniu ich w specjalnych skrzynkach, są gotowe do napełnienia substratem.

W Polsce sadzonki z bryłką hodowano także w skrzynkach drewnianych, przegrodzonych wewnątrz cienkimi płytami drewna. Prekursorem takiej hodowli sadzonek w Lasach Państwowych był nadleśniczy Jan Kosterkiewicz z Nadleśnictwa Nawojowa. Z czasem skrzynki drewniane dzielone paskami forniru zastąpiono skrzynkami z tworzyw sztucznych, a fornir – paskami lub otoczkami z twardej folii.

Pojemniki z tworzyw sztucznych. Większość obecnie stosowanych pojemników produkowana jest z tworzyw sztucznych, głównie polietylenu (PE) lub polipropylenu (PP). Drugą grupę tworzą pojemniki z utwardzonego, piankowego polichlorku winylu (styropian). Z materiałów tych wykonywane są zarówno pojemniki pojedyncze, jak i zespolone. Wytwarzane są także różnego rodzaju woreczki – z miękkiej i twardej folii (tych ostatnich nie zaleca się stosować w leśnictwie).

Zestawy pojemników z PE lub PP, zwane kontenerami lub kasetami, są wytwarzane co najmniej od 30 lat. W Europie najstarszymi i zarazem największymi



Pojemniki pomysłu Kosterkiewicza, stosowane od lat 60. w Nadleśnictwie Nawojowa

***Kontenery
styropianowe
V-200 cm³
na polach
hodowlanych
w szkółce
Nadleśnictwa
Gidle***



ich producentami są, między innymi, firmy: Nordpass (Szwecja), Lannen (Finlandia), czy nieco później BCC (Szwecja), a ostatnio Tubus Rymařov (Czechy), a także wiele firm holenderskich i duńskich. W ostatnich latach pojawili się również polscy producenci kontenerów styropianowych („Marbet” Bielsko Białe).

Pierwsze pojemniki miały przekrój okrągły oraz gładkie ściany wewnętrzne. Powodowało to spiralny rozwój korzeni sadzonki i trwałą deformację systemu korzeniowego, który po kilkunastu latach – już w uprawie – często przybierał postać wężła (dotyczyło to sosny w uprawach w Finlandii, co jeden z autorów – K. Szabla – naocznie stwierdził).

Budowę pojemników systematycznie doskonalono. Doprowadzono ostatecznie do ich kwadratowego przekroju i stopniowego zwężania się ku dołowi, z doda-



Kontener typu HICO o pojemności pojedynczej doniczki 370 cm³



Kontener szwedzkiej firmy BCC o pojemności pojedynczej doniczki 265 cm³

niem kilku listew prowadzących korzenie oraz otworów wentylacyjnych między narożnikami pojemnika oraz ażurowego dna.

Dla wielu gatunków było to jeszcze niedostateczne zabezpieczenie przed deformacją korzeni. Dlatego pojemniki nadal udoskonalano, dodając 1–2-milimetrowe szczeliny w ściankach bocznych pojemnika, przez które korzenie mogą swobodnie przerastać, a po zetknięciu się z powietrzem zamierają (tzw. cięcie powietrzem).

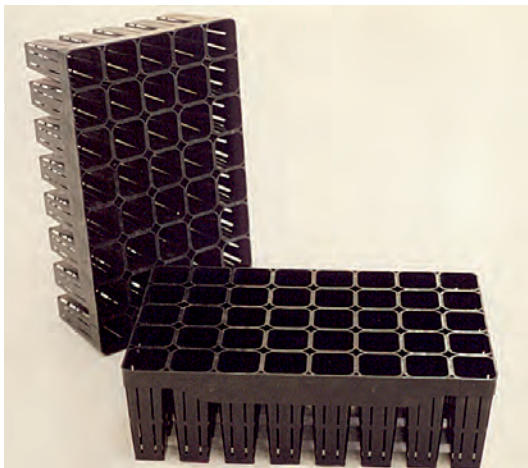
Konstruktorzy nie spoczęli na laurach i nadal udoskonalają produkt. W ostatnich latach skonstruowano kontenery z pojemnikami o przekroju zbliżonym do ośmioramiennej gwiazdy, o stożkowym kształcie, ażurowe, z licznymi szczelinami bocznymi, najlepiej chroniący system korzeniowy przed deformacją. Jednak i te konstrukcje nie są całkowicie pozbawione wad. Główną, poza małą trwałością i „delikatnością” konstrukcji, jest silne przesuszenie w nich substratu, co w naszej strefie klimatycznej ogranicza ich zastosowanie.

Większość pojemników produkowanych przez różne firmy ma zunifikowane wymiary zewnętrzne (długość i szerokość), dostosowane do linii technologicznych. Obecnie w wielu krajach Europy najczęściej używa się kontenerów o wymiarach zewnętrznych 350 x 215 mm, wysokości od 50 do 200 mm i pojemności pojedynczego pojemnika od 50 do 500 cm³. Są to głównie kasety firmy: Nordpass i BCC (Szwecja) oraz Tubus Rymařov (Czechy). Firma Lannen (Finlandia) produkuje kontenery o wymiarach 300 x 400 mm.

W Polsce, w trzech szkółkach kontenerowych (nadleśnictwa: Śnieżka, Rudy Raciborskie i Jabłonna), stosowane są najczęściej trzy typy kontenerów z polipropylenu, o jednakowej długości i szerokości, lecz różnej budowie. Rodzaje pojemni-

ków dobrano zgodnie z potrzebami gatunków hodowanych przez wymienione szkółki:

- do sosny stosowane są kontenery z 40 pojemnikami, o objętości każdego 120 cm³ i głębokości 110 mm;
- do pozostałych gatunków kontenery z 28 pojemnikami, o objętości pojedynczej celi 265 cm³ i głębokości 150 mm;
- ponadto w Nadleśnictwie Śnieżka do większości hodowanych tam gatunków (poza sosną) stosuje się kontenery 15-pojemnikowe, z objętością celi 350 cm³ i głębokością 120 mm.



Kontener szwedzkiej firmy BCC o pojemności pojedynczej doniczki 120 cm³ – widoczna ażurowa konstrukcja

Sadzonki jodły oraz, częściowo, świerka hodowane są z reguły w cyklu dłuższym niż rok. Nasiona świerka najpierw wysiewa się do kaset małych (np. Hico o pojemności 50 cm³), a następnie – po związaniu bryłki przez korzenie, co trwa 10–14 tygodni – siewki przesadza się do pojemników o większej objętości.

W wielu szkółkach do hodowli 2-, 3-, a nawet 4-letnich sadzonek używa się pojedynczych pojemników o kształcie prostopadłościanów i objętości od 500 do 1000 cm³ oraz wysokości 20 cm (np. francuskiej firmy ROBIN PEPINIERES). Pojedyncze pojemniki umieszczane są zazwyczaj w typowych skrzynkach plastikowych, jakich używa się w ogrodnictwie i warzywnictwie.

Pojemniki zblokowane (kontenery), w formie kaset z polipropylenu lub podobnego tworzywa, powinny:

- zapewniać warunki najbardziej sprzyjające niezakłóconemu wzrostowi i rozwojowi systemu korzeniowego;
- mieć dużą wytrzymałość mechaniczną, umożliwiającą ich użytkowanie przez około 10 lat;
- być odporne na działanie skrajnej temperatury w przedziale od –30° do 120°C (kontenery używane do hodowli sadzonek mikoryzowanych powinny być sterylizowane w wysokiej temperaturze), środków chemicznych używanych w hodowli sadzonek oraz do dezynfekcji kontenerów, a także na działanie promieni UV;
- umożliwiać takie składanie, by zminimalizować niezbędną przestrzeń składowo-transportową;
- zapewniać swobodne wyjmowanie bryłki korzeniowej z pojemnika.



Ażurowe pojemniki stosowane do hodowli w Niemczech



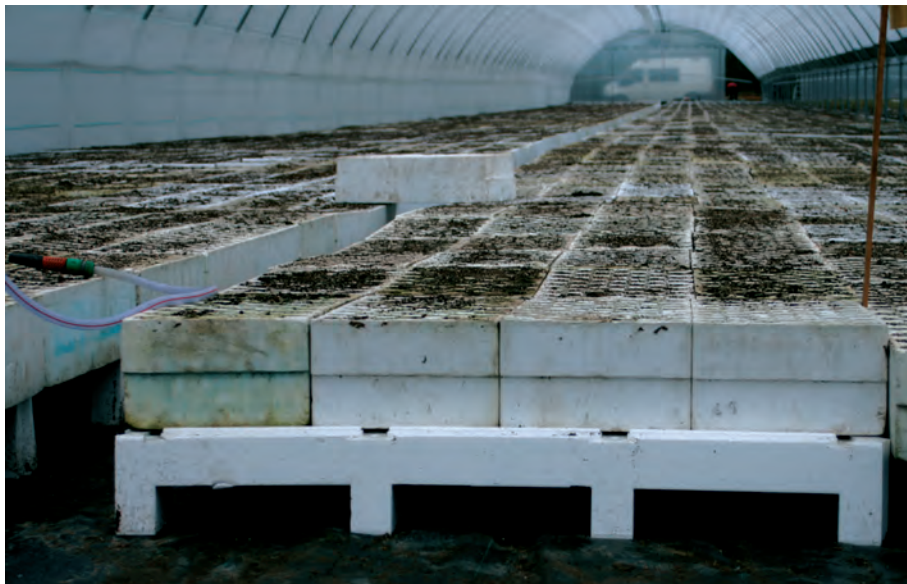
Ażurowe pojemniki do hodowli gatunków iglastych, stosowane obecnie w Niemczech

Przedstawione pojemniki są szczególnie przydatne w szkółkach o znacznym stopniu mechanizacji i automatyzacji prac oraz wielomilionowej hodowli rocznej.

Drugą grupę pojemników z tworzyw sztucznych, ze względu na surowiec, stanowią pojemniki ze styropianu. Z reguły są one zespolone w kontenery. Produkuje się je i używa w krajach skandynawskich, Francji, Holandii i Danii. Zasadniczą zaletą tych pojemników, w odróżnieniu od polipropylenowych, jest nieco lepsza ochrona systemu korzeniowego przed przemarzaniem, w trakcie gwałtownych spadków temperatury w bezśnieżne zimy, a także przesychnięciem substratu podczas letnich upałów. Styropian znacznie łagodzi skoki temperatury bryłki korzeniowej w okresie wegetacji. Skandynawskie kasety ze styropianu mają cełe o przekroju kwadratu i służą prawie wyłącznie do hodowli jednorocznej sosny. Kasety francuskiej

firmy ROBIN, o wymiarach 650 x 312 mm mają cełe okrągłe, głębsze, z większą pojemnością (od 200 do 400 cm³), o zwężającym się ku dołowi kształcie. Na ściankach pojemników znajdują się listwy prowadzące korzenie. Dzięki temu są lepiej przystosowane do hodowli gatunków liściastych oraz iglastych w wydłużonym cyklu. Kontenery z sadzonkami, ułożone jak klocki Lego, można przewozić, bez dodatkowego oprzyrządowania, dowolnym środkiem transportu, co znacznie obniża koszty przewozu materiału sadzeniowego ze szkółki do odbiorców.

W kontenerach styropianowych dodatkowym zabezpieczeniem przed deformacją systemu korzeniowego jest pokrywanie ścianek pojemników związkami miedzi, które powodują obumieranie stykających się z nimi stożków wzrostu korzeni. Kontenery tego typu stosuje się w szkółkach hodujących od kilkuset tysięcy



Styropianowe podkładki pod kontenery

do 2–3 milionów sadzonek rocznie, gdyż w cyklu technologicznym część operacji wykonuje się ręcznie. W czasie hodowli sadzonek niepotrzebne są palety, gdyż kontenery układa się na drewnianych lub styropianowych listwach o wysokości około 7 cm. W pojemnikach styropianowych system korzeniowy nie przerasta tak silnie bryłki, co wiąże się głównie z jej mniejszą, niż w kasetach z PP/PE, temperaturą w okresie wegetacji.

W kontenerach styropianowych hoduje się głównie gatunki liściaste i szkółkowaną jodłę oraz świerka. Ze względu na 2–3-centymetrową odległość między otworami pojemników siewki mają większą przestrzeń życiową w kasetach, a przez to lepsze warunki wzrostu. Sprzyja to hodowli gatunków o wydłużonym okresie wschodów.

Wybór rodzaju oraz kształtu pojemników zblokowanych w kontener jest pierwszoplanowym i podstawowym działaniem. Pojemnik musi być bardzo dobrze dobrany do gatunku i cyklu hodowlanego. Rodzaj pojemnika wpływa na dobór technologii stosowanej na szkółce.

Do założonego, docelowego rozmiaru hodowli sadzonek należy przewidzieć użycie większej niż teoretyczna liczby kontenerów, gdyż nigdy nie uzyskuje się 100% udatności. Z dotychczasowej, kilkuletniej praktyki w szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Rudy Raciborskie z zastosowaniem kontenerów z PE wynika, że w celu uzyskania założonego rozmiaru hodowli przy praktycznie uzyskiwanej wy-

dajności należy zwiększyć obsiew (a tym samym liczbę pojemników) podanych niżej gatunków o następujący procent:

- sosna zwyczajna (praktyczna wydajność 90%) – o 11% (mnożnik 1,11),
- buk zwyczajny (przy siewie po jednym orzeszku w stanie podkiełkowanym i 65% praktycznej wydajności) – o 54% (mnożnik 1,54),
- modrzew europejski i świerk pospolity (praktyczne wydajności obu gatunków 85%) – o 18% (mnożnik 1,176),
- dęby rodzime – szypułkowy i bezszypułkowy (praktyczna wydajność 60%) – o 67% (mnożnik 1,67),
- brzozy – brodawkowata i omszona (praktyczna wydajność około 75%) – o 33% (mnożnik 1,333),
- pozostałe gatunki liściaste (przy praktycznej wydajności na poziomie 65–70%) – o 33–43% (mnożnik od 1,333 do 1,423).

Obsiew trzeba koniecznie zwiększyć o podane wskaźniki zarówno dla nasion o zdolności kiełkowania powyżej 97% jak i dla nasion podkiełkowanych. Przez wydajność należy rozumieć liczbę sadzonek, które spełniają wymagania stawiane przez normy jakości. Nie ma jeszcze tego typu doświadczeń z hodowli w kontenerach z utwardzonego styropianu, wydaje się jednak, że – w wypadku kontenerów styropianowych – nadmiary obsiewu, szczególnie gatunków liściastych, mogą być istotnie obniżone. Większa przestrzeń w kontenerach typu ROBIN stwarza lepsze szanse siewkom kiełkującym z dużym opóźnieniem, dzięki czemu nie zostaną one zagłuszone przez siewki sąsiednie, które pojawiły się wcześniej.

Przy planowaniu zakupu kontenerów należy uwzględnić termin wysadzenia sadzonek. Gdy robimy to wiosną, liczbę niezbędnych kontenerów należy podwoić, ponieważ w polskich warunkach siewy często musimy rozpocząć przed zwrótem pustych kontenerów z terenu. Trzeba również liczyć się z naturalnym ubytkiem kaset (uszkodzenia mechaniczne, kradzieże, niezwrócenie przez odbiorców) – w pierwszym roku 0,5%, w drugim 2%, w trzecim 4% i założyć, że będzie się zwiększał w kolejnych latach. W przypadku kontenerów z polipropylenu trzeba wziąć pod uwagę konieczność całkowitej wymiany w okresie 8–10 lat.

5. Infrastruktura szkółki

Kontenerowa hodowla sadzonek drzew i krzewów leśnych odbywa się w cyklu produkcyjnym skróconym do jednego, najwyżej dwóch okresów wegetacyjnych. W związku z tym trzeba wyposażyć szkółkę w niezbędną infrastrukturę, do której należy: stacja oceny nasion, pomieszczenia do przyjmowania, obróbki, przechowywania i przysposabiania nasion do siewu, magazyny na środki produkcji, nawo-

zy i środki ochrony roślin, biuro, namioty foliowe lub szklarnie, komunikacja wewnętrzna i drogi transportowe, pola produkcyjne, ujęcia i zbiorniki wodne, stacja pomp i zewnętrzne sieci wodne, elektryczne i inne.

5.1. Budynek i budowle

Liczba obiektów, ich powierzchnia i kubatura oraz rozmieszczenie pomieszczeń zależy od rozmiaru hodowli, jej struktury gatunkowej, cyklu produkcyjnego oraz przyjętej technologii, a nawet rodzaju użytych pojemników. Nie bez znaczenia jest także, czy i w jakim zakresie nasiona będą przygotowywane do wieloletniego przechowywania i przysposabiane do siewu na szkółce, czy poza nią. Ponadto, już na wstępie, trzeba zdecydować, czy substraty do hodowli sadzonek w pojemnikach będą przygotowywane w szkółce, czy też dostarczane z zewnątrz w gotowej do użycia postaci.

Bez względu na ostateczną decyzję, której podstawą są przede wszystkim czynniki ekonomiczne i organizacyjne, w kompletnie wyposażonej i całkowicie samowystarczalnej szkółce kontenerowej muszą funkcjonować obiekty budowlane o ściśle określonym przeznaczeniu:

- budynek linii napełniania kontenerów substratem i siewu,
- kompleks nasienny,
- hala przygotowywania substratu,
- biuro oraz pomieszczenia socjalne,
- pomieszczenia składowe i magazyny,
- budynek hydroforni,
- namioty foliowe lub szklarnie,
- pola produkcyjne i drogi transportowe,
- ujęcia wodne i zbiorniki,
- sieci wodne i elektryczne.

5.1.1. Budynek linii napełniania kontenerów substratem i siewu

Kubaturę budynku determinują wymiary i komplementarność linii, zależne z kolei od przyjętej wydajności hodowli oraz stopnia zautomatyzowania czynności. Linie mogą tworzyć: myjnia i podajnik kaset, urządzenie do zasypywania ich substratem, siewniki i wiele innych, automatycznych urządzeń (omówionych w rozdziale 6).

W budynku produkcyjnym powinien być również umieszczony zasobnik na substrat. Może być zlokalizowany poniżej poziomu posadzki, co ułatwia napełnianie, ale utrudnia czyszczenie. Może też być ustawiony na poziomie posadzki. Jego



Automatyczna linia napełniania kontenerów i siewu nasion w szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Rudy Raciborskie

pojemność uwarunkowana jest wydajnością linii napełniania, siewu oraz organizacją pracy, a także wyposażeniem szkółki. Budynek mieszczący linię powinien mieć co najmniej dwie bramy – na początku i końcu linii technologicznej. Ich wysokość i szerokość trzeba dostosować do gabarytów wózków widłowych i przewożonych elementów. Bramy muszą umożliwiać swobodny ruch wózków widłowych ze stelażami, paletami i kasetami. Bramy i drogi przejazdu nie powinny ze sobą kolidować.

W budynku (lub obok niego) niezbędne jest, odpowiednio dostosowane, pomieszczenie na sprężarki. Posadzki muszą być utwardzone, przystosowane do ruchu wózków widłowych lub innego sprzętu. Budynek powinien być dobrze oświetlony ze względu na stanowiska pracy ręcznej, a także ogrzewany z uwagi na pracę wczesną wiosną, a nawet w warunkach zimowych, gdyż w takim terminie napełnia się kasety substratem pod późniejszy, ręczny wysiew nasion.



Automatyczna linia napełniania kontenerów – na pierwszym planie zasobnik na substrat umieszczony pod poziomem posadzki, na drugim podajnik ślimakowy (Nadleśnictwo Rudy Raciborskie)

5.1.2. Kompleks nasienny

W całkowitych kosztach hodowli sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym metodą kontenerową udział amortyzacji sięga często 50 lub więcej procent. Duże znaczenie ma więc efektywność produkcji (udatność sadzonek). Dlatego trzeba dążyć, by w każdym pojemniku kontenerów rosła sadzonka. Z tego powodu nasiona używane do hodowli sadzonek w szkółkach kontenerowych muszą być bardzo dobrej jakości, przygotowane metodami gwarantującymi równomierne i liczne wschody. Tak ostre kryteria nie są konieczne w tradycyjnym szkółkarstwie polowym, gdzie w przypadku nasion gorszej jakości, lecz w dostatecznej liczbie, ich



***Komory
chłodnicze do
przechowywania
i stratyfikacji
nasion w szkółce
kontenerowej
Nadleśnictwa
Rudy Raciborskie
– fot. K. A.***

słabsze kiełkowanie rekompensuje się zwiększoną normą wysiewu. Szczegółowe sposoby postępowania z nasionami na potrzeby szkółek kontenerowych opracował prof. dr hab. Bolesław Suszka, który wiedzę w tej materii zawarł w podręczniku pt.: „*Nowe techniki i technologie w nasiennictwie leśnym*”.

Wielkość i wyposażenie kompleksu nasiennego zależy od zróżnicowania gatunkowego i rozmiaru planowanej hodowli. Przyjmując, że w szkółce będą hodowane sadzonki wszystkich podstawowych gatunków lasotwórczych drzew oraz krzewów, w kompleksie nasiennym trzeba wygospodarować, między innymi, pomieszczenia do przyjmowania nasion, ich oczyszczania oraz podsuszenia (w odniesieniu do żołądki również termoterapii), zespołu chłodni, komór stratyfikacyjnych, a także komory do zamrażania podkiełkowanych po stratyfikacji nasion.

Dział nasienny powinien być osobno zaprojektowany dla każdej szkółki. W celu zapewnienia sprawnego funkcjonowania każdej szkółki kontenerowej niezbędna jest dobrze funkcjonująca stacja oceny nasion, wyposażona w dobry sprzęt laboratoryjny oraz urządzenia do czyszczenia, separacji i otoczkowania nasion.

5.1.3. Hala przygotowywania substratów

W Polsce nie ma dużych zasobów torfu wysokiego o niskim stopniu rozkładu (poniżej 20%), małym udziale węglanek i znacznej pojemności powietrznej. Firmy użytkujące krajowe złoża preparują powszechnie substraty dla ogrodnictwa, które są nieprzydatne w szkółkarstwie leśnym. Jakość substratu w hodowli sadzonek metodą kontenerową odgrywa istotną rolę. Obecnie używa się substratów, których głównym składnikiem jest torf wysoki. Wobec braku na polskim rynku sprawdzonych substratów, odpowiednich do hodowli w szkółkarstwie leśnym, w Nadle-



Zestaw urządzeń dozujących składniki substratu – linia do produkcji substratu w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie



Hala do produkcji substratów torfowych w szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Rudy Raciborskie – widoczne urządzenie do prasowania i pakowania w worki gotowego substratu

śnictwie Rudy Raciborskie uruchomiono linię do przygotowania substratów na potrzeby szkółkarstwa leśnego Lasów Państwowych. Linię tę tworzą: zasobnik oraz przesiewacz torfu oddzielający frakcje większe niż 20 mm, trzy zasobniki z dozownikami komponentów (np. perlit lub wermikulit, wapno, nawozy), urządzenie do mieszania komponentów, zespół podajników taśmowych oraz urządzenie do prasowania substratu i pakowania w worki. W skład linii wchodzi także urządzenie z wytwornicą gorącej pary wodnej do sterylizacji torfu.

Szybko rosnące potrzeby Lasów Państwowych na wysokiej jakości substraty hodowlane powodują, że wytwórnia substratów w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie z trudem zaspokaja zapotrzebowanie. Rodzi to potrzebę zakupu i magazynowania znacznych ilości surowego torfu – stąd obiekt został ostatnio wyposażony w duży plac magazynowy.

Wytwarzany substrat musi charakteryzować się – oprócz innych, ważnych cech opisanych w rozdziale 8 – niską wilgotnością i być sprasowany w baloty o wadze nie przekraczającej 30 kg, z uwagi na konieczność ręcznego przenoszenia w szkółkach o małej mechanizacji.

5.1.4. Biuro i pomieszczenia socjalne

Szkółki kontenerowe to z reguły duże obiekty, w których hodzi się od kilku do kilkunastu milionów sadzonek rocznie. Do organizacji i realizacji hodowli, ewidencji czynności gospodarczych, czy też dystrybucji sadzonek niezbędna jest odpowiednia obsada kadrowa. Stąd konieczność zaprojektowania pomieszczeń biurowych.



Budynek socjalno-produkcyjny szkółki kontenerowej w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie

wych, których liczba i wyposażenie zależy od tego, czy szkółka jest zakładem niezależnym, z samodzielną pełną księgowością i sporządzaniem corocznego bilansu, czy też jedną z komórek organizacyjnych większego podmiotu gospodarczego, np. nadleśnictwa. Wielkość pomieszczeń biurowych i socjalnych zależy od liczby zatrudnionych w szkółce pracowników.

5.1.5. Pomieszczenia składowe i magazyny

Niektóre materiały służące do hodowli oraz sprzęt wrażliwy na działanie czynników atmosferycznych (np. wózki widłowe) muszą być przechowywane w pomieszczeniach lub pod zadaszeniem. Środki chemicznej ochrony roślin, a także niektóre nawozy (np. płynne) należy przechowywać w odpowiedniej temperaturze, w pomieszczeniach zamkniętych, zgodnie z ustalonymi zasadami bezpieczeństwa. Gdy używa się metalowych stelaży i zabezpieczonych antykorozyjnie palet, można je składować na wolnym powietrzu. Przy używaniu kontenerów wrażliwych na działanie promieniowania UV, trzeba magazynować je pod zadaszeniem.



Plac magazynowy do składowania surowego torfu i gotowego substratu w szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Rudy Raciborskie

Magazynów na substrat można nie budować, wykorzystując do tego celu tunele foliowe, które zazwyczaj stoją puste od połowy lata do wiosny następnego roku. Temperatura powietrza wewnątrz namiotu bywa zwykle większa niż na zewnątrz. Ponadto, dzięki nagrzewnicom wykorzystywanym do utrzymywania temperatury tuneli w cyklu hodowlanym, można ogrzać ich wnętrza, co chroni substrat przed zamarznięciem i umożliwia użycie go w miesiącach zimowych. Namioty opróżnia się sukcesywnie, w miarę ustawiania w nich obsianych kaset.

Przykładem szczególnym jest szkółka kontenerowa Nadleśnictwa Rudy Raciborskie. Oprócz szkółki w skład gospodarstwa wchodzi wytwórnia substratów torfowych dla wszystkich szkółek kontenerowych w Polsce.

5.1.6. Budynek hydroforni

Powinien być izolowany termicznie i ogrzewany, gdyż często cykl hodowli sadzonek rozpoczyna się już z początkiem marca, kiedy spadki temperatury powietrza poniżej 0°C nie są czymś wyjątkowym. W szkółkach zlokalizowanych na terenach



*Zestaw hydroforowy zlokalizowany w podziemnej studni
(Nadleśnictwo Rudy Raciborskie)*



Umieszczenie zestawu pomp w podziemnej studni eliminuje konieczność budowy budynku hydroforni

o małych opadach śniegu należy liczyć się z zimowym poborem wody do wytwornicy śniegu, by ochronić sadzonki przed mrozem. W budynku hydroforni, obok zbiornika utrzymującego stałe ciśnienie w sieci, należy umieścić podwójny zestaw pomp. Potrzebne też będzie urządzenie do ciśnieniowego przedmuchu powietrza we wszystkich elementach sieci wodnych. Równie istotne jest zaprojektowanie takiej wydajności pomp, która pozwoli utrzymać ciśnienie na zraszaczach przy największym, równoczesnym użyciu wszystkich ramp deszczujących. Każdorazowo niezbędne jest opracowanie stosownej dokumentacji technicznej.

W ostatnich latach stosuje się technologię budowy stacji hydroforowych bez specjalnego budynku. Zestaw pomp zagłębiony jest około 2 metry pod poziomem gruntu, w betonowej, suchej studni. Takie rozwiązanie obniża nie tylko koszty inwestycji, ale i koszty utrzymania.

5.2. Namioty foliowe i szklarnie

Inspekty, szklarnie, później namioty foliowe oraz inne osłony były pierwotnie stosowane przede wszystkim w ogrodnictwie. Służyły przyspieszeniu hodowli, głównie warzyw i kwiatów oraz przedłużeniu jej okresu do późnej jesieni, a nawet na zimę i wczesną wiosnę. Stosowano je zwłaszcza tam, gdzie okres wegetacji był stosunkowo krótki, początkowo głównie w krajach północnej Europy.

Umożliwiają one stworzenie kontrolowanych warunków do hodowli wielu gatunków roślin w pożądanym miejscu i terminach. Służą także do przyspiesze-

nia naturalnej hodowli roślinnej, z wyprzedzeniem wegetacji w stosunku do otwartej powierzchni. Sterowanie warunkami klimatycznymi wewnątrz szklarni oraz namiotów foliowych pozwala na skrócenie cyklu hodowli sadzonek i zwiększa wydajność produkcji przy optymalnym zużyciu materiału siewnego. Jest to dodatkowy argument na korzyść takiej hodowli, gdyż kwalifikowane nasiona mają dużą wartość przy ograniczonej dostępności.

Zastosowanie szklarni lub namiotów foliowych znacznie zwiększa udatność mnożeń wegetatywnych. Trzeba też dodać, że w naszym klimacie hodowanie sadzonek niektórych gatunków ozdobnych jest możliwe tylko w środowisku kontrolowanym.

Hodowla sadzonek w warunkach kontrolowanych musi być wsparta dużą wiedzą o fizjologii roślin i ich wymaganiach mikroklimatycznych w różnych fazach wzrostu i rozwoju. Równie ważna jest dobra znajomość optymalnego doboru podłoża, nawożenia oraz ochrony przed grzybami i owadami. Elementarną wiedzę o hodowli sadzonek drzew leśnych w warunkach kontrolowanych, w tym także omówienie szczegółów budowy szklarni, namiotów foliowych oraz zaplecza szkółkarskiego zawiera podręcznik prof. dr. hab. Andrzeja Gorzelaka pt.: *„Zastosowanie inspektów, szklarni i namiotów foliowych w produkcji sadzonek drzew i krzewów leśnych i ozdobnych”* (2000).

W ostatnich latach, w szkółkach kontenerowych powszechnie stosuje się nie szklarnie, lecz tunele foliowe. Przemawiają za tym racje ekonomiczne. Koszt budowy tuneli foliowych jest znacznie mniejszy, a realizacja inwestycji szybsza. Budowa trwałych, obliczonych na kilkadziesiąt lat szklarni, z uwagi na szybki postęp techniczny, jest mało racjonalna.

Nowoczesne tunele foliowe mają bardzo trwałą konstrukcję z lekkich, ocynkowanych ogniowo profili stalowych oraz elementów z tworzyw sztucznych. Są łatwe w montażu. Za najbardziej przydatne w leśnictwie uznano namioty półkoliste.



Zespólone tunele foliowe w szkółce kontenerowej w Nadleśnictwie Jabłonna

Pokryte są podwójnymi powłokami z folii stabilizowanej na promieniowanie UV, co zapewnia ich pięcio- sześćioletnią wytrzymałość. Często przyczyną wymiany folii jest tylko, postępujące z upływem czasu, zmniejszenie przepuszczalności światła (wymiana, z reguły, zajmuje zaledwie kilka godzin). Pomiędzy powłoki wdmuchiwane jest powietrze, co zapewnia dobrą izolację termiczną, a także uodparnia namiot na działanie wiatru lub śniegu. Najczęściej namioty są wietrzone poprzez jedną lub dwie otwierane połacie dachowe. W naszym klimacie wskazane jest wietrzenie przez jedną, wschodnią połac dachową. Czoła namiotów najczęściej wykonane są z podwójnych płyt poliwęglanowych, dobrze przepuszczających światło, a przy tym izolujących termicznie. Namioty muszą mieć z obu stron szerokie, przesuwane bramy.

Grunt w namiocie trzeba koniecznie zdrenować i utwardzić. Dzięki temu odprowadzany jest nadmiar wody z deszczowania oraz ułatwione manewrowanie wózkami widłowymi i precyzyjne ustawienie palet z kontenerami. Podjazdy z obu stron namiotów powinny być w trwały sposób utwardzone. Preferowane są namioty duże, umożliwiające mechaniczny transport kontenerów na paletach, w tym również ustawionych na stelażach. Wszystkie elementy konstrukcji wewnętrznej oraz służące do montażu wyposażenia muszą być usytuowane na wysokości co najmniej 280 cm, stosownie do wymiarów używanego sprzętu transportowego.

Obecnie kompletne tunele foliowe produkuje w Europie kilkadziesiąt firm. Rokrocznie pojawiają się nowe rozwiązania techniczne i lepsze materiały, co obserwuje się na licznych targach techniki ogrodniczej w wielu krajach, ale najszerza



Wnętrze tunelu foliowego w szkółce Nadleśnictwa Rudy Raciborskie – widoczne świeżo obsiane kontenery



Tunele foliowe w szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Rudy Raciborskie

gama tuneli (pojedynczych i zblokowanych) prezentowana jest na corocznych targach w Holandii.

Do wyliczenia powierzchni pod folią, potrzebnej dla szkółki kontenerowej, konieczne jest ustalenie struktury gatunkowej hodowli i jej wielkości. Niektóre gatunki, jak: modrzew, świerk, jedlica, buk, lipa, jesion, grab, aby osiągnąć pożądane parametry, muszą przez cztery do sześciu tygodni rozwijać się w tunelu. Nie potrzebują go natomiast brzozy, olsze, czy klony. Ustalając rozmiar niezbędnej powierzchni należy założyć wykorzystanie tuneli w sezonie wegetacyjnym w co najmniej dwóch cyklach hodowlanych. Jeden rozpoczyna się z początkiem marca i trwa około sześciu tygodni, następny od połowy kwietnia do końca maja. Z początkiem czerwca do tuneli można wstawić siewki dębów na tzw. „przyrost świętojański” oraz kasety obsiane świerkiem, z przeznaczeniem do szkółkowania ich – po około trzech miesiącach – do większych pojemników, zlokalizowanych na otwartej powierzchni.

Duże tunele foliowe optymalnie powinny mieć od 50 do 100 metrów długości. Ich szerokość natomiast zależy od rodzaju i wymiarów kontenerów, a także palet

(w przypadku użycia ich w hodowli, a nie bezpośrednio na podłożu). Powierzchnię w tunelu należy jak najlepiej wykorzystać – minimum w 80%. Należy też przyjąć, że przy obu szczytach tunelu, od strony drzwi, trzeba pozostawić niewykorzystaną powierzchnię szerokości 2–3 m, niezbędną do manewrowania wózkiem widłowym oraz umieszczenia niektórych urządzeń wyposażenia (np. pieca grzewczego).

Ze względów ekonomicznych i organizacyjnych, przy projektowaniu szkółki należy jak najbliżej siebie lokalizować halę napełniania i obsiewu kaset oraz otwarte pola produkcyjne, na które są wywożone siewki po kilkutygodniowym pobycie w namiocie. Namioty powinny się lokalizować przede wszystkim na większych śródlądnych powierzchniach otwartych, osłoniętych od wiatru przez drzewostan lub pas drzew, jednak poza zasięgiem ich cienia. Najbezpieczniejszym kierunkiem ustawienia namiotów jest usytuowanie ich prostopadle do przeważającego kierunku wiatrów. W większości regionów Polski są to wiatry zachodnie, co wskazuje kierunek ustawienia tuneli na linii północ-południe. Ustawienie namiotów na osi wschód-zachód daje wprawdzie najlepsze wykorzystanie energii słonecznej, jednak nagłe, frontowe wiatry – przy takim usytuowaniu tuneli – mogą uszkodzić powłoki.



Zespolone namioty foliowe w szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Gidle – pojedyncze bloki rozdzielone ruchomymi kurtynami



Tunele foliowe w szkółce Nadleśnictwa Oleszyce – system wietrzenia poprzez uchyłne połacie dachowe

Przy wyborze konstrukcji i powłok należy uwzględnić zagrożenie od gradu, a także wczesnych lub późnych opadów mokrego śniegu.

Teren pod namioty powinien być równy lub o niewielkim, jednostronnym nachyleniu. Trzeba również uwzględnić konfigurację otoczenia, by uniknąć zagrożenia spływem wód nawaalnych lub burzowych. Pożądane jest też, by namioty były posadowione na glebach lekkich, przepuszczalnych dla wód. Usytuowanie ich na innych glebach lub przy mniejszej niż 100 cm głębokości wiosennego poziomu wód gruntowych narzuca konieczność zdrenowania całego terenu.

5.3. Pola produkcyjne i drogi transportowe

Sadzonki niektórych gatunków można hodować na otwartych powierzchniach przez cały sezon wegetacyjny, a innych po kilkutygodniowym pobycie w namiocie. W obrębie szkółki kontenery mogą być transportowane bezpośrednio na platformach ciągników, albo wózkami widłowymi na paletach, najczęściej stalowych. Układają się je rzędami na otwartych polach produkcyjnych. Dlatego ich nawierzchnię trzeba tak przygotować, by wytrzymała bez odkształceń cały rok obciążenie środkami transportowymi. Pola muszą mieć (minimum 15%) spadki podłużne i poprzeczne. Cały teren koniecznie należy odwodnić w taki sposób, by umożliwić swobodny spływ wód opadowych oraz technologicznych. Grunty słabo przepuszczalne należy zdrenować. Projekt techniczny szkółki powinien uwzględniać rodzaj gruntu, na którym ją zlokalizowano oraz przewidywane obciążenia i naciski, a także określać sposób utwardzania pól, budowę, jak też grubość poszczególnych warstw, rodzaje użytego materiału itp.



Otwarte pola hodowlane w szkółce Nadleśnictwa Oleszyce – nawadnianie za pomocą klasycznej, stacjonarnej deszczowni

Na polach produkcyjnych kontenery ustawia się w rzędach – pojedynczo lub na paletach – ściśle obok siebie, w ciągu, po obu stronach, w osi rampy deszczującej. Jeśli zamiast ruchomych ramp deszczujących, poruszających się po torze jezdnym, zainstalowany jest inny system nawadniania, wówczas szerokość pól i ustawienie palet czy kontenerów należy dostosować do jego możliwości. Szerokość pojedynczych pól produkcyjnych wynika z szerokości ramp deszczujących, chociaż obecnie możliwy jest zakup ramp o całkowicie dowolnej szerokości. Przy polach produkcyjnych usytuowanych równolegle należy pozostawić między nimi, co najmniej 3-metrowej szerokości, szlaki komunikacyjne służące „załadowywaniu” i „rozładowywaniu” pól.

Powierzchnia pól produkcyjnych jest pochodną rozmiaru hodowli oraz jej cyklu, w przeliczeniu na powierzchnię kontenerów (palet), z uwzględnieniem asortymentu i praktycznej wydajności sadzonek poszczególnych gatunków. Do wyliczenia więc niezbędnego areału, potrzebnego w docelowym rozmiarze hodowli w cyklu jednorocznym, należy dodać hodowlę w cyklu dwuletnim, a także – uwzględniając wydajności w polskich warunkach uzyskiwane w kasetach PE – trzeba (uwzględniając hodowany gatunek) procentowo zwiększyć powierzchnię dla:

- sosny zwyczajnej o 11%,
- świerka pospolitego i modrzewia o 18%,
- brzozy brodawkowatej i omszonej o 33%,
- buka zwyczajnego o 54%,



Otwarte pola hodowlane w szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Jabłonna – torowisko ruchomej rampy deszczującej



Otwarte pole hodowlane w szkółce Nadleśnictwa Rudy Raciborskie – deszczowanie siewek buka zwyczajnego

- dębu szypułkowego i bezszypułkowego o 67%,
- pozostałych gatunków liściastych o około 40%.

W trakcie projektowania szkółki należy przewidzieć rezerwę powierzchni na ewentualne dodatkowe zamówienia, hodowlę wieloletniego materiału ozdobnego oraz dostateczny obszar na składowanie palet, stelaży, kontenerów, a przejście-wo także substratu lub innych materiałów.

Wewnętrzne drogi transportowe powinny być zaprojektowane z uwzględnieniem obciążenia oraz intensywności użytkowania.

5.4. Ujęcia i zbiorniki wodne

Przy lokalizacji szkółki jednym z zasadniczych uwarunkowań jest możliwość zaopatrzenia w odpowiednią ilość wody o pożądanych cechach chemicznych i biologicznych. Dlatego bardzo korzystne jest usytuowanie szkółki w pobliżu rzek, strumieni i stawów, z których można wykorzystać wodę. Projektując zaopatrzenie w wodę z lokalnych cieków należy sporządzić odpowiednie obliczenia hydrologiczne z uwzględnieniem niskich stanów przepływu w okresach letnich, które są



Otwarte zbiorniki wodne w szkółce Nadleśnictwa Rudy Raciborskie



Zamknięte, napowietrzne zbiorniki wodne w szkółce Nadleśnictwa Jabłonna



Zbiorniki powinny pozwolić na zgromadzenie zapasu wody na kilka dni podlewania – szkółka Nadleśnictwa Gidle

zarazem porą największego zużycia wody w szkółce. Gdy nie ma możliwości czerpania wody z ujęć powierzchniowych, można ją uzyskiwać ze studni, najczęściej głębinowych, o zbadanej, odpowiedniej wydajności. Niezbędne do tego jest prawidłowe rozpoznanie geologiczne i przygotowanie dokumentacji. Ponadto we wszystkich przypadkach wymagane jest uzyskanie pozwolenia wodno-prawnego na pobór wody. Tylko przy czerpaniu wody z jezior lub stawów nie trzeba budować w szkółce zbiorników. Zbiorniki wodne konstruowane są z betonu, ale ostatnio coraz częściej wykonuje się je jako ziemne, z dnem i bokami wyłożonymi odpowiednią folią. Pożądane jest, aby w szkółce były dwa niezależne zbiorniki, które mogą być na przemian używane i czyszczone. Jeden z nich traktuje się jako rezerwowowy.

Pojemność zbiorników wodnych musi być wyliczona z uwzględnieniem maksymalnego dobowego zapotrzebowania na wodę oraz koniecznością zgromadzenia zapasu na co najmniej 5 dni na wypadek awarii ujęcia. Zbiorniki otwarte powinny być czyszczone i pielęgnowane cały rok. W niezbyt dużych, sztucznych zbiornikach otwartych, aby nie dopuścić do rozwoju glonów i dostawania się do wody zanieczyszczeń (np. liści drzew lub nasion chwastów), całe lustro wody przykrywa się folią na pływakach, umożliwiającą przesiąkanie wody deszczowej. Ujęcie wody należy też zaopatrzyć w odpowiedniej jakości i gęstości filtry, uniemożliwiające przedostawanie się do sieci zanieczyszczeń oraz nasion chwastów. Jest to niezwykle istotne, zważywszy na ograniczone możliwości pielienia przy szczelnie zastawionych polach hodowlanych.

Z ujęcia woda pompowana jest do otwartych zbiorników. Może być także gromadzona w podziemnych lub naziemnych, metalowych zbiornikach zamkniętych, skąd, jako niezanieczyszczona biologicznie (bez nasion chwastów, zarodników grzybów), może być bezpośrednio pompowana do deszczowni. Każdy ze sposobów umiejscowienia zbiorników ma swoje wady i zalety. Zbiorniki (cysterny) umieszczone w ziemi nie wymagają okresowego opróżniania i utrzymują niską temperaturę wody, której można używać cały rok. Zbiorniki nadziemne z kolei pochłaniają dużo energii z atmosfery, dzięki czemu zgromadzona w nich woda ma ciepłość zbliżoną do temperatury powietrza, ale muszą być na zimę opróżniane, co opóźnia termin rozpoczęcia wczesnej hodowli. Niektóre szkółki, stosujące do podlewania zamgławianie drobną kroplą, pobierają wodę do deszczowania bezpośrednio ze studni głębinowych.

W małych szkółkach do nawadniania można używać wody z wodociągów komunalnych, jednak pod warunkiem, że nie jest chlorowana, a jej cena akceptowalna. Trzeba też koniecznie uzyskać zgodę właściciela wodociągu na jej pobór.

Sposób wyliczenia zapotrzebowania na wodę, a także graniczne zawartości składników chemicznych zawiera rozdział 9.

5.5. Zapotrzebowanie na energię oraz zewnętrzne sieci wodne i elektryczne

Zapotrzebowanie na energię elektryczną i jej moc określa stosowna dokumentacja techniczna. Szkółki kontenerowe, ze względu na wiele sterujących i napędowych urządzeń zasilanych energią elektryczną (regulatory klimatu w tunelach, pompy hydroforni i sterowniki nawadniania, chłodnie z nasionami oraz wiele innych), są najczęściej zasilane z dwóch, niezależnych, linii energetycznych. Na wypadek poważniejszych awarii wyposażone są w generatory prądu. Wszystkie elektryczne sieci zewnętrzne szkółki należy rozprowadzić kablami w ziemi.

Rurociągi doprowadzające wodę do tuneli foliowych i pól zraszania powinny być zaopatrzone w zawory, zapewniające selektywne zasilanie i odcinanie odbiorników.

Niektóre szkółki, o dużym stopniu zautomatyzowania, wyposażone są w sieć sterującą poszczególnymi urządzeniami (na polach produkcyjnych, w tunelach, chłodniach itp.), na przykład utrzymującymi klimat, sterujących deszczowaniem, wietrzeniem. Jest ona podłączona do głównego komputera szkółki, w którym odpowiedni program reguluje pracę urządzeń. Rejestruje on i umożliwia w każdej chwili podgląd wybranych elementów (np. temperatury wnętrza namiotu i powietrza na zewnątrz, a także wilgotności powietrza czy substratu w pojemnikach, siły wiatru itd.).

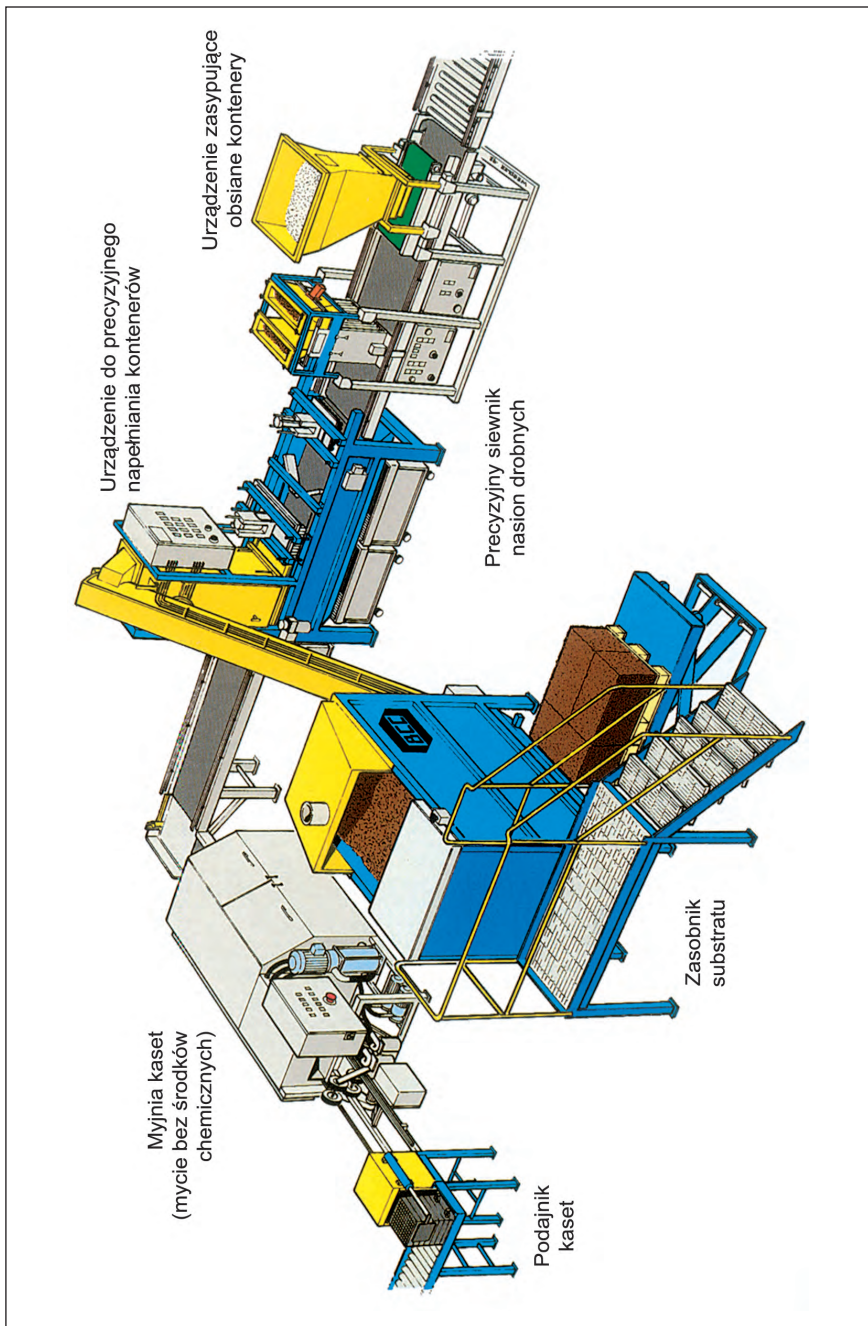
6. Wyposażenie szkółki

6.1. Urządzenia do napełniania kaset substratem i siewu nasion

Stopień mechanizacji i zautomatyzowania czynności lub ich ciągu zależy w dużej mierze od rozmiaru rocznej hodowli sadzonek. W szkółkach kontenerowych, przy rocznej hodowli zbliżonej do miliona sztuk, większość prac lub czynności wykonuje się ręcznie, wykorzystując lokalny rynek pracy sezonowej.

O stopniu mechanizacji decydują przede wszystkim czynniki ekonomiczne. Gdy w szkółce kontenerowej zamierza się hodować ponad milion sadzonek rocznie, automatyzacja oraz mechanizacja czynności jest konieczna i jej przydatność rośnie proporcjonalnie ze wzrostem rozmiaru hodowli.

Myjnia kaset – z myciem wodą gorącą lub zimną (która najczęściej – przechodząc przez zespół filtrów – krąży w zamkniętym obiegu) oraz termiczną lub chemiczną sterylizacją kaset (ich mycie, jak też sterylizacja jest warunkiem udanej mikoryzacji i ograniczenia liczby kiełkujących w nich chwastów).



Schemat kompletnie wyposażonej, automatycznej linii napełniania kontenerów i siewu nasion



*Myjnia kaset – jeden z elementów automatycznej linii napełniania kontenerów
(Nadleśnictwo Rudy Raciborskie)*

Zasobnik substratu (wbudowany w posadzkę lub usytuowany ponad nią) – wyposażony jest w mieszadło oraz urządzenia dozujące komponenty, choć najczęściej używa się gotowego substratu, transportowanego podajnikiem ślimakowym do urządzenia napełniającego.

Magazyn kontenerów (wraz z automatycznym podajnikiem kontenerów do urządzenia napełniającego).

Urządzenie napełniające odpowiednio zagęszczonym (ubitym) substratem, którego nadmiar zwracany jest do zasobnika. Na końcu tej części linii, w każdym pojemniku wytłaczane są dołki siewne (zagłębienia), wielkością i głębokością dostosowane do rodzaju nasion.

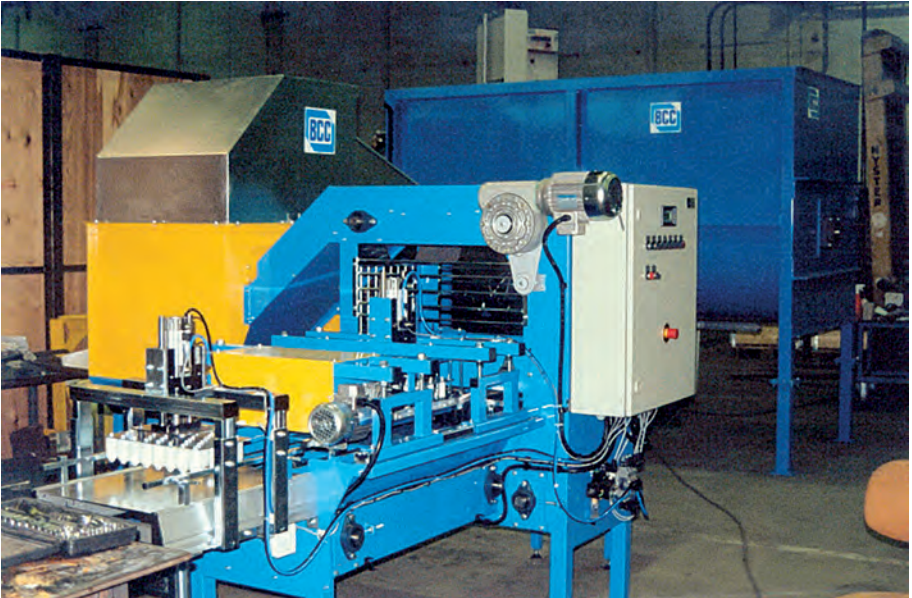
Siewnik nasion suchych. Jest kilka typów siewników i wszystkie zapewniają bardzo precyzyjny wysiew z góry ustalonej liczby nasion, w tym także otoczkowanych. Stosowane są siewniki mechaniczne i pneumatyczne, wysiewające jednocześnie we wszystkich pojemnikach kontenera po jednym, albo kilka nasion. Siewnikiem automatycznym można wysiewać suche, odskrzydlone nasiona: sosny,



Zasobnik substratu pod posadzką (Nadleśnictwo Rudy Raciborskie)



*Nadziemny zasobnik substratu
(Nadleśnictwo Jabłonna)*



Urządzenie napelniające kontenery substratem (Szwecja)



Urządzenie do napelniania kontenerów styropianowych w szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Gidle



*Precyzyjny,
automatyczny
siewnik do
suchych
i drobnych nasion
(Nadleśnictwo
Rudy Raciborskie)*

świerka, modrzewia, jodły, żywotników, cyprysików, choiny, jodły, a także olszy i brzozy oraz niektórych krzewów.

Ręcznie jedynie trzeba siać w kontenerach nasiona podkiełkowane oraz żołądzie dębów.

Linia do ręcznego obsiewu. Utworzona jest z dwupoziomowych przenośników kontenerów (kaset), stołów roboczych wraz ze stanowiskami dla pracowników oraz miejscami na pojemniki z nasionami, usadowionymi po obu jej stronach. Technika pracy polega na tym, że napełnione substratem kontenery podawane przez pierwszy przenośnik, zdejmowane są przez pracowników rozłokowanych po obu stronach przenośnika, obsiewane ręcznie i ustawiane na drugim, równoległym przenośniku, transportującym kontenery do urządzenia okrywającego zasiewy.

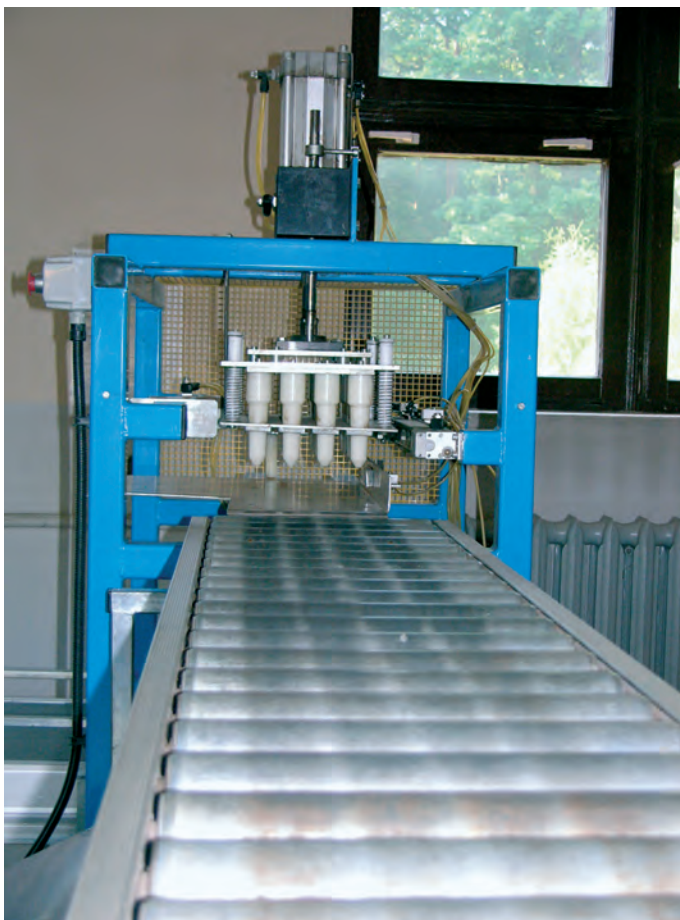


Linia do ręcznego siewu dużych nasion i szkółkowania siewek (Szwecja)



Linia do ręcznego siewu żołądźi i innych dużych nasion (Nadleśnictwo Gidle)

Linia do szkółkowania sadzonek. Tworzą ją: urządzenie do wyciskania otworów w substracie o kształcie dostosowanym do bryłki szkółkowanych sadzonek, dwupoziomowe przenośniki kontenerów, stoły robocze ustawione po obu jej stronach wraz ze stanowiskami roboczymi dla pracowników oraz miejscami na kontenery ze szkółkowymi sadzonkami. Dzięki niej można przesadzać sadzonki z pojemników o mniejszej objętości (np. 50 cm³) do większych (np. 300 cm³), a także ukorzeniać zrzeszy w wegetatywnej hodowli sadzonek. Obecnie niektóre szkółki wyposażone są w urządzenia do automatycznego szkółkowania siewek z mniejszych pojemników do większych. Urządzenie pracujące w Nadleśnictwie Gidle osiąga wydajność 8 tysięcy szt. siewek na godzinę.



*Moduł linii
napelniania
używany podczas
szkółkowania
siewek
(Nadleśnictwo
Rudy Raciborskie)*

*Urządzenie do szkółkowania siewek
– końcówki chwytające siewki*



*Urządzenie
do szkółkowania
sadzzonek
z mniejszych
do większych
pojemników*



Urządzenie do zasypywania wysianych nasion drobnym perlitem

Urządzenie zasypowe. Jest to umieszczony na końcu linii zasobnik na materiał (np. perlit lub piasek) do automatycznego przykrywania nasion.

Urządzenie do automatycznego wyjmowania sadzonek z kontenerów. Wybija ono sadzonki z pojemników, liczy je i ustawia w zaetykietowanych opakowaniach kartonowych. Stosuje się je w szkółkach, z których sadzonki transportowane są do odbiorców bez kontenerów. Technika pracy polega na tym, że po zakończeniu hodowli, jesienią lub wiosną, sadzonki w kontenerach przewożone są na linię, gdzie są sortowane. Sadzonki przeznaczone do sprzedaży są automatycznie wybijane z pojemników i ustawiane w opakowaniach nasasyconych parafiną w celu ochrony przed wysychaniem. Na szkółkach wyposażonych w duże chłodnie z regulowaną wilgotnością, opisane czynności wykonywane są jesienią, a sadzonki trafiają do chłodni na całą zimę, aż do czasu spedycji na powierzchnie sadzenia. Puste kasety są myte, dezynfekowane i gotowe do wiosennych obsiewów. Zaletami takiego trybu postępowania jest zapewnienie skutecznej ochrony sadzonek przed szkodami mrozowymi oraz ułatwienie organizacji pracy w okresie wiosennego spiętrzenia prac, związanego z siewami. Jak dotąd w Polsce nie stosuje się tego typu urządzeń.

Urządzenie zraszające. Z reguły na końcu linii montuje się zraszacze nawilżające górną warstwę substratu w kontenerach – po obsiewie i przykryciu nasion

w pojemnikach. Zabieg ten przeciwdziała wywiewaniu lub wytrząsaniu lekkich nasion podczas przewożenia kontenerów z hali obsiewu do tuneli foliowych lub na otwarte powierzchnie.

Przenośniki taśmowe i rolkowe. Służą do transportu kaset między stanowiskami operacyjnymi (urządzeniami) linii technologicznej. Zależnie od kształtu i wielkości pomieszczenia oraz rozmieszczenia elementów linii, przy zachowaniu jej funkcjonalności, przenośniki mogą być proste lub kątowe oraz mieć różną długość.

W konstruowaniu linii technologicznych dla leśnych szkółek kontenerowych wyspecjalizowały się głównie firmy skandynawskie. Linie te przystosowane są przede wszystkim do gatunków iglastych. Obok firm skandynawskich na rynku funkcjonuje bardzo dużo firm holenderskich, duńskich czy belgijskich. Ich produkty są jednak przede wszystkim przystosowane do ogrodnictwa. Niektóre szkółki o mniejszym rozmiarze hodowli drzew leśnych, w tym liściastych, zaadoptowały elementy oprzyrządowania ogrodniczego. Obecnie także firmy polskie, na zamówienie, produkują urządzenia bardzo dobrej jakości, na ogół nieustępujące zagranicznym.

Kontenery styropianowe można napełniać prostymi urządzeniami do zasypywania substratu, który zagęszczany jest w pojemnikach za pomocą stołów lub taśm wibracyjnych. W prywatnych szkółkach zachodniej Europy nie montuje się kompletnych i drogich linii automatycznych, a zwykle tylko ich fragmenty, najczęściej miejscowej produkcji. Większość czynności, które w Skandynawii wykonywane są przez urządzenia i maszyny, w innych krajach, np. we Francji, robi się ręcznie z wykorzystaniem taniej siły roboczej z krajów emigracji zarobkowej.

6.2. Wyposażenie namiotów foliowych

Nowoczesne tunele foliowe lub szklarnie zapewniają optymalne warunki mikroklimatyczne oraz hodowlane pod warunkiem, że są wyposażone we właściwe systemy (urządzenia).

System wietrzenia. Optymalny jest system wietrzenia górnego przez uchylne połączenia dachowe. Przy ustawieniu tuneli w osi północ-południe ruchoma powinna być tylko jedna, wschodnia połać dachowa. Warunek ten dotyczy tylko Polski, gdzie przeważa zachodni, często związany z frontami atmosferycznymi, kierunek silnych i porywistych wiatrów. Dlatego połać dachowa powinna być u nas otwierana od strony zawietrznej. Systemem wietrzenia, który jest również elementem regulowania temperatury wewnątrz namiotu, z zasady kierują elektroniczne urządzenia, uwzględniające temperaturę zewnętrzną i wewnętrzną, opady atmosferyczne oraz siłę wiatru. W tym ostatnim przypadku dane do urządzenia sterującego kierowane są z wiatromierza.

System nawadniania. Na świecie do nawadniania używa się wielu urządzeń i systemów, które są ciągle udoskonalane i rozbudowywane. Najczęściej stosowane – a wydaje się, że także najefektywniejsze w kontenerowej hodowli sadzonek w warunkach kontrolowanych – jest nawadnianie ruchomą rampą (belką) deszczującą. Jest ona często wyposażona w kilka rodzajów dysz, służących nie tylko do nawadniania, ale także nawożenia dolistnego, podawania chemicznych środków ochrony roślin oraz zamgławiania. Rampy są wyposażone w zbiorniki z dozownikami na płynne nawozy mineralne lub środki chemiczne, które można stosować jednocześnie.

Rampą z reguły steruje programator liczby nawrotów lub czasu nawadniania, co ustalane jest zazwyczaj empirycznie. Intensywnością nawadniania można również sterować automatycznie, na przykład za pomocą elektronicznej wagi, wyskalowanej na określoną wilgotność substratu. Ustalając wagę kontenera (lub ich zestawu na palecie) przy pożądanej wilgotności substratu, można określić moment uruchomienia nawadniania. Inną metodą jest umieszczenie w substracie wybranych, reprezentatywnych pojemników wilgotnościomierza, który steruje nawadnianiem.

System ogrzewania. W celu umożliwienia wczesnego (często z początkiem marca) rozpoczęcia hodowli sadzonek, konieczne jest – z uwagi na klimat w na-



Ruchoma rampa deszczująca – nawadnianie siewek w namiocie foliowym (Szwecja)

Piec grzewczy w namiocie foliowym – widoczny foliowy rękaw rozprowadzający ciepłe powietrze (Nadleśnictwo Rudy Raciborskie)



szej szerokości geograficznej – ogrzewanie wnętrza tuneli. Służą temu zazwyczaj gazowe lub olejowe nagrzewnice powietrza, z których górą, na całej długości namiotów, rozprowadzane jest ciepłe powietrze.

Instalacja doświetlenia roślin. Gatunkom, które w naturalnych warunkach kiełkują przy długim dniu, po wczesnowiosennych siewach musimy zapewnić dodatkowe oświetlenie, przedłużające okres dzienny. Bez tego po skiełkowaniu siewki zawiązują pączki i wchodzą w stan uśpienia. Dla tych gatunków konieczny jest impuls świetlny przerywający noc. Natężenie światła (wartość doświetleń) powinno mieć przynajmniej 400 LUX/m².

Procesory rejestrujące parametry klimatu w tunelu, a także sterujące pracą urządzeń, mogą być podłączone do centralnego komputera szkółki, w którym rejestrowane są dane klimatyczne w przyjętych odstępach czasu. Możliwy jest także ich bieżący podgląd i korekta pracy urządzeń.

6.3. Urządzenia do nawadniania i nawożenia sadzonek na otwartych polach

Różnorodność systemów i urządzeń do nawadniania, stosowanych we wszystkich dziedzinach hodowli roślin, jest bardzo duża. Specyfika hodowli sadzonek w kontenerach, zwłaszcza w rolnictwie i ogrodnictwie, polega na tym, że stosowane są bardzo małe, pojedyncze pojemniki, często o przekroju zaledwie 1 cm², najczęściej od kilku do kilkunastu centymetrów kwadratowych. W tej sytuacji najbardziej efektywnym sposobem nawadniania jest zastosowanie ruchomych ramp (belek) deszczujących, o takim rozmieszczeniu dysz, które gwarantuje równomierne pokrycie kroplami wody każdego centymetra kwadratowego nawadnianej powierzchni. Pojemniki z tworzyw sztucznych uniemożliwiają przedostawanie się wody z bliższego czy dalszego otoczenia lub jej podsiąkania. Dlatego średnica rozprysku wody przez dysze musi być skorelowana z wysokością zawieszenia rampy tak, by zapewniało to równomierne pokrycie wodą pojemników w kontenerach. Niezbędne jest także zamontowanie na końcach ramp deszczujących dodatkowych dysz, by przeciwdziałać silniejszemu przesychnianiu substratu w skrajnych pojemnikach na bokach pól produkcyjnych, zwłaszcza w kontenerach z bocznymi szczelinami (ażurowych). Urządzenia deszczujące powinny być również wyposażone w pojemniki z precyzyjnymi



Nawadnianie gatunków liściastych jest o wiele trudniejsze niż gatunków iglastych



Ruchoma rampa deszczująca – nawadnianie sadzonek modrzewia na otwartym polu produkcyjnym (Nadleśnictwo Rudy Raciborskie) – fot. K. A.



Nawadnianie w szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Oleszyce za pomocą klasycznej, stacjonarnej deszczowni

dozownikami na płynne nawozy (gdyż najczęściej sadzonki w pojemnikach nawozi się dolistnie), a także środki ochrony roślin. Wyposażenie deszczowni w dodatkowe dysze zamgławiające lepiej przystosowuje ją do ochrony sadzonek przed skutkami późnych, wiosennych przymrozków. Z uwagi na ułatwienie konserwacji i napraw (te same źródła zaopatrzenia w części zamienne) wskazane jest, aby w namiotach i na otwartych polach stosować ujednoczone konstrukcje. Pracą urzędzeń deszczujących kierują elektroniczne sterowniki, włączone w sieć komputerową (co należy uwzględnić przy projektowaniu) całej szkółki. Dzięki temu wszystkie parametry mogą być kontrolowane i korygowane z komputera centralnego.

6.4. Palety

Stosowanie palet w szkółkach kontenerowych jest pochodną wyboru typu zblokowanych pojemników, rodzaju, cyklu i rozmiaru hodowli. W małych szkółkach, gdzie używa się dużych kontenerów styropianowych, przenoszonych ręcznie, palety są zbędne. Wewnątrz szkółki kontenery takie przewozi się na platformach i układa na listwach 5–7-centymetrowej wysokości, wykonanych z drewna lub tworzyw sztucznych, położonych bezpośrednio na gruncie. W szkółkach, w których hoduje się powyżej kilkuset tysięcy sadzonek rocznie, powszechnie używa się kontenerów (kaset) z tworzyw sztucznych (np. z PE/PP). Tuż po obsianiu układa się je na paletach, na których pozostają przez cały okres hodowli sadzonek w szkółce (z wyjątkiem okresu zimowego), aż do ich dystrybucji na zewnątrz, a nierzadko są też na nich transportowane do miejsc sadzenia. Palety służą więc zarówno do hodowli sadzonek, jak i transportu wewnętrznego oraz zewnętrznego kontenerów. Kontenery ułożone na paletach powinny dzielić od podłoża około 20 cm. Tworzy się wówczas przestrzeń powietrzna, w której zamierają korzenie sadzonek przerastające przez ażurowe dna pojemników. Jest to pożądane, gdyż ogranicza nadmierny rozrost i deformację korzeni.

Palety, najczęściej wykonane ze stali, mają cztery wsporniki spoczywające na podłożu, przystosowane do transportu wózkami widłowymi. Mogą być również zaopatrzone w boczne uchwyty, do ręcznego przestawiania. Na ogół palety są w całości cynkowane ogniowo, co na kilka do kilkunastu lat chroni je przed korozją.

Wymiary palet muszą być skorelowane z gabarytami używanych kaset, które układa się ściśle obok siebie. Liczbę potrzebnych w szkółce palet ustala się proporcjonalnie do docelowego rozmiaru hodowli, z uwzględnieniem typów kaset oraz struktury gatunkowej i uzyskiwanej wydajności. Ustalając zapotrzebowanie na palety należy także uwzględnić wielkość hodowli w cyklu jednorocznym i dwuletnim.

6.5. Stelaże

Służą wyłącznie do transportu palet. Stosuje się je w celu optymalizacji kosztów transportu oraz usprawnienia organizacji pracy. Wykorzystuje się je w transporcie: palet z kasetami od linii siewu do namiotów foliowych lub szklarni, albo bezpośrednio na pola produkcyjne, palet z namiotów na otwarte pola produkcyjne, sadzonek na paletach wewnątrz szkółki (np. do miejsca załadunku lub sprzedaży) oraz do transportu sadzonek do pobliskich odbiorców.

Stelaże wykonane są ze stali. W jednym z reguły mieści się 4–5 palet ułożonych warstwowo, w ustalonych odstępach. Do przemieszczania stelaży w obrębie szkółki używa się wózków widłowych. Przy rocznej hodowli 5–10 milionów sadzonek wykorzystuje się około 50 stelaży (ich liczba jednak każdorazowo musi być skorelowana z potrzebami). Stelaże wyposażone są też w uchwyty, umożliwiające samozaładunek samochodami z żurawiem. Na inne pojazdy stelaże ładuje się wózkami widłowymi.



Stelaże transportowe wypełnione sadzonkami buka zwyczajnego, przygotowane do transportu (Nadleśnictwo Rudy Raciborskie)



Stelaże do transportu sadzonek, używane w Szwecji przez firmę NOMEKO

7. Dział nasienny

Praktyczne wdrożenie kontenerowej technologii hodowli sadzonek z zamkniętym systemem korzeniowym spowodowało również przełom w nasiennictwie leśnym. Niespotykana dotąd precyzja siewów w technologii kontenerowej wymusiła opracowanie równie precyzyjnych metod postępowania z nasionami przy ich czyszczeniu, separacji i ocenie jakości siewnej, długoterminowym przechowywaniu bez uszczerbku jakości, a także skutecznym przysposabianiu do wysiewu.

W tradycyjnym szkółkarstwie problemem nasiennictwa było przysposobienie nasion do siewu, a w przypadku niektórych gatunków skuteczne przerwanie spoczynku nasion. Normy wysiewu były ustalone na podstawie empirycznych obserwacji i miały na celu uzyskanie zakładanej wydajności hodowli szkółkarskiej. W rzeczywistości określone tabelami normy wysiewu ujmowały w sobie dwa podstawowe zjawiska, czyli wartość użyteczną nasion i konkurencyjność siewek oraz związaną z nią, naturalną selekcję.

Wartość użyteczna partii nasion (wyrażona w procentach) jest odsetkiem nasion dających początek pełnowartościowym siewkom, zdolnym do dalszego roz-

woju. Jest to więc wypadkowa oddziaływania takich parametrów, jak: zdolność kiełkowania, jego energia, czystość nasion i innych.

Szkółkarze szwedzcy w praktyce stosują ocenę tzw. przybliżonej wartości użytkowej nasion. Na interesującą praktyków wartość użytkową ma, przede wszystkim, wpływ zdolność i energia kiełkowania. Stosują uproszczony sposób oceny tej wartości, jako iloczyn wyrażonych w cyfrach dziesiętnych zdolności kiełkowania i jego energii. Na przykład, przybliżona wartość użytkowa nasion świerka o zdolności kiełkowania 0,95 (95%) i energii kiełkowania 0,90 (90%) wynosi 0,86 (86%). To proste działanie wynika z rachunku prawdopodobieństwa, zakładającego, że nie każde wysiane nasiono zdolne do kiełkowania, ma zarazem dużą energię kiełkowania.

Jak już wspomniano, na potrzeby szkółek gruntowych opracowano dla każdego gatunku normę wysiewu, by uzyskać w efekcie odpowiednią liczbę sadzonek na jednostce powierzchni. Zastosowanie tych norm w szkółkarstwie kontenerowym nie jest możliwe z uwagi na siew punktowy. Nasiona użyte do siewu w pojemnikach kontenerowych muszą gwarantować uzyskanie, w każdym punkcie siewu, siewki zdolnej do dalszego wzrostu. Dlatego w tym modelu szkółkarstwa jest nie do przyjęcia naturalna danemu gatunkowi lub partii nasion jakość siewna. Używane w obsiewie kontenerów nasiona muszą być dodatkowo oczyszczone i wyseparowane tak, by miały blisko 100% wartości użytecznej. Ta właśnie potrzeba – stosowania nasion o wysokich parametrach siewnych – przyczyniła się do znacznego przyspieszenia rozwoju w zakresie techniki i technologii, stosowanych w nasiennictwie leśnym.

Dodatkowym, choć nie mniej ważnym zagadnieniem, było opanowanie wiedzy z zakresu długoterminowego przechowywania nasion i jej praktyczne zastosowanie. Należy mieć na uwadze, że w tradycyjnych szkółkach leśnych sadzonki przeważającej liczby gatunków drzew uprawia się w gruncie co najmniej 2, a nierzadko 3 i 4 lata. Pozytywnym tego skutkiem jest „magazynowanie” w gruncie zapasu sadzonek na czas nieurodzaju nasion. W szkółkarstwie kontenerowym, przy najczęściej jednorocznym cyklu hodowli sadzonek, gwarancją utrzymania płynności jest dysponowanie odpowiednim zapasem nasion, niezależnie od lat urodzaju. Jest to szczególnie istotne przy rzadko obradzających gatunkach jak: buk zwyczajny (5–8 lat), dąb szypułkowy (3–8 lat), dąb bezszypułkowy (5–8 lat), jodła pospolita (3–4 lata), czy modrzew europejski (3–5 lat).

Potrzeby szkółkarstwa kontenerowego stały się inspiracją do badań naukowych, w wyniku których opracowano praktyczne sposoby długoterminowego magazynowania nasion oraz ich zabezpieczenia przed szkodami wynikającymi z przechowywania. Pod pojęciem przechowywania długoterminowego należy rozumieć przetrzymywanie nasion przez okres trzykrotnie dłuższy, niż przeciętna częstotliwość obradzania danego gatunku. W praktyce jest to zwykle przechowywanie nasion od jednego dobrego urodzaju do następnego. Przy omawianiu możliwości

długoterminowego przechowywania nasion należy przywołać, stosowany w nasiennictwie, podział nasion na następujące kategorie:

- *orthodox*:
 - niespoczynkowe,
 - spoczynkowe,
- *recalcitrant*:
 - niespoczynkowe,
 - spoczynkowe.

Przez spoczynek nasion rozumieć należy taki ich stan, w którym nawet optymalne warunki wilgotnościowo-termiczne nie powodują ich kiełkowania. Wyróżnia się 3 zasadnicze rodzaje spoczynku nasion:

- względny (wywołany czynnikami natury anatomicznej),
- bezwzględny (spowodowany czynnikami natury fizjologicznej),
- pośredni (będący skutkiem działania zarówno czynników anatomicznych, jak i fizjologicznych).

Postępowanie zgodne z fizjologią nasion, w celu ich długoterminowego przechowywania, możemy zaplanować dopiero wtedy, kiedy potrafimy przyporządkować dany gatunek do odpowiedniej kategorii spoczynkowej. Nasiona z kategorii *orthodox* charakteryzują się tym, że można znacznie obniżyć ich wilgotność na stosunkowo długi okres i tym samym spowolnić do minimum procesy życiowe. Do tej kategorii należą gatunki niewymagające okresu spoczynku (niespoczynkowe). Można je w dowolnej chwili pobudzić do natychmiastowego kiełkowania regulując wilgotność i temperaturę. Są to, między innymi: sosna zwyczajna, świerk pospolity, modrzew europejski, brzoza brodawkowata, olcha czarna i inne. Odrębną grupę nasion w kategorii *orthodox* stanowią nasiona przechodzące okres spoczynku (spoczynkowe), których wilgotność można znacznie obniżyć, ale przed kiełkowaniem muszą przejść fazę spoczynku w wilgotnym środowisku, jak na przykład buk zwyczajny.

Nasiona kategorii *orthodox* powinno się przechowywać w hermetycznie zamkniętych naczyniach lub opakowaniach oraz w znacznie obniżonej temperaturze, tzn. około -10°C . Przed umieszczeniem nasion w chłodniach należy z każdej partii wydzielić i szczelnie zapakować próbki nasion, które posłużą – bez konieczności rozpakowywania całości – do oceny całej partii w czasie przechowywania. Nasiona kategorii *orthodox* można przechowywać bez znaczącego obniżenia ich jakości siewnej przez kilka, a nawet kilkanaście lat.

Nasiona z kategorii *recalcitrant* są wrażliwe na obniżenie ich wilgotności poniżej określonej wartości. Spadek wilgotności powoduje zaburzenie czynności fizjologicznych, a nawet śmierć nasion. Dlatego takie nasiona już od zbioru należy utrzymywać w stanie wilgotnym przez systematyczne dowilżanie taką ilością wody, jaką są w stanie wchłonać. Podobnie jak w poprzedniej kategorii i tu można wyróżnić nasiona nie wymagające spoczynku, na przykład dąb szypułkowy, oraz spoczynkowe – kiełkujące dopiero po spoczynku, jak klon jawor, kasztanowiec

biały i inne. Nasiona kategorii *recalcitrant* należy przechowywać w wentylowanych pojemnikach, tylko w nieco obniżonej temperaturze, tzn. około -2°C . Można je przetrzymać zwykle przez 2–4 lata, jednak z każdym rokiem dość wyraźnie obniża się ich wartość użytkowa.

Aby móc precyzyjnie zaplanować hodowlę w szkółce kontenerowej i już z początkiem marca rozpocząć siewy oraz spowodować równomierne kiełkowanie nasion, konieczne stało się poznanie mechanizmów przerywających spoczynek nasion. Wiedza ta umożliwi takie postępowanie, by dokładnie w zaplanowanym terminie nasiona rozpoczęły fazę kiełkowania. Proces ten nosi nazwę stratyfikacji i polega na traktowaniu ich przemienne chłodem, ciepłem lub temperaturą przemianą, przy odpowiedniej wilgotności i dostępie powietrza. W szkółce kontenerowej precyzja musi być znacznie większa, niż ma to miejsce w szkółkach gruntowych, gdzie w okresie wiosennym nasiona w gruncie budzą się stopniowo. Przy siewie do gruntu za satysfakcjonujący okres wschodów można uznać 2, a nawet 3 tygodnie. By lepiej zrozumieć różne sposoby postępowania z nasionami w celu ich przygotowania do kiełkowania, należy przypomnieć podział na cztery podstawowe kategorie nasion, wymagających:

- wyłącznie stratyfikacji chłodnej (np. klony, buk);
- przed stratyfikacją chłodną krótkiej stratyfikacji ciepłej (np. grab, jarzab);
- przed stratyfikacją chłodną długiej stratyfikacji ciepłej (np. lipa, jesion);
- przed stratyfikacją chłodną długiej stratyfikacji ciepłej, lecz z temperaturą cyklicznie zmienną (tylko cis i dereń).

Szczegółowy sposób postępowania z nasionami poszczególnych gatunków drzew i krzewów jest dokładnie omówiony w rozdziale 10.2.

7.1. Niezbędna infrastruktura w dziale nasiennym

W szkółkarstwie tradycyjnym nasiona przysposabiano zazwyczaj prostymi metodami, bez odpowiedniego sprzętu i pomieszczeń. Często nasiona wysiewano jesienią, w roku zbioru nasion, co eliminowało konieczność przechowywania. Nierzadko nasiona, z powodu nieskutecznego przerywania spoczynku, przelegiwały w gruncie.

Precyzyjne postępowanie z nasionami przeznaczonymi do siewu w szkółce kontenerowej wymusza wyposażenie szkółki kontenerowej w odpowiednią infrastrukturę nasienną, albo korzystanie z nowoczesnej infrastruktury przechowalni nasion, w skład której wchodzi następujące urządzenia.

Komora chłodnicza o temperaturze -10°C do długoterminowego przechowywania nasion z kategorii *orthodox*. O wymiarach tej komory decyduje przewidywana ilość nasion buka. Ponadto przechowuje się w niej także niespoczynkowe nasiona: sosny, świerka, modrzewia, brzozy, olchy i innych, ale do ich składowania wystarczy stosunkowo niewielka przestrzeń. Komora musi być wy-



Komora –10°C do długotrwałego przechowywania nasion buka – szkółka kontenerowa Nadleśnictwa Rudy Raciborskie – fot. K. A.

posażona w łatwo dostępne, najlepiej przesuwne, regały i naczynia do hermetycznego przechowywania nasion, o pojemności od kilku do kilkunastu litrów.

Komora chłodnicza o temperaturze –2°C do przechowywania nasion kategorii *recalcitrant*. O rozmiarze tej komory decyduje przeciętny, przewidywany do przechowywania, zapas żołądźci, do czego niezbędna jest znaczna przestrzeń (w przybliżeniu do przechowania 1 tony żołądźci potrzeba około 4 m² powierzchni, przy wysokości pomieszczenia około 3,5 m, czyli około 14 m³). Komora z temperaturą –2°C powinna być wyposażona w wentylowane pojemniki, najlepiej plastikowe skrzynie z perforowaną pokrywą, o objętości 10–15 litrów. Do przechowywania żołądźci najlepiej nadają się plastikowe beczki, każda o pojemności 120–150 litrów, z perforowaną pokrywą. Istotne jest zainstalowanie w tej komorze wydajnego systemu wymuszonego obiegu powietrza, co ma szczególne znaczenie przy szczelnym wypełnieniu jej beczkami. Wówczas konieczne jest sprawne mieszanie układających się warstw powietrza, aby uniknąć gromadzenia się najchłodniejszego na dnie komory. Trzeba ją ponadto wyposażyć w ręczny wózek podnośnikowy (o udźwigu co najmniej 1 tony) do transportu palet.

Komora chłodnicza +3°C do chłodnej fazy stratyfikacji. Wymiary komory muszą być dostosowane do ilości nasion poddawanych jednocześnie temu zabiegowi. W praktyce wyznacza je, przewidywana do corocznej stratyfikacji, ilość nasion buka. Pozostałe nasiona są mniejsze, a ponadto roczne zapotrzebowanie na nie jest niewielkie. Komora +3°C musi być wyposażona w półki lub regały do układania pojemników z nasionami. Najlepiej, gdy są to plastikowe skrzynie, zamykane pokrywami, mogące swobodnie pomieścić około 20 kg nasion, albo mieszaniny nasion i podłoża stratyfikacyjnego. Do każdego pojemnika w komorze musi być zapewniony swobodny dostęp, umożliwiający również ich ważenie. Ma to szczególne znaczenie z uwagi na potrzebę uzupełniania w pojemnikach z nasionami ubytku wody, który określa się na podstawie zmian wagi.

Komora cieplarniana +20°C do fazy ciepłej stratyfikacji. Powierzchnia tej komory z reguły nie przekracza 8 m² i objętości 25 m³. Umożliwia ona ciepłą – krótką lub długą, oraz ciepło-chłodną – stratyfikację gatunków, potrzebujących takich zabiegów do skielkowania. Komora ta powinna być wyposażona analogicznie, jak poprzednia.

Komory niezbędne dla funkcjonowania szkółki najlepiej umieścić we wspólnej wiacie, specjalnie przystosowanej do ochrony przed czynnikami atmosferycznymi. Taki kompleks nasienny powinien umożliwiać łatwy dostęp do zapasów nasion i ich mechaniczny transport miniciągnikami lub wózkami widłowymi. Oczywiście, dopuszczalne są wszelkie rozwiązania kombinowane. Najczęściej jednak nasiona są przysposabiane bezpośrednio w szkółce kontenerowej, natomiast długoterminowe ich przechowywanie jest usługowo świadczone przez wyspecjalizowane, nowoczesne przechowalnie nasion.

7.2. Sprzęt do obróbki nasion

Przyjmując założenie, że w szkółce kontenerowej ma miejsce zarówno przysposabianie, jak i przechowywanie oraz obróbka nasion, kompleks nasienny należy wyposażyć w odpowiednie do tego celu urządzenia.

Czystość nasion. Do czyszczenia nasion niezbędne są urządzenia umożliwiające wyeliminowanie wszelkich zanieczyszczeń oraz oddzielenie nasion pustych. Pożądanym do tego celu urządzeniem jest wialnia sitowa do nasion, z możliwością precyzyjnej regulacji nawiewu. Za pomocą wialni usuwa się wszelkie zanieczyszczenia mechaniczne z nasion dużych (np.: buk, lipa, skrzydlaki), czyli fragmenty liści, gałęzi, kory, a przy tym większość nasion pustych. Nasiona z powrodeniem mogą być też czyszczone ręcznie, w czym pomocny jest specjalny stół lub niewielki, wolno przesuwający się taśmociąg. Ręcznie można oddzielić od nasion zanieczyszczenia mechaniczne oraz nasiona wyraźnie uszkodzone.

Do precyzyjnego rozdzielania frakcji nasion służą przede wszystkim separatory grawitacyjne, w których partie nasion przepuszcza się przez skoncentrowany



***Wialnia sitowo-pneumatyczna do wstępnego oczyszczania nasion
(Nadleśnictwo Rudy Raciborskie)***

strumień powietrza, którego siłę można ręcznie, precyzyjnie regulować. Efektem separacji jest uzyskanie kilku (zwykle 3–5) frakcji nasion różniących się od siebie stopniem czystości i udziałem nasion pełnych. Separator grawitacyjny daje możliwość niezwykle dokładnego oddzielenia od nasion wszelkich zanieczyszczeń, także nasion pustych i mechanicznie uszkodzonych, od pełnych i zdrowych. Jedną partię nasion poddaje się kilkakrotnie działaniu separatora i za każdym razem odrzuca frakcje skrajne. Daje to w efekcie nasiona stu procentowej czystości i bardzo dużej zdolności kiełkowania. Ponadto, usuwając nasiona pełne, ale najniższe oraz najcięższe, przypuszczalnie uzyskuje się poprawę energii kiełkowania, co jednak nie zostało, jak dotąd, udowodnione. W przypadku niektórych gatunków nasion separacja grawitacyjna jest niezbędna, by można było je wysiewać w technologii kontenerowej. Nasiona modrzewia europejskiego, brzozy brodawkowatej oraz olchy czarnej mają bardzo małą, naturalną siłę kiełkowania, absolutnie niezadowalającą przy siewach w kontenerach. W przypadku nasion modrzewia separator grawitacyjny jest za mało dokładny, więc dodatkowo trzeba je prześwietlić aparatem RTG, aby sprawdzić ich pełność i stopień opanowania przez pasożyty. Czę-

sto konieczne jest użycie jeszcze precyzyjniejszych urządzeń. W separatorze grawitacyjnym można separować jeszcze nasiona buka, lipy, grabu i inne, czyszczone wstępnie wialnią lub ręcznie. Odpowiednia regulacja separatora pozwala pozbyć się nasion pustych, w tym również zanieczyszczeń nawet nieznacznie różniących się wagą od nasion pełnych.

Wydajność separatorów grawitacyjnych nie jest duża, na przykład przy nasionach buka wynosi około 8 kg na godzinę. Należy przy tym pamiętać, że nadmierne przyspieszenie separacji zmniejsza dokładność oczyszczenia nasion. Ponadto prawidłowe działanie separatora grawitacyjnego uwarunkowane jest dokładnością wcześniejszego odskrzydlenia nasion. Nie dające się bowiem oddzielić fragmenty skrzydełek zmieniają sposób zachowania się (aerodynamikę) nasion w strumieniu powietrza, przez co zniekształcają wyniki separacji.

Większą dokładność separacji nasion można uzyskać w separatorach wodnych z cieczami o różnej gęstości (metoda IDS). Z uwagi na bardzo małą wydajność dostępnych na rynku urządzeń tego typu, nie znajdują one zastosowania w szkółkach kontenerowych.

Szkółkę kontenerową warto również wyposażyć w urządzenie do spławiania żołądzi. Zasada jego działania jest bardzo prosta. W dużym, otwartym zbiorniku



Separator grawitacyjny do precyzyjnej separacji nasion (Nadleśnictwo Rudy Raciborskie)

wypełnionym wodą, umieszcza się na kilkanaście minut partię żołądździ bezpośrednio po zbiorze. Po chwili pełnowartościowe żołądździe toną, natomiast lekkie zanieczyszczenia oraz nasiona puste i powierzchniowo uszkodzone pływają. Po ich zebraniu czystość pozostałych jest wystarczająca. Żołądździe pławi się zasadniczo przed umieszczeniem w chłodni -2°C . Proces ten powinno się powtórzyć bezpośrednio przed siewem.

Zadaniem omówionych urządzeń jest zwiększenie wartości użytecznej nasion do poziomu bliskiego 100%.

Zabezpieczenie nasion przed chorobami. Przechowywane nasiona są bardzo podatne na choroby grzybowe. Ubytki nimi spowodowane mogą być znaczne, a nawet obejmować cały zapas nasion. Dzieje się tak również w naturze, jednak przyroda rekompensuje to obfitym urodzajem nasion. W przechowalni podatność na infekcje zwiększają dodatkowo, znaczne czasami, wahania wilgotności, brak odpowiedniej wymiany gazowej w zamkniętych pomieszczeniach chłodniczych i inne jeszcze czynniki. Najczęściej w trakcie przechowywania rozwój chorób grzybowych jest ułatwiony bezpośrednim kontaktem nasion zainfekowanych ze zdrowymi. Ponieważ koszty przygotowania i przechowywania nasion są duże, a odpowiedni ich zapas warunkuje płynność hodowli szkółkarskiej, każdą partię nasion trzeba koniecznie zabezpieczyć przed chorobami grzybowymi i bakteryjnymi. Z reguły zaprawienie nasion odpowiednimi środkami chemicznymi po zbiorze, przed przechowaniem, wystarcza również jako zabezpieczenie przedsiewne. Obecnie na rynku znajduje się wiele skutecznych preparatów do zaprawiania nasion przed przechowywaniem. W przypadku przechowywania przez wiele lat, wskazane jest przed siewem wyplukać je i powtórnie zaprawić preparatami przeciwgorzelowymi. Należy podkreślić, że nadmiar fungicydów może przyczynić się do obniżenia zdolności i energii kiełkowania nasion. Konieczne jest zatem ściśle i rygorystyczne przestrzeganie podawanych przez producenta dawek preparatów, a w przypadku przechowywania jednorocznego sugeruje się zredukowanie dawki preparatów o 10–15%. Nasiona do produkcji sadzonek mikoryzowanych należy zaprawiać specjalnie dobranymi środkami chemicznymi, które nie są toksyczne dla biopreparatów grzybowych. Wrażliwość grzybów mikoryzowych na poszczególne środki chemiczne jest doświadczalnie testowana przez wybrane ośrodki naukowo-badawcze.

Podstawowym i prostym urządzeniem, jakie powinno znaleźć się w dziale nasiennym szkółki kontenerowej, jest zaprawiarka do nasion. Jest to urządzenie napędzane silnikiem elektrycznym, o regulowanej prędkości obrotowej, umożliwiające efektywne mieszanie nasion z preparatami grzybobójczymi. Doskonale do tego celu nadaje się wirujący bęben (na wzór betoniarki), najlepiej ze stali nierdzewnej, w którego wnętrzu zamontowane są łopatki, dokładnie mieszające zaprawiane nasiona. Pomieszczenie mieszające zaprawiarkę musi być dobrze wentylowane.

Znaczne szkody w przechowywanych zapasach żołądździ czynią od lat grzyby mumifikujące, np. *Sclerotinia pseudotuberosa*. Jest to grzyb pasożytniczy, infekuje

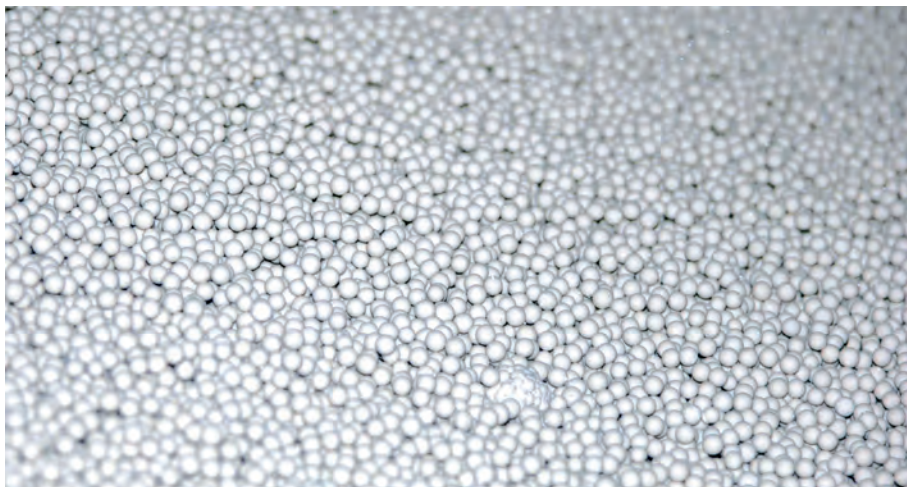
jący żółędzie jeszcze na drzewach lub zaraz po ich opadnięciu. Poraża liścienie wewnątrz nasion i bardzo łatwo rozprzestrzenia się w pomieszczeniach z przechowywanymi żółędziami. Największe jednak spustoszenia czyni w zasiewach dębu – od momentu siewu (również jesienno) do skielkowania. Z uwagi na twardą, nieprzepuszczalną, wysyconą woskami łupinę nasienną żółędzi, niezwykle trudno go zwalczyć powierzchniowo działającymi preparatami grzybobójczymi. Do walki z tym patogenem opracowano termiczną metodę zwalczania, nazywaną procesem termoterapii żółędzi. Polega ona na poddaniu żółędzi kąpieli w wodzie o temperaturze 41,0° C, z wymuszonym obiegiem, przez 2,5 godziny. W takich warunkach, bez szkody dla żywotności żółędzi, nieodwracalnie ginie tkanka patogenicznego grzyba. Każda szkółka kontenerowa, a także szkółki tradycyjne z produkcją dębów, powinny być wyposażone w urządzenie do termoterapii żółędzi. Jeśli w szkółce przechowuje się nasiona dębu pochodzące z różnych miejsc, to termoterapia jest niezwykle zalecana. W przeciwnym razie istnieje realna groźba szybkiego zawleczenia tej choroby na szkółki i w rejony, gdzie dotąd patogena nie stwierdzano.

Najprostszym urządzeniem do termoterapii jest kocioł o pojemności około 100 litrów, z aparaturą pomiarową kontrolującą i regulującą temperaturę oraz systemem zapewniającym stały ruch wody. Po napełnieniu wodą umieszcza się w nim żółędzie i podgrzewa do 41° C utrzymując temperaturę przez 2,5 godziny, z dokładnością do 0,1° C. Urządzenie do termoterapii nasion dębu należy zlokalizować jak najbliżej urządzenia do spławiania, przy czym urządzenia te powinny ze sobą współpracować. Wskazane jest też zainstalowanie mechanicznych podnośników do załadunku i rozładunku żółędzi. Proces termoterapii jest dość żmudny. Przy przeciętnej objętości kotła mogącego pomieścić jednorazowo około 100 kg żółędzi, jedna zmiana robocza jest w stanie poddać zabiegowi około 300 kg nasion. Dlatego w przypadku szkółek przechowujących znaczne ilości żółędzi, należy rozważyć wyposażenie działu nasiennego w kilka kotłów, współtworzących jedną – wspólnie sterowaną i kontrolowaną elektronicznie – linię.

W ogrodnictwie i rolnictwie od lat stosowanym sposobem przedsięwzięcia uprawiania nasion jest ich otoczkowanie. Oprócz zabezpieczenia chemicznego przed organizmami pasożytniczymi, zabieg ten pozwala nadać nasionom pożądany kształt i wielkość, co w szkółkarstwie kontenerowym ma istotne znaczenie w przypadku nasion takich gatunków jak olcha czy brzoza, których – z uwagi na rozmiar – nie da się wysiewać mechanicznymi siewnikami. Obudowanie nasion wspomnianych gatunków otoczką z talku, nadającą mu kulisty kształt i jednocześnie zwiększającą średnicę do kilku milimetrów (zależnie od potrzeb), umożliwia wykonanie siewu mechanicznego. Do otoczkowania drobnych nasion może z powodzeniem służyć, omówiona już, zaprawiarka z blachy nierdzewnej. Wystarczy jedynie wymontować z niej łopatki mieszające. Jedyne, niezbędne warunki, to idealna gładkość wewnętrznej powierzchni bębna. Do otoczkowania nasion potrzebny jest ponadto zestaw kalibrowanych sit oraz delikatny zraszacz ciśnieniowy.



***Linia do termoterapii żołądźi –
moment umieszczania kosza
z żołądźiami w kotł z gorącą
wodą (Nadleśnictwo Rudy
Raciborskie)***



***Otoczkowane nasiona brzozy brodawkowatej – w tej postaci można je wysiewać
za pomocą siewników automatycznych***

Inne urządzenia przydatne do obróbki nasion. Suszarnia nasion umożliwia doprowadzenie nasion do wymaganej wilgotności. Jeśli w szkółce zamierza się przechowywać nasiona buka, należy do przewidywanej ilości bukwi dostosować wielkość suszarni. Wydajność szafy suszarniczej powinna być nie mniejsza niż 100–120 kg na jeden cykl suszenia, trwający z reguły dobę. W szafie suszarniczej można też z powodzeniem podsuszyć nasiona drobne: sosen, modrzewi, brzoź i innych, a także osuszyć powierzchniowo nasiona moczone przed siewem. Nasiona suszy się w temperaturze około 20–25°C. Suszarnia musi być wyposażona w system wymuszonego obiegu powietrza i usuwania nadmiaru wilgoci.

Wagosuszarka umożliwia szybkie i dokładne określenie aktualnej wilgotności nasion wszystkich gatunków. Jest to niezwykle ważne w czasie przechowywania nasion, ich stratyfikacji oraz przy podsuszaniu przed długoterminowym przechowywaniem.

8. Podłoża do hodowli sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym

8.1. Rodzaje podłoży

Hodowla sadzonek w pojemnikach w szklarniach, inspektach oraz tunelach wymusza stosowanie specjalnych podłoży. Pierwotnie podłoża komponowano z gleby leśnej oraz kompostów, z dodatkiem kory, piasku, trocin, czy ściółki leśnej. Cechała je ogromna niejednorodność właściwości fizykochemicznych. Często zawierały nasiona chwastów i materiał zakażony szkodliwymi organizmami (np. grzybami zgorzelowymi). Wraz z rozwojem szkółkarstwa w warunkach kontrolowanych rosło zapotrzebowanie na podłoża, a hodowla sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym systematycznie zwiększała wymagania jakości substratów hodowlanych. Ostatecznie pożądane stało się stosowanie podłoży o ściśle określonych właściwościach, dostosowanych do potrzeb roślin. Podstawowym komponentem podłoży (substratów) przeznaczonych do hodowli sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym jest obecnie torf – najlepiej sfagnowy, wysoki. Korzystne jego cechy, to:

- naturalna porowatość, czyli zdolność do tworzenia przestworów powietrznych,
- zdolność gromadzenia wody, której większość będzie łatwo dostępna dla korzeni sadzonek,
- odpowiednie lub bliskie odpowiedniemu i łatwe do regulacji pH,
- brak (pod warunkiem prawidłowej technologii pozyskiwania) zarodników grzybów chorobotwórczych, zwłaszcza zgorzelowych,
- brak nasion chwastów i innych niepożądanych roślin,

- brak składników pokarmowych, a tym samym możliwość dowolnego dobierania dawki nawożenia, uzależnionej od potrzeb rośliny.

Torf wysoki stanowi około 70–90% pojemności substratu, pozostałe składniki objętościowe dodawane są po to, by obniżyć koszty hodowli lub poprawić właściwości torfu. W tym celu dodaje się:

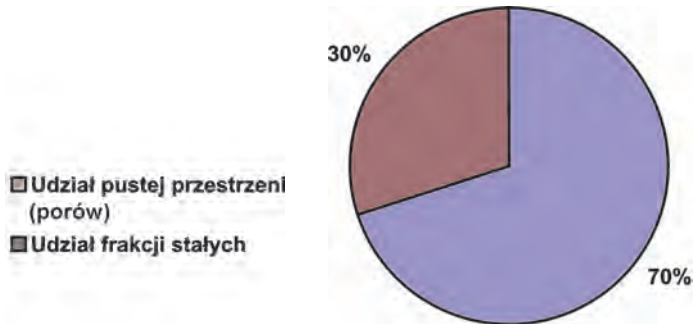
- ściółę, szczególnie świerkową (w ilości 10–30% objętości), przydatną w hodowli sadzonek: sosny, świerka, modrzewia, brzozy i olchy;
- trociny (w ilości 20%), użyteczne w uprawie świerka,
- korę, szczególnie sosnową, mieloną (w ilości 20–40% objętości), dobrą do hodowli większości gatunków;
- szyszki, zwłaszcza świerkowe, mielone (w ilości 10–40%), użyteczne w uprawie sadzonek świerka i modrzewia;
- perlit (w ilości 10–20%), przydatny w hodowli wszystkich gatunków.

W praktyce stosuje się często substraty skomponowane z więcej niż jednego składnika, na przykład torfowo-trocinowo-ściółkowy, w proporcji objętościowej 7:2:1, uważany za bardzo dobry do uprawy sadzonek świerka.

W hodowli sadzonek z odkrytym systemem korzeniowym w korytach lub wielolitrowych pojemnikach zwykle nie badano właściwości fizykochemicznych torfu, ani gotowego substratu. Z chwilą wdrożenia szkółkarstwa kontenerowego przy pierwszych, poważnych kłopotach z hodowlą sadzonek substraty zaczęto badać eliminując te o nieodpowiedniej jakości. Niektóre uwarunkowania technologiczne kontenerowej metody hodowli sadzonek, odmienne od pozostałych sposobów produkcji sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym, decydują o wymaganiach w stosunku do właściwości substratów używanych do napełniania kontenerów. Uwarunkowania technologiczne, to przede wszystkim:

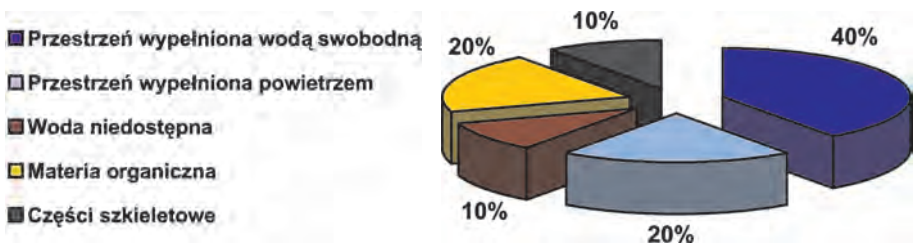
- mechanizacja procesu napełniania kaset substratem i siewu nasion,
- mała bryłka substratu,
- ażurowe pojemniki (kontenery),
- wzrost sadzonek głównie w naturalnych warunkach atmosferycznych,
- jednoroczny cykl hodowlany.

Prace nad składem substratu, który gwarantowałby zadowalające wyniki w udatności i jakości sadzonek, trwały od chwili rozpoczęcia hodowli sadzonek w kontenerach. Uwzględniając podane uwarunkowania technologiczne stwierdzono, że warunkiem udanej hodowli są przede wszystkim własności powietrzno-wodne substratu oraz jego skład chemiczny. Są one najistotniejsze przy hodowli w małych, ażurowych pojemnikach, w których najtrudniej zapewnić sadzonkom dostęp do wody i nawozów. Konieczne jest bardzo częste i dość obfite podlewanie sadzonek. W substratach o niewystarczającym udziale frakcji porowatej takie działanie powoduje wypełnienie wodą wszystkich porów, przez co z bryłki substratu zostaje wyparte powietrze, niezbędne do prawidłowego rozwoju korzeni. Udział poszczególnych frakcji w substracie powinien, mniej więcej, kształtować się zgodnie z niżej przedstawioną graficznie proporcją.



Prawidłowy udział frakcji stałej w substracie hodowlanym

Składniki substratu należy dobrać tak, aby uzyskać proporcję (procentowy udział poszczególnych frakcji) zbliżoną do podanej w formie graficznej.



Pożądane proporcje poszczególnych frakcji substratu hodowlanego

Pierwszorzędne znaczenie dla podanych, optymalnych właściwości substratu ma rodzaj użytego torfu, co potwierdzają doświadczenia szwedzkich i polskich szkółkarzy, zajmujących się hodowlą sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym w warunkach kontrolowanych.

Najodpowiedniejszym do produkcji substratów na potrzeby szkółkarstwa kontenerowego jest torf wysoki, kwaśny, sfagnowy, geologicznie młody (jasnobrązowy), o niskim stopniu rozłożenia (w rozumieniu Polskiej Normy nr PN-78/G-98016). Stopień rozłożenia torfu jest najważniejszą właściwością, decydującą w dużym stopniu o pozostałych parametrach. Optymalny to torf o stopniu rozkładu 10–15%, a możliwy do przyjęcia – 20%. Tylko nieliczne polskie torfowiska zawierają torf o pożądanym stopniu rozkładu i to tylko w górnych pokładach. Głębsze (poniżej 1 m) mają 25%, a nawet jeszcze większy stopień rozkładu i są nieprzydatne w szkółkarstwie kontenerowym. Najodpowiedniejsze są młode geologicznie torfy z torfowisk północnej Europy i Skandynawii. Mają poniżej 15%, a nierzadko mniejszy niż 10% stopień rozkładu. Dodaje się do nich stosunkowo niewiele ulepsza-



Fragment linii do produkcji substratów torfowych w szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Rudy Raciborskie

czy, a efekty hodowli są bardzo dobre. Działająca od 1996 r. szkółka kontenerowa Nadleśnictwa Rudy Raciborskie od czterech lat kupuje surowy, frakcjonowany torf wysoki z torfowisk położonych w Estonii, w okolicach Pärnu.

Surowy torf o odpowiedniej granulacji dostarczany jest z miejsca pozyskania w formie sprasowanej i opakowany folią (tzw. Big Bale) o pojemności 4–6 m³.

Metodykę oceny stopnia rozkładu podaje szczegółowo, wspomniana już, norma PN-78/G/-9816. Uproszczoną metodę oceny stosują szkółkarze szwedzcy. Polega ona na półgodzinnym moczeniu suchej początkowo próbki torfu, a następnie ocenie koloru odsączonej wody. Szacowany stopień rozkładu wynosi:

- poniżej 5%, jeżeli odsączona woda jest bezbarwna,
- 5–10 %, jeżeli odsączona woda ma kolor żółtobrazowy (słomkowy),
- 10–15 %, jeżeli odsączona woda ma kolor jasnobrazowy (kolor whisky),
- 15–25 %, jeżeli odsączona woda ma kolor ciemnobrazowy,
- 25–40%, jeżeli odsączona woda ma kolor brunatny, lecz jest klarowna,
- powyżej 40%, jeżeli odsączona woda ma kolor brunatny lub czarny i jest mętna.

Tą metodą można tylko wstępnie ocenić przydatność torfu. Większy zakup należy koniecznie poprzedzić laboratoryjnym oznaczeniem stopnia rozkładu. Badanie wykonuje większość stacji chemiczno-rolniczych oraz katedry gleboznawstwa wszystkich wydziałów leśnych. Stopień rozkładu torfu należy kontrolować również systematycznie w trakcie zakupów.

Z punktu widzenia szkółkarstwa kontenerowego równie istotne są takie własności surowego torfu, jak:

- skład granulometryczny,
- pojemność powietrzna,
- pojemność wodna,
- kwasowość.

Skład granulometryczny – to procentowy udział frakcji różniących się między sobą rozmiarem części stałych torfu. Decyduje on o zdolności zachowywania porowatej struktury substratu w czasie trwania uprawy. Optymalny udział frakcji w torfie przeznaczonym do sporządzenia substratu na potrzeby szkółkarstwa kontenerowego powinien kształtować się następująco:

- frakcja poniżej 0,5 mm – poniżej 5%,
- frakcja 0,5–1,0 mm – około 30%,
- frakcja 1,0–6,0 mm – około 60%,
- frakcja 6,0–20,0 mm – maksymalnie 10%,
- frakcja powyżej 20,0 mm – niedopuszczalna.

Skład granulometryczny jest trudny do oznaczenia w przeciętnym laboratorium, gdyż wymaga zastosowania zestawu precyzyjnych sit.

Pojemność powietrzna – jest parametrem najistotniejszym, decydującym o powodzeniu hodowli w szkółkarstwie kontenerowym. Przez pojemność powietrzną należy rozumieć, wyrażoną w procentach, objętość próbki torfu, która – mimo nasycenia wodą – zawsze pozostaje wypełniona powietrzem. Odpowiednia pojemność powietrzna decyduje o prawidłowym przewietrzaniu systemu korzeniowego, a co za tym idzie – dostarczaniu korzeniom odpowiedniej ilości tlenu, którego – przy intensywnej uprawie w kontenerach (wysoki metabolizm) – korzenie potrzebują bardzo dużo. Niezwykle intensywne nawadnianie substratu nie może ograniczać dostępności tlenu do korzeni.

Trzeba też pamiętać, że podczas uprawy pojemność powietrzna substratu maleje z różnych względów i – w stosunku do wartości wyjściowych – pod koniec okresu wegetacyjnego może się obniżyć nawet o 30%. Niedotlenione korzenie siewek i sadzonek nie wypełniają swoich podstawowych funkcji wobec części nadziemnej, co prowadzi do jej osłabienia, a nawet obumarcia.

Szwedzcy szkółkarze na podstawie badań stwierdzili, że pojemność powietrzna substratu wpływa istotnie na procent wschodów i wysokość sadzonek. Zależność tę, na przykładzie siewek pomidora, przedstawia tabela 1.

Bardzo negatywnym zjawiskiem, charakterystycznym dla substratu o zbyt niskiej pojemności powietrznej, jest szybkie i obfite zasiedlanie go przez mchy i w-

Tabela 1. Zależność udatności wschodów i wzrostu siewek pomidora od pojemności powietrznej podłoża

Pojemność powietrzna [%]	Wschody [%]	Uzyskana wysokość sadzonki [cm]
7	53	13
15	65	20
25	85	25
30	90	27
33	98	29
38	98	29

trobowce. Walka z nimi jest trudna, a użycie w sezonie wegetacyjnym preparatów do walki z mchami i porostami – ryzykowne.

Przeznaczony do sporządzenia substratu torf powinien mieć 15–20% pojemność powietrzną. Decydujące znaczenie ma, oczywiście, pojemność powietrzna gotowego substratu. Z torfu o pojemności powietrznej poniżej 10% nie można wyprodukować substratu o wymaganej pojemności powietrznej 20%, gdyż objętościowo przeważałyby w nim domieszki.

Metody oceny pojemności powietrznej przedstawione są w normie PN-78/G-98016. Pojemność powietrzną do własnych celów, nawet w warunkach skromnego laboratorium, można oznaczyć w prosty sposób. W tym celu trzeba w wyskalowanym naczyniu z wodą zatopić pojedynczy, wypełniony substratem pojemnik zwracając uwagę, aby zagęszczenie substratu w zanurzanym pojemniku było identyczne z zagęszczeniem na początku sezonu wegetacyjnego, tj. po wysiewie nasion. Pojemnik zanurza się, aż do całkowitego nasycenia substratu wodą, co trwa około 20–30 minut, po czym wyjmuje i pozwala wylewającej się strugą wodzie powierzchniowej odcieknąć. Gdy zacznie ona kapać kropelkami, umożliwiamy jej dalsze odciekanie do wykalibrowanego pojemnika przez 2 godziny. Przybliżoną pojemność powietrzną określa się dzieląc objętość odciekniętej wody przez objętość badanej próbki substratu (czyli pojemnika), wyrażając ten iloraz w procentach. Na przykład, jeżeli z wypełnionego substratem pojemnika o pojemności 120 cm³ wyciekło 22 cm³ wody, to oznacza, że dysponujemy substratem o pojemności powietrznej około 18%.

W praktyce zdarza się rzadko, aby surowy torf miał 20% pojemność powietrzną. W celu jej uzyskania przez substrat, konieczne jest dodanie do torfu określonej ilości komponentów, poprawiających porowatość substratu. W tabeli 2 podana jest pojemność powietrzna substratu, uzyskana przez wzbogacenie surowego torfu o 10 oraz 25, a także 50% szkieletu.

Pojemność wodna, w najprostszym tłumaczeniu, to – wyrażona w procentach wagi – ilość wody, jaką substrat jest w stanie zmagazynować na skutek wchłá-

Tabela 2. Pojemność powietrzna substratu torfowego w zależności od rodzaju zastosowanego dodatku (przy pojemności powietrznej surowego torfu ok. 10%)

Rodzaj szkieletu i jego udział	10%	25%	50%
Wermikulit	9,7	22,2	32,9
Żwir 0–4 mm	18,2	25,9	35,1
Perlit 4–8 mm	17,7	27,4	41,6
Kruszywo styropianowe	24,2	37,2	58,3
Torf włóknisty	11,2	13,2	16,0
Mielona kora sosnowa	8,8	18,9	32,6
Żwir 4–10 mm	24,7	25,3	27,6
Perlit 0–4 mm	13,1	15,0	18,1
Węgiel brunatny	17,0	27,0	b.d.

niania. Należy pamiętać, że chodzi o wodę łatwo dostępną dla korzeni sadzonek. Pojemność wodna substratu jest taka sama, jak użytego do jego sporządzenia torfu i jest przede wszystkim, choć nie wyłącznie, pochodną stopnia rozkładu. Torf o stopniu rozkładu około 15% z reguły ma około 40% porów, wypełnionych – w stanie uwodnienia – wodą. Daje to pojemność wodną torfu w granicach 800–1000%. Oznacza to, że sucha próbka torfu o wadze 1 kg po całkowitym nasączeniu wodą będzie ważyła 8 do 10 kg. Zdolność substratu do zgromadzenia tak dużej ilości wody jest niezwykle cenną właściwością, dzięki której w niewielkiej bryłce korzeniowej łatwiej utrzymać reżim wodny. Należy przy tym pamiętać, że większa pojemność wodna umożliwi wprawdzie gromadzenie większego zapasu wody, ale trzeba też wydłużyć czas podlewania.

Użyte do sporządzenia substratu dodatki poprawiające (zwiększające) jego pojemność powietrzną, w wyraźny sposób zmniejszają jednocześnie pojemność wodną i to znacznie, gdy zastosuje się spulchniacze w ogóle nie absorbujące wody, jak kruszywo styropianowe, perlit oraz żwiry. Dlatego udział komponentów spulchniających należy dobierać doświadczalnie, sporządzając kilka wariantów substratu o różnej recepturze, a następnie – przez pomiar pojemności powietrznej i wodnej – zdecydować o wyborze konkretnego wariantu.

Od pojemności wodnej i powietrznej substratu zależy sposób podlewania, tzn. ilość dostarczanej wody i częstotliwość nawadniania. Zagadnienie to będzie omówione w dalszej części opracowania.

Kwasowość substratu – to również bardzo istotna jego właściwość. Poziom kwasowości – pH (w niniejszym opracowaniu podawana zawsze jako pH mierzone w wodzie) decyduje o efektywności przyswajania składników pokarmowych z roztworu glebowego. Poszczególne gatunki mają odmienne wymagania w stosunku do pH podłoża, jednak w grupie drzew leśnych różnica nie przekracza zwykle 1,5. Dlatego w dużych szkółkach kontenerowych używa się w uprawie jedne-

go, uniwersalnego substratu o pH w przedziale 5,0–5,5. Odpowiada on gatunkom liściastym i jest tolerowany przez iglaste. Na skutek intensywnego podlewania i nawożenia w czasie sezonu wegetacyjnego, pH podłoża zmienia się stopniowo. Przyczyny tego zjawiska należy upatrywać w pH wody. Obserwacje w szkółkach kontenerowych dysponujących wodą lekko zasadową potwierdzają, że pH substratu (wiosną 5,5) podnosi się jesienią do 6,5 a nawet 7,0. Zjawisko to nie wywiera jednak niekorzystnych skutków, gdyż osiąga podane wartości dopiero w okresie kończącej się aktywności i metabolizmu sadzonki. Należy zwrócić uwagę, że zbyt wysokie, przekraczające 6,0 pH podłoża szkodliwie wpływa na zawiązywanie się i rozwój związków mikoryzowych. Dlatego w hodowli sadzonek mikoryzowanych wskazane jest użycie substratu o pH 4,5 w przypadku gatunków iglastych i 5,0 dla liściastych.

Ponieważ surowy torf ma pH około 4,0, kwasowość substratu reguluje się przez dodanie nawozu wapniowego. W tym celu należy doświadczać – za pomocą krzywej wapnowania – ustalić optymalną dawkę nawozu wapniowego. Określa się ją w kg nawozu na jednostkę objętości gotowego substratu. Krzywa wapnowania jest wykresem zależności zastosowanej dawki nawozu i uzyskanego efektu – wartości pH. Do regulacji kwasowości substratów nadają się wprawdzie wszystkie nawozy wapniowe stosowane w rolnictwie, najmniej jednak przydatne są nawozy szybko działające, jak kreda, czy wapno pyliste. Za najbardziej odpowiedni uważany jest mielony, pylisty dolomit. Dodany do podłoża działa zdecydowanie wolniej, ale jego wpływ uwidacznia się jeszcze w drugiej połowie sezonu wegetacyjnego. Zawiera ponadto tlenek magnezu, wzbogaca więc substrat w ten składnik pokarmowy. Zastosowanie dolomitu stwarza trudność w oznaczeniu prawidłowej dawki nawozu, gdyż krzywa wapnowania nie uwzględnia stopniowego uwalniania jonów wapnia. Dlatego do opracowania takiej krzywej konieczne jest użycie próbek sporządzonych trzy, a nawet cztery tygodnie wcześniej, co pozwoli skorygować wyniki o wpływ czasu – inaczej mogą być obciążone dużym błędem. Na przykład jedna ze stacji chemiczno-rolniczych sporządziła na potrzeby szkółki w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie analizę i krzywą wapnowania surowego torfu. Dla odkwaszenia go do poziomu 5,5 zalecono dawkę dolomitu w ilości 12 kg na 1 m³ torfu! Tymczasem praktyka pokazała, że w celu uzyskania substratu o pH 5,5 należało dodać tylko 2,5–3,0 kg dolomitu.

Mówiąc o regulacji kwasowości podłoża, trzeba zwrócić uwagę na jeszcze jedną, istotną właściwość surowego torfu. Dawka wapnowania substratu zależy wyłącznie od kwasowości użytego torfu. Dawkę tę ustala się dla całej partii torfu na podstawie badania niewielkiej próbki, wychodząc z założenia, że pH torfu w całej objętości jest jednakowe. W praktyce jednak nie zawsze tak jest, więc trzeba kontrolować pH kolejnych partii kupowanego torfu. Kiedy ich pochodzenie będzie niejednorodne (tzn. będą pozyskiwane z oddalonych od siebie obszarów lub – częściej – z różnej głębokości), należy liczyć się, że pH torfu nie będzie jednakowe, a tym samym nie będzie można ustalić optymalnej, jednej dawki dolomitu.

Niezwykle istotne jest więc, by wymagać oraz egzekwować od dostawcy stałą kwasowość całej dostarczanej masy torfu, czyli aby różnice pH poszczególnych partii nie przekraczały 0,1.

Reasumując, odpowiedni do kontenerowej hodowli szkółkarskiej substrat powinien mieć:

- pojemność powietrzną 20–25% objętości,
- pojemność wodną 800–1000% wagi,
- porowatość ogólną co najmniej 70% objętości,
- stałe pH w przedziale 4,5–5,5.

9. Woda – jej jakość, zapotrzebowanie, sposoby tworzenia rezerw

9.1. Znaczenie nawadniania w szkółkarstwie kontenerowym

Celem nawadniania jest ciągle dostarczanie rozwijającej się sadzonce optymalnej ilości wody (tzn. z wyeliminowaniem nawet krótkotrwałych okresów deficytu). Jest to niezwykle istotne, gdyż sadzonki uprawiane są na podłożach torfowych o dużej pojemności powietrznej, a ubytki wody (szczególnie w hodowli w ażurowych pojemnikach), na skutek parowania przy wysokiej temperaturze, znaczne. Transpiracja sadzonek, wynikająca z metabolizmu, jest również duża. Wszystko to sprawia, że utrzymanie reżimu wilgotnościowego w kontenerach nie jest łatwe. Dlatego tak istotną rolę odgrywa pojemność wodna substratów. Wszelkie potrzebne roślinom składniki pokarmowe pobierane są przez system korzeniowy wyłącznie z wodnego roztworu glebowego. Podlewanie więc, oprócz funkcji dostarczania niezbędnej do życia wody, ma za zadanie ciągle utrzymanie w porach bryłki korzeniowej wodnego roztworu składników pokarmowych.

Każda szkółka, tym bardziej kontenerowa, powinna być wyposażona w wydajne, a przy tym precyzyjne, urządzenia do nawadniania. Służą do tego różnego typu deszczownie, ale do nawadniania małych i ażurowych pojemników najbardziej przydatne są rampy deszczujące, najrównomierniej dozujące wodę. Ponadto umożliwiają regulację wielkości kropli wody i intensywności podlewania, a także podłączenie urządzeń dozujących nawozy i środki ochrony roślin.

W szczególnych przypadkach nawadnianie spełnia jeszcze jedną ważną rolę. Poprzez podlewanie możemy ochronić sadzonki przed przymrozkami, szczególnie późnymi. Sposób ten pozwala uniknąć szkód przy spadku temperatury do -3°C , a niektórzy twierdzą, że nawet do -5°C . Dzięki podlewaniu (zraszaniu) możemy też chronić sadzonki przed zbyt wysoką temperaturą w namiocie.

9.2. Jakość wody

Z uwagi na intensywność podlewania, jakość wody używanej do nawadniania w szklórkach kontenerowych ma bardzo duże znaczenie – większe niż w szklórkach tradycyjnych. Przed wykorzystaniem określonego źródła wody należy koniecznie ją zbadać, zwracając przede wszystkim uwagę na:

- pH wody,
- twardość wody,
- zawartość związków azotu,
- zawartość jonów w wodzie,
- ogólne wysycenie jonami.

Kwasowość wody. Badaniu należy poddać przede wszystkim wodę pochodzącą z naturalnych, powierzchniowych źródeł, gdyż zdarza się, choć rzadko, że ma wyraźnie kwaśny odczyn. W takim przypadku należy uwzględnić to przy regulacji kwasowości podłoża i doborze rodzaju nawozów, szczególnie formy nawożenia azotowego. Zakwaszenie wody poniżej 5,5 dyskwalifikuje ją.

Twardość wody. Jest pochodną zawartości rozpuszczonych w niej soli mineralnych, szczególnie jonów wapnia i magnezu. Pod tym kątem trzeba zbadać zwłaszcza wodę z ujęć głębinowych. Optymalna twardość wody używanej do podlewania sadzonek w szklórkach kontenerowej powinna wynosić około 10°dH. Szczególnie niekorzystna jest woda twardsza, gdyż utrudnia rozpuszczanie się nawozów i ich przyswajanie przez korzenie. Jeżeli używana do podlewania woda pochodzi ze źródeł powierzchniowych, musi być bieżąco (kilkakrotnie w ciągu roku) kontrolowana, by zawartość w niej związków azotu nie przekraczała 0,02 mg/l azotynów (NO_2^-) oraz 120 mg/l azotanów (NO_3^-). Ważna jest też znajomość zawartości pozostałych jonów i pierwiastków w wodzie. Nie powinny one przekraczać wartości, podanych niżej jako graniczne, maksymalnych zawartości jonów i pierwiastków (w mg/l):

- HCO_3^- (jony kwasowości) – 150,00,
- Ca^+ (jony zasadowości) – 100,00,
- Cl^- (chlorki) – 30,00,
- Na^+ (sodki) – 30,00,
- NH_4^+ i NH_3 (związki amonowe) – 30,00,
- K (potas) – 150,00,
- Ca (wapń) – 100,00,
- S (siarka) – 40,00,
- Mg (magnez) – 50,00,
- Fe (żelazo) – 0,30,
- Mn (mangan) – 0,50,
- B (bor) – 0,10,
- Cu (miedź) – 0,05,
- Zn (cynk) – 0,30,

- Mo (molibden) – 0,05,
- Co (kobalt) – 0,01,
- Al (glin) – dotąd nie określono,
- H₂SO₄ (kwas siarkowy) – 0,01.

Zbytne nagromadzenie jonów i pierwiastków w wodzie jest niepożądane w hodowli sadzonek, gdyż powoduje zaburzenie procesów odżywczych oraz toksyczne skażenie tkanek roślinnych.

Woda powinna być również zbadana na ogólne wysycenie wszystkimi jonami. Własność tę najczęściej ocenia się, określając konduktywność (przewodność elektryczną) wody. Konduktywność zależy wprost proporcjonalnie od stężenia jonów rozpuszczonych w wodzie, które zwiększa zdolność przewodzenia prądu. Konduktywność wody przeznaczonej do podlewania nie powinna przekraczać 0,5 μS/m. Znajomość wyjściowej konduktywności wody umożliwia prawidłowe ustalenie dawki nawożenia dolistnego.

9.3. Zapotrzebowanie na wodę i tworzenie jej rezerw

Prawidłowe nawadnianie, o czym była już mowa wcześniej, jest elementem warunkującym udaną hodowlę sadzonek w kontenerach. Jest ono wówczas właściwe, kiedy zapewnia sadzonkom optymalną ilość wody w czasie sezonu wegetacyjnego oraz ciągly dostęp do wody, bez okresów nadmiernego przesuszenia lub suszy. Aby spełnić te warunki, trzeba zaplanować infrastrukturę szkółki zdolną dostarczyć potrzebną ilość wody w odpowiednim czasie. Określenie zapotrzebowania na wodę nie jest proste, gdyż zależy od wielu czynników:

- gatunku sadzonki (większa transpiracja, a tym samym potrzeby gatunków liściastych),
- rodzaju użytego pojemnika (wielkość i stopień przewiewności),
- pojemności powietrznej i wodnej substratu,
- warunków zewnętrznych w czasie wzrostu na powierzchni otwartej.

Do celów orientacyjnych, przy założeniu, że produkcja dotyczy świerka w pojemnikach ażurowych o pojemności około 150 cm³, zapotrzebowanie na wodę w całym sezonie wegetacyjnym wynosi około 1200 litrów na 1 m² powierzchni oraz od 7 do 15 litrów na każdy m² na dobę. W przeciętnej szkółce, w której hoduje się około 3 milionów sadzonek, potrzeba około 8000 m² powierzchni produkcyjnej, do nawodnienia której trzeba zużyć 9600 m³ wody! By zagwarantować taką ilość wody, trzeba nie tylko wydajnego i stałego ujęcia, ale konieczne staje się również jej gromadzenie na wypadek krótkotrwałych przerw w dostawie.

Źródłami wody do nawadniania mogą być ujęcia: wodociągowe, z podziemnych źródeł, studni głębinowych oraz cieków powierzchniowych. Konieczne jest przy tym rozpoznanie wydajności źródła wody, czyli jaką jej ilość można pobrać bez zakłóceń. Trzeba również uwzględnić maksymalne, jednorazowe zapotrze-

bowanie na wodę, które jest ekstremalne w lecie, gdy podlewa się jednocześnie wszystkie sadzonki na otwartych powierzchniach. Jest to istotne przy projektowaniu wydajności pomp wodnych.

Optymalnym rozwiązaniem jest zaopatrzenie szkółki w pośrednie „magazyny” wody, czyli otwarte, albo naziemne lub podziemne zbiorniki zamknięte. W tym przypadku pobraną za pomocą pomp o określonej wydajności wodę z ujęcia (chyba, że jest to woda wodociągowa) magazynuje się w zbiornikach pośrednich, co pozwala na: zgromadzenie zapasu wody na wypadek awarii sieci zasilania oraz okresy zapotrzebowania przekraczającego wydajność źródła wody, podgrzewanie wody o zbyt niskiej temperaturze i osiągnięcie przez nią temperatury otoczenia, wymianę gazową między wodą i powietrzem, uwalniającą wodę z niepożądanych gazów jak chlor, chlorowódz i inne.



Zestaw pomp hydroforowych tłoczących wodę do instalacji nawadniającej – na pierwszym planie widoczne „awaryjne” zasilanie w wodę wodociągową (Nadleśnictwo Gidle)

Istotną trudnością jest natomiast utrzymanie w zbiornikach wodnych, zwłaszcza otwartych, biologicznej czystości w okresach zmniejszonego jej poboru. Niekorzystne zjawiska, z jakimi możemy mieć do czynienia, to: opadanie do wody materii organicznej i zarodników oraz form przetrwalnikowych grzybów, jak też rozwój glonów i innej mikrofauny oraz mikroflory. Konieczne jest więc okresowe, kilkukrotne w ciągu sezonu wegetacyjnego, czyszczenie zbiorników. Innego rodzaju problemów przysparzają zamknięte zbiorniki naziemne. Są to, wspomniane już wcześniej, ryzyko przegrzewania wody na skutek bezpośredniej insolacji oraz nadmierny rozwój glonów brunatnych i bakterii oraz konieczność opróżniania w okresie mrozów.

Jednak bez względu na to, czy woda do nawadniania pochodzi wprost ze źródła, czy też z pośrednich zbiorników, konieczne jest zawsze wyposażenie instalacji wodnej oraz urządzeń ją podających w odpowiedni rodzaj i liczbę filtrów wodnych. Jeśli przewidujemy wyposażyć szkółkę w zbiorniki wodne, muszą pomieścić zapas wody na co najmniej 3, a najlepiej 5, dni intensywnego podlewania. Z uwagi na potrzebę chwilowego (zwykle na 1 dzień) wyłączenia zbiornika, by go oczyścić, najlepiej zapas wody gromadzić w dwóch jednakowych zbiornikach. Przykładowo, w szkółce z hodowlą około 3 milionów sadzonek łączny zapas wody na 5 dni podlewania to około 460 m³, czyli dwa zbiorniki po 230 m³ wody.

Woda zgromadzona w zbiornikach, na bieżące potrzeby czerpana jest za pomocą pompy (lub ich zestawu) o wydajności gwarantującej podanie jej pod wymaganym ciśnieniem i w żądanej ilości. W okresie letnim pompy zazwyczaj pracują z maksymalnym obciążeniem, trzeba się więc liczyć z awariami i mieć w magazynie rezerwową.

Zapewnieniu wody odpowiedniej jakości oraz w wystarczającej ilości w szkółce powinno być poświęcone szczegółowe opracowanie w projekcie technologicznym.

10. Ogólne zasady hodowli sadzonek metodą kontenerową

Hodowla sadzonek drzew i krzewów leśnych z zakrytym systemem korzeniowym w szkółkach kontenerowych od tradycyjnego szkółkarstwa leśnego odróżnia się, między innymi, tym, że:

- 1) sadzonki rosną w sztucznym podłożu, w oderwaniu od gruntu;
- 2) w hodowli używa się zblokowanych pojemników z tworzyw sztucznych, przy czym:
 - objętość pojemnika dostosowana jest do gatunku i cyklu hodowlanego,
 - kształt i budowa pojemnika nie może powodować deformacji systemu korzeniowego,

- 3) większość gatunków hodowana jest w jednorocznym cyklu, a tylko niektóre w cyklu dwu- lub trzyletnim, przy czym okres przebywania sadzonki w pojemniku docelowym nie powinien być dłuższy niż jeden sezon wegetacyjny;
- 4) nasiona musi cechować bardzo duża czystość oraz zdolność i energia kiełkowania, a wymagające stratyfikacji wysiewa się w stanie podkiełkowanym;
- 5) cały proces hodowli podlega ścisłej kontroli na każdym etapie i jest w dużym stopniu niezależny od czynników atmosferycznych.

Odpowiednio wyseparowane i przygotowane nasiona wysiewa się do napełnionych substratem pojemników. Te, z nasionami takich m.in. gatunków jak sosna, świerk, modrzew, buk, lipa, jawor, klon, jesion, grab – w warunkach klimatycznych Polski – umieszcza się na okres 4–6 tygodni w tunelu. Takie natomiast gatunki rodzime, jak dąb, brzoza, olsza osiągają bez pobytu w tunelu czy szklarniach pożądaną wysokość, odpowiadającą dwulatkom na szkółkach otwartych. Zaleca się jednak, aby po 15 czerwca, w czasie tzw. drugiego pędzenia, czyli przyrostu świętojańskiego, sadzonki dębów na 4–6 tygodni wstawiać do tuneli. Jednolatka dębu dorasta wtedy do wysokości około 50 cm. Nawożenie startowe nawozami mineralnymi dodawanymi do substratu nie jest konieczne, gdyż podstawowe w tej technologii jest nawożenie dolistne. Już jesienią tego samego roku korzenie sadzonek wraz z substratem tworzą zwartą bryłkę. Sadzonki są gotowe do wysadzenia.

10.1. Cykl hodowlany

Ze względów ekonomicznych oraz biologicznych (zagrożenie deformacją systemu korzeniowego), hodowlę sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym cechuje dążenie do maksymalnego skrócenia cyklu hodowlanego. Poważny udział w hodowli sadzonek tą technologią mają koszty stałe, przekraczające często 50% wszystkich kosztów. W przeważającej części są to koszty amortyzacji oraz podatki i inne opłaty stałe. Wyhodowanie sadzonek o pożądanym parametrach, w jak najkrótszym czasie, w dużej mierze decyduje o opłacalności tej hodowli. Maksymalne skrócenie jej okresu jest także pożądane ze względu na zagrożenie deformacją systemu korzeniowego, które zwiększa się tym bardziej, im dłużej sadzonki tkwią w pojemnikach.

Sadzonki wyhodowane w szkółkach kontenerowych przeznaczone są do odnowień i zalesień w gospodarce leśnej. Dlatego w szkółkach kontenerowych dąży się do wyhodowania sadzonek o takich parametrach części nadziemnej (tj. wysokości i grubości w szyi korzeniowej), jakie stawia się sadzonkom z tradycyjnych szkółek otwartych. W szkółkach kontenerowych, w naszych warunkach klimatycznych, w cyklu jednorocznym można wyhodować odpowiednio do nasadzeń sadzonki takich gatunków jak: sosna zwyczajna, sosna czarna, sosna wejmutka, modrzew europejski, świerk pospolity, dąb szypułkowy, buk zwyczajny, brzoza

Tabela 3. Przeciętne wymiary sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym w szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Rudy Raciborskie

Gatunek	Symbol produkcyjny	Objętość pojemnika [cm]	Wysokość pędu [cm]	Grubość szyi korzeniowej [mm]
Sosna zwyczajna	1/0k	120	15	5
Modrzew europejski	1/0k	120	25	6
	0,5/1k			
Świerk pospolity	1/0k	120	15	4
	0,5/1k	265	30	10
Dąb szypułkowy	1/0k	265	35	6
Buk zwyczajny	1/0k	265	35	7
Lipa drobnolistna	1/0k	120	23	6
Klon jawor	1/0k	265	40	10
Brzoza brodawkowata	1/0k	265	30	8
Olsza czarna	1/0k	265	35	7

brodawkowata, brzoza omszona, olsza czarna, lipa drobnolistna, grab pospolity oraz klony.

W cyklu półtorarocznym (wysiew nasion na przełomie czerwca i lipca, do pojemników o objętości 40–50 cm³, a następnie – jesienią lub wiosną roku następnego – przeszkółkowanie do pojemników 265–300 cm³) zaleca się hodować świerka pospolitego i jedlicę zieloną. Jodła pospolita jest jedynym, rodzimym gatunkiem drzewiastym, którego hodowli sadzonek nie można przyspieszyć. Bez względu na to, czy hodowana jest w warunkach kontrolowanych, czy szkółkach tradycyjnych – aby osiągnąć wymiary wymagane normą, musi być hodowana minimum trzy lata. Dążąc jednak do skrócenia czasu jej wzrostu w pojemnikach, proponuje się najpierw wysiewać nasiona do inspektów, koryt Dünnemana lub na podłoże z substratów w namiotach foliowych, a następnie – po drugim roku – przeszkółkować na rok do pojemników o objętości co najmniej 250–300 cm³.

10.2. Zapotrzebowanie na nasiona

Jedną z niewątpliwych zalet szkółkarstwa kontenerowego jest możliwość szybkiego wyhodowania sadzonek na wypadek nagłego wzrostu zapotrzebowania, spowodowanego np. klęskami. Przyjmując jednoroczny cykl hodowli, sadzonki można mieć jeszcze w tym samym roku pod warunkiem posiadania odpowiedniej ilości nasion. Ze względów organizacyjnych wskazane jest więc zgromadzenie co najmniej dwu-, a najlepiej trzyletniego, zapasu nasion. Nie dotyczy to jedynie żołądzi, które wysiewa się pierwszej wiosny po zbiorze, a wyjątkowo przechowuje jeszcze przez rok.

W szkółkarstwie kontenerowym zapotrzebowanie na materiał siewny wylicza się zawsze z uwzględnieniem ciężaru tysiąca nasion, a także:

- wartości użytecznej nasion,
- nadmiaru obsiewu przy danym gatunku,
- liczby nasion wysiewanych do jednej celi.

Wyjaśnienia wymagają dwa ostatnie pojęcia.

Nadmiar obsiewu. Jest to, wyrażone w procentach, zwiększenie liczby obsiewanych cel, w stosunku do zaplanowanego rozmiaru hodowli. Nadmiar obsiewu pozwala uzyskać potrzebną (zakładaną) liczbę pełnowartościowych sadzonek nawet wówczas, gdy w obrębie kontenera sadzonki bardzo silnie konkurują, a najsłabsze zamierają. Przez to w kasecie rośnie tylko część sadzonek spośród tych, które rozpoczęły wzrost – procentowo: ponad 90 w przypadku sosny, 80 – świerka i zaledwie 50–60 buka. W związku z tym trzeba na tyle zwiększyć liczbę wysiewanych nasion, by uzyskać zaplanowaną liczbę sadzonek.

Liczba nasion wysiewanych do pojemnika. Jest ona wynikiem dążenia do pojawienia się w każdej obsianej celi siewki zdolnej do dalszego wzrostu, na co decydująco wpływa jakość nasion, określona ich wartością użyteczną. Na jej podstawie ustala się, ile nasion należy umieścić w doniczce, aby zminimalizować ryzyko nieuzyskania siewki. Należy przy tym pamiętać o wypadkach siewek pochodzących z nasion kielkujących zbyt późno, które nie nadążają za wzrostem sąsiednich i będą przez nie zagłuszone. Aby ustalić, ile nasion powinno być wysianych do pojedynczego pojemnika, w szkółkach skandynawskich opracowano tabele podające prawdopodobieństwo wystąpienia określonej liczby pełnowartościowych siewek, w zależności od jakości i liczby nasion wysianych do celi.

Na podstawie tabelarycznych danych oraz ilości nasion praktycznie używanych do siewu w szkółkach kontenerowych w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie i Jabłonna stwierdzono, że należy przyjąć, podane niżej, orientacyjne zapotrzebowanie na nasiona (ciężar nasion w stanie naturalnie wilgotnym, tj. przed ewentualnym podsuszeniem).

Sosna zwyczajna – 1,3 kg nasion na 100 tys. sadzonek, co wynika z przemnożenia masy 1000 nasion, tj. około 6 g • 2 nasiona w celi • nadmiar obsiewu 11%. W niektórych europejskich szkółkach, głównie skandynawskich, do jednej celi wysiewa się pojedyncze nasiono. Oznacza to wprawdzie o połowę mniejsze zapotrzebowanie na nasiona, ale muszą one mieć bardzo dużą, przekraczającą 98%, wartość użyteczną. By osiągnęły taką wartość, należy je wyselekcjonować z odpowiednio dużej partii.

Sosna czarna – 3,5 kg nasion na 100 tys. sadzonek, co wynika z przemnożenia ciężaru 1000 nasion, tj. 15 g • 2 nasiona w celi • nadmiar obsiewu 10%.

Świerk pospolity – 1,8 kg nasion na 100 tys. sadzonek, co wynika z przemnożenia wagi 1000 nasion, tj. 7,7 g • 2 nasiona w celi • nadmiar obsiewu 20%. Podobnie jak przy sośnie, również przy świerku sieje się niekiedy pojedyncze nasiono do celi.

Tabela 4. Prawdopodobieństwo wystąpienia określonej liczby siewek w pojemniku, w zależności od jakości i liczby wysianych do niego nasion (w %)

Wartość użyteczna nasion (w %*)	Siew po 2 nasiona			Siew po 3 nasiona			
	brak siewek	1 siewka w celi	2 siewki w celi	brak siewek	1 siewka w celi	2 siewki w celi	3 siewki w celi
60	16,0	48,0	36,0	6,4	28,8	43,2	21,6
61	15,2	47,6	37,2	5,9	27,8	43,5	22,8
62	14,4	47,1	38,5	5,5	26,9	43,8	23,8
63	13,7	46,3	40,0	5,1	25,8	44,1	25,0
64	13,0	46,0	41,0	4,7	24,9	44,2	26,2
65	12,2	45,5	42,3	4,3	23,9	44,4	27,4
66	11,6	44,8	43,6	3,9	22,9	44,4	28,8
67	10,9	44,2	44,9	3,6	21,9	44,4	30,1
68	10,3	43,5	46,2	3,3	20,9	44,3	31,5
69	9,6	42,8	47,6	3,0	19,9	44,3	32,8
70	9,0	42,0	49,0	2,7	18,9	44,1	34,3
71	8,0	41,2	50,8	2,4	17,9	43,9	35,8
72	7,8	40,4	51,8	2,2	16,9	43,5	37,4
73	7,3	39,4	53,3	2,0	16,0	43,2	38,8
74	6,8	38,4	54,8	1,8	15,0	42,7	40,5
75	6,3	37,4	56,3	1,6	14,1	42,2	42,1
76	5,8	36,5	57,7	1,4	13,1	41,6	43,9
77	5,3	35,4	59,3	1,2	12,2	40,9	45,7
78	4,8	34,3	60,9	1,1	11,3	40,2	47,4
79	4,4	33,2	62,4	1,0	10,5	39,3	49,2
80	4,0	32,0	64,0	0,8	9,6	38,4	51,2
81	3,6	30,8	65,6	0,7	8,8	37,4	53,1
82	3,2	29,5	67,3	0,6	8,0	36,3	55,1
83	2,9	28,2	68,9	0,5	7,2	35,1	57,2
84	2,6	26,9	70,5	0,4	6,5	33,9	59,2
85	2,3	25,5	72,2	0,3	5,7	32,5	61,5
86	2,0	24,0	74,0	0,3	5,1	31,1	63,5
87	1,7	22,6	75,7	0,2	4,4	29,5	65,9
88	1,4	21,1	77,5	0,2	3,8	27,9	68,1
89	1,2	19,6	79,2	0,1	3,2	26,1	70,6
90	1,0	18,0	81,0	0,1	2,7	24,3	72,9
91	0,8	16,4	82,8	0,1	2,2	22,4	75,3
92	0,6	14,7	84,7	0,1	1,8	20,3	77,8
93	0,5	13,0	86,5	0,0	1,4	18,2	80,4
94	0,4	11,3	88,3	0,0	1,0	15,9	83,1
95	0,3	9,5	90,2	0,0	0,7	13,5	85,8
96	0,2	7,7	92,1	0,0	0,5	11,1	88,4
97	0,1	5,8	94,1	0,0	0,3	8,5	91,2
98	0,0	3,9	96,1	0,0	0,2	5,8	94,0
99	0,0	2,0	98,0	0,0	0,0	2,9	97,1

* wyrażona iloczynem zdolności kiełkowania i energii kiełkowania.

Modrzew europejski – 1,5 kg elity nasion na 100 tys. sadzonek, co wynika z przemnożenia wagi 1000 nasion, tj. $4,5 \text{ g} \cdot 3 \text{ nasiona w celi} \cdot \text{nadmiar obsiewu } 15\%$. Wysiew trzech nasion do jednej celi umożliwi wykorzystanie nasion o użyteczności w granicach 75%, ale i tak jeszcze 1,6% cel będzie pustych. Jeśli użyje się nasion lepszej jakości, liczbę wysiewanych do celi nasion można zmniejszyć do dwóch, co obniży zapotrzebowanie na nasiona.

Jodła pospolita – 5,4 kg nasion na 100 tys. sadzonek, co wynika z przemnożenia ciężaru 1000 nasion, tj. $55 \text{ g} \cdot 1 \text{ nasiono w celi} \cdot \text{nadmiar obsiewu } 30\%$. Należy pamiętać, że w pierwszym roku otrzymujemy siewki, które są jedynie materiałem do dalszej hodowli, po przeszkólkowaniu ich do większych pojemników.

Jedlica zielona – 1,5 kg nasion na 100 tys. sadzonek, co wynika z przemnożenia ciężaru 1000 nasion, tj. $6,8 \text{ g} \cdot 2 \text{ nasiona w celi} \cdot \text{nadmiar obsiewu } 10\%$. Należy pamiętać, że uzyskujemy w pierwszym roku siewki przydatne do dalszej hodowli wyłącznie po przeszkólkowaniu ich do gruntu lub większych pojemników.

Dąb szypułkowy – 1150,0 kg żołądźci na 100 tys. sadzonek, co wynika z przemnożenia wagi 1000 żołądźci, tj. przeciętnie $7 \text{ kg} \cdot 1 \text{ nasiono w celi} \cdot \text{nadmiar obsiewu } 65\%$. Znaczny, jak widać, w tym przypadku nadmiar obsiewu wynika z silnej konkurencji między sadzonkami w obrębie kasety i naturalnej dla tego gatunku rozwlekłości wschodów.

Buk zwyczajny – 60,0 kg nasion na 100 tys. sadzonek, co wynika z przemnożenia ciężaru 1000 nasion, tj. $0,24 \text{ kg} \cdot 1 \text{ nasiono w celi} \cdot \text{nadmiar obsiewu } 55\%$ (jest to praktycznie uzyskiwana wydajność przy wybieraniu 65% nasion z kielkiem, przy zdolności kiełkowania ok. 80%). Potrzeba zastosowania tak dużego nadmiaru obsiewu jest wynikiem silnej konkurencji siewek w kasecie i zamierania słabszych w sezonie wegetacyjnym. Jeśli ponadto zdarzy się, że mamy do czynienia z nasionami przechowywanymi przez kilka lat, o obniżonej jakości, to wybranie z całej partii 65% nasion z kielkiem jest niemożliwe. W tej sytuacji konieczne jest proporcjonalne zwiększenie zapasu nasion.

Grab pospolity – 21,0 kg nasion na 100 tys. sadzonek, co wynika z przemnożenia ciężaru 1000 nasion, tj. $53 \text{ g} \cdot \text{przeciętnie } 3 \text{ nasiona w jednej celi} \cdot \text{nadmiar obsiewu } 30\%$.

Jesion wyniosły – 22,0 kg nasion na 100 tys. sadzonek, co wynika z przemnożenia ciężaru 1000 nasion, tj. $83 \text{ g} \cdot 2 \text{ nasiona w jednej celi} \cdot \text{nadmiar obsiewu } 30\%$.

Klon jawor – 35,0 kg nasion na 100 tys. sadzonek, co wynika z przemnożenia ciężaru 1000 skrzydlaków, tj. $130 \text{ g} \cdot 2 \text{ skrzydlaki w jednej celi} \cdot \text{nadmiar obsiewu } 30\%$.

Klon pospolity – 40,0 kg na 100 tys. sadzonek, co wynika z przemnożenia ciężaru 1000 skrzydlaków, tj. $150 \text{ g} \cdot 2 \text{ skrzydlaki w celi} \cdot \text{nadmiar obsiewu } 30\%$.

Lipa drobnolistna – 15,0 kg nasion na 100 tys. sadzonek, co wynika z przemnożenia ciężaru 1000 nasion, tj. $35 \text{ g} \cdot \text{przeciętnie } 3 \text{ nasiona w celi} \cdot \text{nadmiar obsiewu } 30\%$.

Brzoza brodawkowata – 4,0 kg nasion na 100 tys. sadzonek, przy założeniu użycia do siewu nieotoczkiowanych nasion o zdolności kiełkowania około 40% (praktyczny wynik uzyskiwany w naszych szkółkach kontenerowych). Ponieważ często mamy do czynienia z nasionami o gorszych parametrach, ilość tę należy zwiększyć.

Olcha czarna – 0,5 kg nasion na 100 tys. sadzonek, przy założeniu użycia do siewu nieotoczkiowanych nasion o zdolności kiełkowania około 60% (praktyczny wynik uzyskiwany w naszych szkółkach kontenerowych).

Znając przeciętny, roczny rozmiar hodowli szkółki kontenerowej, na podstawie podanych wartości można obliczyć potrzeby i zgromadzić odpowiedni zapas nasion, najlepiej – jeżeli to możliwe, na kilka lat.

10.3. Przechowywanie nasion

Gromadzenie odpowiedniego zapasu nasion na potrzeby kilkuletniej hodowli sadzonek w szkółce kontenerowej musi być poparte znajomością warunków ich długoterminowego przechowywania. Opracowano szczegółowe zasady postępowania z nasionami, tak by można było bez uszczerbku jakości lub tylko z nieznacznym pogorszeniem parametrów siewnych przechować je przez kilka sezonów wegetacyjnych. Do tego celu jest też niezbędna, opisana już wcześniej, infrastruktura szkółki służąca do obróbki oraz magazynowania i przechowywania nasion.

10.3.1. Sosna zwyczajna

Nasiona po wyłuszczeniu muszą być starannie wyseparowane do 100% czystości, po czym w separatorze grawitacyjnym selekcjonuje się je tak długo, aż uzyska 100% nasion pełnych i normalnie rozwiniętych. Do długoterminowego przechowywania powinno się przeznaczać partie nasion o energii kiełkowania 98% lub większej. Wartość użyteczna nasion wynosi wówczas co najmniej 98%. Następnie za pomocą wagosuszarki kontrolujemy wilgotność nasion i doprowadzamy do poziomu 5–6%, w razie potrzeby, podsuszając w szafie suszarniczej. Z całej jednorodnej partii nasion do oceny kwalifikacyjnej wydziela się próbki, po około 40 g, w liczbie wynikającej z przewidywanego okresu przechowywania (tyle próbek, ile lat przechowywania), przy czym jedna próbka reprezentuje co najwyżej 50 kg nasion. Sposób pobierania i uśredniania próbek jest zdefiniowany w Polskiej Normie PN-R-65700:1998. Próbki umieszcza się w hermetycznie zamykanych pojemnikach ze szkła lub folii. Również partię nasion umieszcza się w hermetycznie zamkniętym pojemniku. Próbki powinny być umieszczone w idealnie takich samych warunkach, przy czym ich pobranie nie może pociągać za sobą konieczności rozhermetyzowania całej partii nasion. Zaprawianie nasion nie jest konieczne.

Hermetycznie zapakowane, są przechowywane – przez 10 lat i dłużej – w chłodni o temperaturze -3°C . Co roku, przed planowanym siewem, trzeba pobrać jedną z przygotowanych próbek i skontrolować jakość nasion. Najprostszą i wystarczającą metodą oceny jest próba kiełkowania nasion na kiełkowniku Jakobsena.

10.3.2. Sosna czarna

Wyłuszczone nasiona powinny być oczyszczone do 100% poziomu czystości, po czym w separatorze grawitacyjnym selekcyjonowane tak długo, aż uzyska się 100% nasion pełnych i prawidłowo wykształconych. Za pomocą wagosuszarki kontroluje się wilgotność nasion i, w razie potrzeby, obniża ją do poziomu 6–7%. Następnie z całej jednorodnej partii nasion pobiera się próbki do oceny, po około 100 g każda, w liczbie wynikającej z przewidywanego okresu przechowywania. Jedna próbka reprezentuje co najwyżej 50 kg nasion. Próbki foliujemy hermetycznie i umieszczamy w warunkach identycznych do tych, w których przechowywane są nasiona. Partię nasion również hermetycznie foliujemy. Zaprawianie nasion nie jest wymagane. Hermetycznie zapakowane nasiona mogą być przechowywane przez 10 lat w chłodni o temperaturze -3°C . Co roku przed wysiewem nasion pobiera się próbkę nasion i ocenia zdolność kiełkowania na kiełkowniku Jakobsena.

10.3.3. Świerk pospolity

Nasiona po wyłuszczeniu muszą być oczyszczone do 100% czystości, po czym separuje się je (np. w separatorach grawitacyjnych), aż do uzyskania 100% nasion pełnych i prawidłowo wykształconych. Następnie za pomocą wagosuszarki oznacza się wilgotność nasion i, jeśli tak trzeba, obniża ją do 5% (w stanie naturalnym nasiona mają zwykle wilgotność 10%). Z całej jednorodnej partii nasion, w sposób losowy, wydziela się próbki nasion, po 40 g każda. Liczba próbek zależy od przewidywanego okresu przechowywania nasion (co najmniej jedna próbka na każdy rok przechowania). Jedna próbka reprezentuje partię nasion o masie najwyżej 50 kg. Próbki przeznaczone do oceny nasion hermetycznie foliujemy i umieszczamy razem z partią nasion, które również powinny być hermetycznie opakowane, najlepiej zafoliowane. Wskazane jest zaprawienie nasion fungicydem do zaprawiania nasion (np. preparatem DITHANE M45 lub innym). Tak przygotowane nasiona mogą być przechowywane w chłodni w temperaturze -3°C , nawet 20 lat lub dłużej. Co roku przed wysiewem nasion na podstawie próbki kontrolujemy zdolność ich kiełkowania. Stwierdzono niezbicie, że z każdym rokiem przechowywania (co ma istotne znaczenie w długoterminowym przetrzymywaniu) obniża się jakość nasion, głównie energii kiełkowania. Dlatego niewskazane jest przechowanie nasion świerka na potrzeby szkółkarstwa kontenerowego dłuższe niż 5 lat. Po

tym okresie, o ile wystąpi urodzaj, trzeba zebrać świeże nasiona i odnowić ich zapas, a dotąd przechowywane przeznaczyć na potrzeby szkółek gruntowych.

10.3.4. Modrzew europejski

Nasiona modrzewia, bardziej niż innych gatunków iglastych, są szczególnie wrażliwe na wysoką temperaturę. Dlatego szyszki trzeba łuszczyć metodą obróbki cieplno-mechanicznej, w temperaturze nie przekraczającej 40°C, nawet kosztem pozostawienia w nich pewnej ilości nasion. Wyłuszczone i odskrzydłone nasiona trzeba dokładnie oczyścić – do poziomu 95–100%. Charakterystyczną, naturalną cechą nasion modrzewia jest ich niska jakość siewna. Duży odsetek nasion pustych i niedokształconych oraz spasożytowanych sprawia, że zwykle zdolność kiełkowania nie przekracza 30%. Z tego powodu niezwykle istotne jest staranne, choć trudne, wyseparowanie elity nasion o wartości użytecznej zbliżonej do 85%. Jest to możliwe do osiągnięcia po wielokrotnej separacji nasion na separatorze grawitacyjnym dużej dokładności, w połączeniu z kontrolą pełności nasion metodą RTG. Nasiona powinno się separować aż do momentu, w którym zdjęcia RTG wykażą ponad 90% nasion pełnych. Żeby uzyskać 2 kg elity nasion, trzeba do separacji użyć nawet 12–15 kg nasion. Tak znaczący ubytek nasion w trakcie sortowania należy koniecznie uwzględnić przy planowaniu zbioru szyszek w roku urodzaju. Wilgotność wyseparowanych nasion ustala się metodą wagowosuszarkową i, w razie potrzeby, obniża ją do 5%.

Zasady ISTA i PN-R-65700:1998 określają wprawdzie, że próbka do kwalifikacyjnej oceny nasion ma ważyć 35 g, z uwagi jednak na wartość nasion proponuje się dla elity stosować 4–5 g próbki na każdy rok przechowania. Foliuje się je hermetycznie i umieszcza razem z resztą nasion. Cała partia nasion jest hermetycznie pakowana w folię. Tak przygotowane nasiona mogą być przechowywane w chłodni o temperaturze –3°C przez co najmniej 10 lat.

Każdorazowo przed wysiewem nasion należy, na podstawie jakości próbek, oznaczyć wartość siewną nasion. Doświadczenie wskazuje, że nasiona przechowywane dłużej niż 3 lata tracą nieco energię kiełkowania, co w przypadku tego gatunku ma jednak istotne znaczenie. Spóźnione w kiełkowaniu siewki zostają szybko zagłuszone przez sąsiednie, intensywnie rosnące, które wykiełkowały wcześniej.

10.3.5. Jodła pospolita

Nasiona jodły wyłuszcza się z szyszek przez działanie temperatury 20–25°C, po czym pozbawia skrzydełek przez mechaniczne odłamanie w urządzeniach bębnowych i eliminuje zanieczyszczenia do prawie 100% czystości. Kolejnym zabiegiem jest ich wielokrotna separacja w celu oddzielenia źle wykształconych i pustych. Należy jednak pamiętać, że w przypadku jodły wyeliminowanie wszystkich

plonych nasion w separatorze grawitacyjnym nie jest możliwe, gdyż w nasionach tych części żywe zastępowane są żywicą, więc ciężar takich nasion nie różni się od nasion pełnych. Dobrym rezultatem jest uzyskanie partii nasion, w których metodą RTG stwierdza się około 75% pełnowartościowych.

Nasiona świeżo po zbiorze mają około 40–45% wilgotności, do długoterminowego natomiast przechowywania konieczne jest jej obniżenie do 7%. Nie jest to tak łatwe, jak w przypadku innych gatunków iglastych. Przed podsuszaniem należy oznaczyć ich wagę przy pożądanej wilgotności, pamiętając o dużej (kilkunastoprocentowej) zawartości żywicy zgromadzonej w kanałach i pęcherzach żywicznych nasion jodły. Dlatego przed ostatecznym ustaleniem za pomocą wagosuszarki ciężaru nasion o wilgotności 7% konieczne jest usunięcie żywicy. Użyskujemy to przez dziesięciominutowe przecieranie nasion z gruboziarnistym piaskiem. Z partii nasion należy następnie pobrać próbki do oceny kwalifikacyjnej, po 240 g każda. Jedna próbka może reprezentować najwyżej 50 kg partię nasion. Na każdy rok przechowywania należy przygotować jedną próbkę. Próbkę pakuje się hermetycznie w folię. Przechowywane nasiona muszą być również hermetycznie zapakowane, najlepiej przez ofoliowanie, a następnie umieszczone w chłodniach, w pojemnikach, np. aluminiowych. Próbkę przechowuje się razem z nasionami, jednak tak, by przy ich pobieraniu nie trzeba było rozpakowywać całej partii nasion. Tak przygotowane nasiona można, bez istotnego pogorszenia ich jakości, przechowywać w chłodni, w temperaturze -3°C , przez 10 lat.

10.3.6. Jedlica zielona

Nasiona po wyluszczeniu należy doprowadzić do 100% czystości, a następnie – przez wielokrotne oddzielanie w separatorze grawitacyjnym – pozbyć się nasion pustych i źle wykształconych. Pożądaną poziom, to powyżej 90% wartości użytkowej nasion. Następnie trzeba określić aktualną wilgotność nasion i, w razie potrzeby, obniżyć ją do 5–6%. Z całej partii nasion należy wydzielić 60-gramowe próbki do oceny kwalifikacyjnej. Liczba próbek zależy od planowanej długości przechowywania nasion – po jednej próbce na każdy rok. Próbkę te foliuje się hermetycznie. Całą partię nasion należy również hermetycznie zapakować, najlepiej przez zafoliowanie. Tak przygotowane nasiona mogą być przechowywane, w chłodni o temperaturze -3°C , do 10 lat. Zdolność kiełkowania nasion ocenia się na podstawie badania próbek.

10.3.7. Dąb szypułkowy

Żołędzie zbiera się bezpośrednio po opadnięciu, gdyż ich przelegiwanie pod drzewem inicjuje kiełkowanie, co jest niewskazane, gdyż kielki są mechanicznie uszka-

dzane (obłamywane) w czasie obróbki nasion, a także uszkodzane przez podwyższoną temperaturę podczas termoterapii. Często też wymarzają podczas przechowywania w ujemnej temperaturze, a ponadto są łatwo dostępne dla patogenicznych grzybów i bakterii. Dlatego zgromadzone żołądździe, zanim podda się dalszej obróbce, powinny być przechowywane w chłodni, w temperaturze około 0°C. Wskazane jest także ich podsuszenie, dzięki czemu proces kiełkowania żołądździ zostaje skutecznie powstrzymany.

Pierwszym zabiegiem jest – zazwyczaj ręczne – wstępne oddzielenie zanieczyszczeń od żołądździ, które następnie się spławia, by odizolować puste, uszkodzone lub z pasożytami (takie wypływają na powierzchnię wody, a pełne i zdrowe toną).

W niektórych rejonach kraju od jakiegoś czasu stwierdza się duże straty w zasiewach dębu, spowodowane niszczeniem żołądździ przez grzyby mumifikujące z rodzaju *Ciboria* i *Sclerotina*, szczególnie *Sclerotina pseudotuberosa*. Przechowywanie w jednej, zbiorczej chłodni żołądździ z różnych regionów może przyczynić się do rozprzestrzenienia choroby przez przypadkowe zawleczenie. Z tego powodu proces termoterapii żołądździ jest zalecany w szkółkach kontenerowych i przechowalniach nasion. Polega on na 2,5-godzinnej kąpieli w wodzie o temperaturze 41,0°C, która – całkowicie nieszkodliwa (z wyjątkiem zbyt rozwiniętego kielka) dla tkanki żołądździa – zabija strzępki grzyba. Po tym zabiegu można bez obaw przechowywać żołądździe w chłodni.

Po spławieniu i termoterapii należy sprawdzić wilgotność żołądździ i, w razie potrzeby, doprowadzić ją do poziomu 40%. Należy w tym miejscu podkreślić, że w czasie przechowywania żołądździ – pomiędzy poszczególnymi procesami jego obróbki – podczas ciepłej i suchej jesieni może dojść do zbytniego ich przesuszenia. Spadek wilgotności żołądździ poniżej 25% może okazać się zabójczy.



**Sposób przechowywania
żołądździ w szkółce kontenerowej
w Nadleśnictwie Rudy
Raciborskie**

Na koniec żołądzie można potraktować zaprawą nasienną w celu ochrony przed porażeniem przez grzyby w czasie przechowywania. Przed umieszczeniem żołądzi w chłodni schładza się je w pomieszczeniu o temperaturze około 0°C, aby nie zamrozić ich zbyt gwałtownie. Po tym zabiegu należy żołądzie przesypać do zamkniętych pojemników, np. beczek z perforowanym wiekiem. Optymalna pojemność beczek, to 120–150 litrów. Wzdłuż beczki, przez środek, musi być umieszczony ażurowy komin wentylacyjny, wykonany np. z plastikowej rury drenarskiej. Żołądzie dodatkowo przykrywa się agrowłókniną, aby ograniczyć utratę wody. Tak przygotowane żołądzie umieszczamy w chłodni, o temperaturze –3, –2°C, z wymuszonym, wydajnym obiegiem powietrza. Teoretycznie można tak przechowywać żołądzie przez 3 lata, jednak doświadczenia szkółek kontenerowych dowiodły, że zdolność kiełkowania nasion pogarsza się o co najmniej 20% z każdym rokiem. Dlatego w szkółkach kontenerowych zaleca się je przechowywać jedynie do pierwszej wiosny po zbiorze. Dłużej żołądzie można przechowywać na potrzeby szkółek tradycyjnych, ale po dwuletnim przechowaniu trzeba odpowiednio zwiększyć normę wysiewu.

10.3.8. Buk zwyczajny

Buk zwyczajny jest gatunkiem wyjątkowo rzadko obradzającym. Na południu Polski urodzaj nasion powtarza się co 6–8 lat, a nawet rzadziej. W ostatnich latach coraz częściej brak urodzaju powodowany jest późnymi przymrozkami niszczącymi kwiaty lub okresami suszy wiosennej niszczącymi zawiązki nasion. Dlatego bardzo istotne jest zgromadzenie wieloletniego zapasu. Nasiona trzeba zebrać jak najszybciej po opadnięciu, gdyż z wielu względów ich dłuższe przelegiwanie pod drzewami jest niekorzystne w przechowalnictwie. W pierwszej kolejności nasiona czyści się wialnią pneumatyczno-sitową, by wyeliminować zanieczyszczenia oraz większość nasion pustych. Pożądaną poziom czystości po tym zabiegu, to przynajmniej 98%. Gdyby jednak nadal zawierały znaczny (większy niż 10%) odsetek nasion pustych, wskazane jest oddzielić je w grawitacyjnym separatorze nasion aż do uzyskania co najmniej 80% zdolności kiełkowania. Nie oznacza to, że taka będzie ich wartość użytkowa, gdyż znaczny odsetek nasion buka ma istotnie obniżoną energię kiełkowania.

Po wylczeniu wagi partii nasion o pożądanej wilgotności 8%, umieszczamy je w suszarni i osuszamy w wymuszonym obiegu powietrza o wilgotności około 30% i temperaturze 20–22°C. Co pewien czas kontrolujemy spadek wilgotności nasion za pomocą wagosuszarki, aż uzyskamy obniżenie wilgotności nasion do 8%. Następnie zaprawiamy je fungicydem ściśle przestrzegając instrukcji załączonej do preparatu, a zalecaną w niej normę należy obniżyć o 10–15%. Nasiona buka są wyjątkowo wrażliwe na przedawkowanie fungicydów, co prowadzi do znacznego obniżenia ich energii kiełkowania. Dla tak sprepa-

rowanej, jednorodnej partii nasion (pochodzącej z tego samego miejsca zbioru i zebranej w jednym, krótkim terminie) zakładamy stratyfikacyjną próbę kiełkowania. W tym celu próbkę około 500 nasion nawilżamy, aż do uzyskania wilgotności 32%, i umieszczamy w pojemniku bez podłoża, w pomieszczeniu o temperaturze +3°C. Założona w ten sposób próba wskaże czas potrzebny na przerwanie spoczynku nasion i pozwoli terminowo rozpocząć właściwą stratyfikację nasion po okresie przechowania. Z pozostałej jednorodnej partii nasion należy wydzielić próbki do oceny kwalifikacyjnej, po około 1000 g każda. Liczba próbek zależy od przewidywanego okresu przechowywania. Jedna próbka może reprezentować najwyżej 1000 kg nasion.

W przypadku buka występuje charakterystyczne, choć nie do końca jeszcze wyjaśnione, zjawisko polegające na gwałtownym spadku wigoru nasion niektórych przechowywanych partii. Z tego powodu zaleca się dodatkowo, dla każdej przechowywanej jednorodnej partii nasion, sporządzić dodatkowe próbki, po 500 nasion, do corocznej oceny ich wigoru. Co roku późną jesienią próba ta posłuży do określenia wilgotności nasion, a także ich zdolności i energii kiełkowania. Alarmujące jest ponad 3-tygodniowe opóźnienie kiełkowania nasion w stosunku do próby stratyfikacyjnej. Stwierdzenie znacznego, w stosunku do poprzedniego roku, spadku jakości nasion powinno skutkować decyzją o przeznaczeniu ich do wysiewu w pierwszej kolejności, najlepiej przyszłej wiosny.

Jednorodne, doczyszczone, osuszone do 8% wilgotności i zaprawione partie nasion zamyka się hermetycznie w opakowaniach foliowych. Szczególnie polecanym sposobem jest umieszczenie nasion w torbie z grubej folii, a następnie odesianie z niej powietrza i hermetyczne zgrzanie. Folia powinna być na tyle gruba, by nie przebiły jej ostre orzeszki buka. Torby z nasionami umieszczamy dodatkowo w szczelnie zamykanych pojemnikach z blachy nierdzewnej, aluminiowych lub plastikowych. W tych samych pojemnikach umieszczamy również próżniowo zafoliowane próbki do oceny kwalifikacyjnej oraz do oceny spadku wigoru nasion. Tak spreparowane nasiona mogą być przechowywane w chłodni -10°C nawet przez 10 lat. Tuż przed umieszczeniem w chłodni partie nasion należy wstępnie, przez 24 godziny, schłodzić w pomieszczeniu o temperaturze około 0°C. Zawsze należy się liczyć z obniżeniem jakości, a zwłaszcza energii kiełkowania, długoterminowo przechowywanych nasion. Obniża to znacznie wartość użyteczną nasion, więc szczególnie ważne jest coroczne monitorowanie ich stanu. Należy też pamiętać, że dla nasion przechowywanych przez kilka lat wymagany okres stratyfikacji, ustalony za pomocą stratyfikacyjnej próby kiełkowania, ulega stopniowemu wydłużeniu, nawet o 4–5 tygodni.

Stopniowe pogarszanie się jakości siewnej nasion buka do pewnego momentu nie eliminuje nasion przeznaczonych do siewu. W szkiełkach kontenerowych są one, w czasie trwania końcowej fazy stratyfikacji, ręcznie wybierane z chwilą wykształcenia kiełków. Dlatego do siewu przeznaczane są wyłącznie nasiona kiełkujące i dodatkowo mające najlepszą energię kiełkowania.

10.3.9. Grab pospolity

Dostarczone, odskrzydłone już nasiona oczyszcza się wialnią lub w separatorze grawitacyjnym, co eliminuje z partii nasion resztki skrzydełek i okryw owocowych, a także nasiona puste i niewykształcone. Pożądane jest, by osiągnąć 98% – lub większy – poziom czystości. Następnie trzeba sprawdzić wilgotność nasion i doprowadzić ją do poziomu 8–10%, najlepiej w szafie suszarniczej, gdzie nasiona poddaje się działaniu powietrza osuszonego do 30% wilgotności, w temperaturze 20–25°C. Poziom wilgotności sprawdzamy za pomocą wagosuszarki. Po podsuszeniu z całej partii nasion zakładamy stratyfikacyjną próbę kiełkowania, złożoną z około 500 sztuk, w trakcie której nasiona przeznaczone do próby miesza się z podłożem stratyfikacyjnym (piasek i torf, w proporcji 1:1) w stosunku objętościowym 1:3. Stratyfikacja odbywa się w pierwszej w temperaturze 20°C przez okres 4 tygodni, a następnie – przez około 14 tygodni – w temperaturze 3°C. Na podstawie stratyfikacyjnej próby kiełkowania można określić, jak długiego czasu właściwej stratyfikacji potrzebuje dana partia nasion, by przerwać spoczynek, a także jaka jest zdolność ich kiełkowania. Z pozostałej partii nasion wydziela się próbki do oceny kwalifikacyjnej, po 500 g każda. Jedna próbka może reprezentować maksymalnie 1000 kg nasion. Próbkę należy szczelnie zapakować, najlepiej przez ofoliowanie. Resztę nasion dzieli się na partie kilkukilogramowe i hermetycznie, najlepiej próżniowo, foliuje. Chemiczne zaprawianie nasion nie jest konieczne. Tak spreparowane nasiona mogą być, bez utraty właściwości siewnych, przechowywane w chłodni o temperaturze –3°C przez 3 lata, a nawet dłużej. Przed umieszczeniem paczek z nasionami w ujemnej temperaturze wskazane jest wstępne ich schłodzenie, przez jedną dobę, w pomieszczeniu o temperaturze bliskiej 0°C.

10.3.10. Jesion wyniosły

Skrzydłaki jesionu należy wstępnie oczyścić w wialni pneumatyczno-sitowej. Wilgotność nasion po zbiorze sięga zwykle 60%, co bardzo utrudnia oddzielenie nasion pustych. Należy więc, przy użyciu wagosuszarki, określić wilgotność zebranych nasion i obniżyć ją do 8–10%. Dopiero po tym zabiegu ponownie, kilkakrotnie przepuszcza się nasiona przez wialnię, by oddzielić najlżejszą frakcję, zawierającą głównie nasiona puste i niewykształcone. Czystość skrzydłaków powinna przekraczać 98%. Z tak doczyszczonych i podsuszonych nasion wybiera się losowo około 1000 sztuk, do założenia stratyfikacyjnej próby kiełkowania. W tym celu skrzydłaki mieszamy z torfowo-piaskowym (1:1) podłożem stratyfikacyjnym, w proporcji 1:3 na korzyść podłoża. Próbkę tę nawilżamy stopniowo, aż do pełnego napęcznienia nasion i umieszczamy w pomieszczeniu o temperaturze 20–25°C. Czas fazy cieplej wynosi na ogół 16 tygodni, ale – co charakterystyczne u jesionu wyniosłego – potrzeby nasion w tym względzie mogą być bardzo różne dla różnych

pochodzeń. W trakcie fazy ciepłej, po upływie ośmiu tygodni, wskazane jest kontrolowanie i rejestrowanie długości zarodków. Może się bowiem zdarzyć, że do wykształcenia zarodka wystarczy o wiele krótsza, niż 16 tygodni, faza ciepła. Po okresie fazy ciepłej stratyfikacyjną próbę kiełkowania umieszczamy w chłodni o temperaturze 3°C na kolejne 16 tygodni, aż do rozpoczęcia kiełkowania. Stratyfikacyjna próba kiełkowania pozwala określić, w jakim terminie należy rozpocząć stratyfikację nasion przeznaczonych do wysiewu.

Z pozostałej partii nasion wydziela się do oceny kwalifikacyjnej 400 g próbkę, która może reprezentować 1000 kg nasion. Podstawowy zapas należy hermeticznie, najlepiej próżniowo, zapakować w kilkukilogramowe paczki. Chemiczne zabezpieczenie na okres przechowywania nie jest konieczne. Tak spreparowane i zapakowane nasiona można przechowywać w chłodni o temperaturze -3°C przez 3 lata, a nawet dłużej. Przed umieszczeniem w ujemnej temperaturze wskazane jest stopniowe schłodzenie nasion przez jedną dobę, w pomieszczeniu z temperaturą około 0°C.

10.3.11. Klon jawor

Nasiona po zbiorze oddzielamy od zanieczyszczeń ręcznie lub w wialni. Sprawdzamy następnie wilgotność skrzydlaków, która zwykle wynosi około 55%. Do dłuższego, niż jednoroczne, przechowania konieczne jest podsuszenie skrzydlaków do wilgotności 25–30%, co odpowiada wilgotności samych nasion 30–40%. Należy podkreślić, że nasiona jaworu, jak inne w grupie *recalcitrant*, są wrażliwe na zbyt gwałtowne przesuszenie – spadek ich wilgotności poniżej 24% jest szkodliwy, a po pewnym czasie zabójczy. Dlatego najbezpieczniej podsuszyć je w szafie suszarniczej za pomocą suchego powietrza o temperaturze 20°C. Po podsuszeniu skrzydlaki ponownie przepuszcza się przez wialnię sitowo-pneumatyczną, by uzyskać co najmniej 95% poziom czystości, pożądaną dla przechowywanych nasion. Z jednorodnej partii nasion pobiera się próbkę średnią, 600 g, do oceny kwalifikacyjnej, po czym z około 500 nasion zakłada stratyfikacyjną próbę kiełkowania. W tym celu nasiona umieszcza się w torfowo-piaskowym (1:1) podłożu stratyfikacyjnym, w stosunku 1:3. Próbkę dowliza się stopniowo, aż do pełnego napęcznienia nasion i umieszcza w chłodni o temperaturze 3°C, na około 14 tygodni, do czasu rozpoczęcia kiełkowania. Nasiona przeznaczone do przechowywania przez okres dłuższy niż rok, należy zaprawić odpowiednim fungicydem. Tak przygotowane nasiona wsypuje się w szczelnie zamykane, szklane lub plastikowe, naczynia, albo zamyka przez zgrzanie worków z grubej folii. Przed umieszczeniem partii nasion w ujemnej temperaturze powinno się przez dobę schładzać je w pomieszczeniu z temperaturą bliską 0°C. Naczynia lub paczki ze skrzydlakami przechowuje się w chłodni o temperaturze -3°C, maksymalnie do trzeciej wiosny po zbiorze. Praktycznie stwierdzono jednak znaczny spadek jakości nasion z każ-

dym rokiem przechowywania, rzędu kilkunastu procent, co skłania do twierdzenia, że najlepiej siać nasiona ze świeżego zbioru.

10.3.12. Klon pospolity

Skrzydłaki po zbiorze należy oddzielić od zanieczyszczeń, najlepiej w wialni pneumatyczno-sitowej, gdyż ręcznie jest to niezmiernie trudne. Pożądana czystość wynosi powyżej 95%. Świeżo zebrane nasiona mają dużą wilgotność – skrzydłaki około 60%, a nasiona 50%. W miarę przechowywania luzem szybko tracą wilgotność. Charakterystyczne przy tym u klonu są znaczne różnice wilgotności poszczególnych nasion. Jeżeli mają być przechowywane dłużej niż jeden sezon, należy obniżyć ich wilgotność do 8%. Najlepiej uczynić to w szafie suszarniczej, w strumieniu suchego powietrza o temperaturze 20°C. Następnie ponownie umieszcza się je w wialni, by wyeliminować resztkę zanieczyszczeń, a także większość nasion pustych. Z jednorodnej partii pobiera się próbkę średnią, 700 g nasion, do oceny kwalifikacyjnej i, z około 500 z nich, zakłada stratyfikacyjną próbę kiełkowania (identycznie jak w przypadku jaworu). Podsuszone do 8% nasiona klonu zwyczajnego można – szczelnie zamknięte – przechowywać przez kilka lat w chłodni –3°C. Chemiczne zabezpieczenie nasion przed przechowaniem nie jest konieczne. Z uwagi na coroczne z reguły obradzanie klonu zwyczajnego, zaleca się w szkółkach kontenerowych używać do siewów nasion zebranych poprzedniej jesieni.

10.3.13. Lipa drobnolistna

Zebrane owoce młóci się, by odskrzydlić i rozbić owocnie, po czym czyści, za pomocą wialni pneumatyczno-sitowej, separatora grawitacyjnego lub sortownika wibracyjnego, aż wyseparuje się same nasiona, o czystości 98%. Zebrane w październiku nasiona mają zwykle wilgotność około 15%. Do przechowywania trzeba obniżyć ich wilgotność do 8%, najlepiej w szafie suszarniczej, w przepływającym, suchym powietrzu o temperaturze 20°C. Z jednorodnej partii należy przygotować próbkę średnią, 180 g, do kwalifikacyjnej oceny nasion. By określić wymagany okres ich przysposobienia, należy założyć stratyfikacyjną próbę kiełkowania. W tym celu umieszcza się napęczniałe nasiona najpierw w temperaturze 20°C, na okres 12 tygodni, a następnie – na 16 tygodni – w temperaturze 3°C. Próbkę do oceny pakuje się szczelnie przez zafoliowanie i umieszcza w identycznych warunkach, jakie ma reszta nasion. Jednorodną partię nasion należy podzielić na 1–2-kilogramowe partie i każdą z osobna szczelnie, a najlepiej hermetycznie, zapakować. Tak przygotowane nasiona, bez utraty ich wartości siewnej, można przechowywać do 3 lat w chłodni o temperaturze –3°C.

Lipa obradza wprawdzie corocznie, zdarzają się jednak lata z dużym odsetkiem owoców pustych. Przechowywanie nasion pozwala uniknąć nieopłacalnego zbioru w „płonnych” latach.

W ostatnim czasie często stosowana jest skaryfikacja nasion lipy za pomocą kwasu siarkowego, która zastępuje fazę ciepłą tradycyjnej stratyfikacji.

10.3.14. Brzoza brodawkowata

Owocostany, po lekkim podsuszeniu, trzeba wymłócić, przez ugniatanie, w workach z cienkiego materiału. Mieszaninę tę, o czystości na ogół nie przekraczającej 30%, separuje się wielokrotnie, najlepiej w małej wialni lub innym separatorze, by oddzielić nasiona od łusek. Nasiona trzeba pozbawić skrzydełek przez przecieranie w woreczkach bawełnianych, partiami po 300–400 g. Z uzyskanej mieszaniny, o czystości z reguły 75%, oddziela się nasiona – w precyzyjnym separatorze grawitacyjnym z płynną regulacją wielkości strumienia powietrza, najpierw frakcję najdrobniejszą, złożoną z fragmentów skrzydełek i zabieg powtarza – aż do uzyskania ponad 98% ich czystości. Tak oczyszczoną partię nasion należy następnie pozbawić nasion pustych, uszkodzonych i niewykształconych. Udział tych nasion może być znaczny (przekraczać nawet 30%), co decyduje o przydatności nasion do siewu. Odskrzydłone i oczyszczone nasiona kilkakrotnie selekcjonujemy w separatorze grawitacyjnym, rozdzielając za każdym razem partię nasion na 3 frakcje. Najlżejsza zawiera prawie wyłącznie nasiona puste, niewykształcone i uszkodzone. Frakcja środkowa (powinna stanowić 30% masy całej separowanej partii) jest mieszaniną nasion pustych oraz pełnych, lecz lżejszych. Trzecią frakcją (o ile dokładnie usunięto łuski) tworzą najbardziej wartościowe nasiona pełne i ciężkie. Podczas pierwszych dwóch, trzech separacji oddziela się najlżejszą frakcję, a dwie pozostałe miesza ze sobą i poddaje następnemu rozdzielaniu. Do przechowywania nasion przeznaczają się wyłącznie najcięższą frakcję, uzyskaną w ostatniej separacji. Idealnym rozwiązaniem jest kontrolowanie udziału nasion pełnych w najcięższej frakcji za pomocą aparatu RTG i na tej podstawie decydowanie o zakończeniu separacji. Wyseparowane nasiona podsusza się w szafie suszarniczej do wilgotności 5%. Z jednorodnej partii nasion należy wydzielić 10 g próbkę średnią do oceny kwalifikacyjnej. Liczba potrzebnych próbek zależy od przewidywanej liczby lat okresu przechowania. Każdą próbkę z osobna pakujemy, najlepiej hermetycznie, przez zafoliowanie próżniowe. Pozostałe nasiona dzielimy na partie o wielkości zależnej od średniorocznego zużycia i pakujemy, również próżniowo. Zabezpieczanie nasion fungicydami na okres przechowywania nie jest konieczne. Tak spreparowane nasiona przechowujemy – do 10 lat, a nawet dłużej – w chłodni o temperaturze -10°C . Opłacalność wieloletniego przechowywania wynika z pracochłonności procesu uzyskania elitarniej partii nasion w roku dobrego (pełnego) urodzaju.

10.3.15. Olsza czarna

By wydobyc nasiona, zebrane w grudniu szyszeczki olszy trzeba wpieryw podsużyć suchym powietrzem o temperaturze 25°C. Nasiona oddziela się od zanieczyszczeń w separatorze grawitacyjnym do poziomu powyżej 98% czystości. W polskich warunkach jest w nich jeszcze około 50% nasion pustych i wadliwych. Następnym etapem jest więc wyseparowanie nasion pełnych, o zdolności kiełkowania co najmniej 75% (metodą opisaną przy postępowaniu z nasionami brzozy). Staranna, cierpliwa separacja pozwala na uzyskanie elitarniej partii nasion o zdolności kiełkowania ponad 95%. Tak dobra jakość nasion nie jest potrzebna ani na potrzeby szkółki kontenerowej, ani tym bardziej gruntowej. Nasiona po zbiorze mają zwykle wilgotność około 8%, którą należy obniżyć do 4–5%, jeśli chce się je przechowywać przez kilka lat. Z jednorodnej partii nasion przeznaczonych do przechowywania wydziela się 8 g próbkę średnią do oceny kwalifikacyjnej. Liczba próbek zależy od przewidywanego okresu przechowywania. Zarówno próbki średnie, jak i nasiona podzielone na mniejsze partie, pakuje się szczelnie, najlepiej próżniowo, w worki foliowe i umieszcza w chłodni o temperaturze –10°C. Okres przechowywania bez utraty własności siewnych nasion wynosi 3 lata. Z każdym następnym rokiem następuje niewielkie, lecz wyraźne obniżanie się energii kiełkowania przechowywanych nasion.

10.4. Przystosowanie nasion do siewu oraz sposób siewu

W szkółkarstwie kontenerowym niezwykle istotne jest użycie do siewu nasion o najwyższej jakości, gdyż – ze względów ekonomicznych – dąży się do 100% udatności wschodów w kontenerze. Zamiarem jest, aby w każdej celi pojawiła się pełnowartościowa siewka, potencjalnie gotowa do dalszego wzrostu. Jednym z elementów decydujących o wartości używanych do siewu nasion, jest ich prawidłowe przystosowanie, czyli skuteczne przerwanie spoczynku nasion spoczynkowych i maksymalne skrócenie oraz wyrównanie okresu kiełkowania w kontenerze w celu uzyskania siewek w tym samym etapie rozwoju, co pozwoli na wyeliminowanie nierównej konkurencji, wynikającej z przewagi starszych siewek nad młodszymi.

10.4.1. Sosna zwyczajna

Spoczynek nasion sosny zwyczajnej jest bardzo płytki i uwarunkowany wilgotnością oraz temperaturą otoczenia. Po uzyskaniu przez nasiona odpowiedniej wilgotności, wzrost temperatury powyżej zera stymuluje kiełkowanie. Jedynym problemem jest fakt, że okrywy nasion mają nieco różną przepuszczalność wodną, więc potrzebują różnego czasu do pobrania wymaganej do skiełkowania ilości

wody. Powoduje to wydłużenie okresu, potrzebnego do skielkowania wszystkich nasion. By tego uniknąć, pobrane z chłodni nasiona, po jednodobowym podgrzaniu w 3°C, należy zalać wodą o temperaturze 10–12°C i moczyć kolejną dobę. Po tym zabiegu wszystkie nasiona będą zawierały dostateczną do skielkowania ilość wody. Bezpośrednio przed siewem wystarczy je tylko szybko powierzchniowo osuszyć (w szafie suszarniczej, w strumieniu suchego powietrza o temperaturze 30°C), aby nie przywierały do siewnika.

Podstawowym sposobem jest siew automatyczny za pomocą siewnika mechanicznego. Zależnie od aktualnej wartości użytecznej nasion do każdej celi wysiewamy od 1 do 3 nasion. Siew pojedynczy ma sens, gdy wartość użyteczna nasion przekracza 97%, wcześniej jednak trzeba przeliczyć, co jest bardziej opłacalne, czy podwojenie wysiewanej ilości nasion, co skutkuje koniecznością przerywania wschodów, czy „uprawa” 3% pustych cel. Nasiona po wysiewie należy przykryć cienką warstwą substratu lub piasku. Znakomicie nadaje się do tego celu również drobny perlit.

10.4.2. Sosna czarna

Z nasionami sosny czarnej postępuje się identycznie, jak przy sośnie zwyczajnej, a różny jest tylko sposób siewu. Ponieważ liczba hodowanych w szótkach kontenerowych sadzonek sosny czarnej jest niewielka, nieuzasadnione jest używanie siewnika automatycznego. Nasiona do kaset wysiewa się ręcznie, zwykle po 2–3 sztuki do każdej celi.

10.4.3. Świerk pospolity

Przechowywane w chłodni nasiona należy przez dwie doby stopniowo ogrzewać – przez pierwszą w temperaturze –3°C i drugą w +3°C. Po tym zabiegu są one właściwie gotowe do wysiewu, choć namoczenie, a potem powierzchniowe osuszenie nasion nieznacznie skraca okres kielkowania.

Nasiona wysiewa się do kaset automatycznym siewnikiem mechanicznym (tym samym, którym siano sosnę zwyczajną). W przypadku hodowli systemem jednorocznym (1/0K), z reguły trzeba wysiewać po 2–3 nasiona. W cyklu półtorarocznym (0,5/1K) do cel najczęściej wysiewa się nasiona pojedynczo.

10.4.4. Modrzew europejski

Z nasionami modrzewia postępuje się identycznie, jak z nasionami sosny zwyczajnej. Należy pamiętać o stopniowym ogrzaniu nasion, ich namoczeniu i powierzchniowym podsuszeniu. Zabiegi te zmierzają do skrócenia i wyrównania okresu kielkowania.

Nasiona sieje się tym samym siewnikiem, którego używano do wysiewu nasion sosny i świerka, zazwyczaj po dwa do każdej celi. Z uwagi na dużą wartość nasion (precyzyjnie wyseparowana elita) należy rozważyć, czy siew pojedynczy nie opłacałby się bardziej, nawet kosztem obniżonej udatności. Dotychczasowe doświadczenie ze szkółek kontenerowych wskazuje jednak na potrzebę i opłacalność siewu podwójnego.

10.4.5. Jodła pospolita

Przechowywane długoterminowo nasiona tego gatunku muszą przejść przed wysiewem stratyfikację przerywającą stan spoczynku. W tym celu, trzymane dotychczas w temperaturze -3°C , nasiona umieszcza się na jedną dobę w pomieszczeniu o temperaturze $+3^{\circ}\text{C}$. Dopiero wówczas mogą być rozpakowane i stratyfikowane, czyli poddane działaniu temperatury 3°C przez 6 tygodni, po czym powinno się rozpocząć kiełkowanie. Nasiona stratyfikuje się w podłożu torfowo-piaskowym w stosunku 1:1. Po skiełkowaniu około 10% nasion, należy je przeznaczyć do siewu. Sieje się je ręcznie, najczęściej po 2–3 nasiona. Gdy sadzonki będą hodowane z przeznaczeniem do ich późniejszego szkółkowania, nasiona sieje się zwykle pojedynczo do małych, przejściowych kontenerów.

10.4.6. Jedlica zielona

Postępowanie z nasionami tego gatunku jest identyczne, jak z nasionami świerka pospolitego.

10.4.7. Dąb szypułkowy

Nasiona dębów należą do grupy *recalcitrant* i są jednocześnie zupełnie pozbawione spoczynku. W szkółkach tradycyjnych, o ile nie są wysiewane jesienią, wiosną nie potrzebują żadnych, specjalnych zabiegów przedśiewnych z wyjątkiem spławiania i termoterapii. Należy zwrócić uwagę, że cechą charakterystyczną żołądźki jest niezwykle rozciągnięty w czasie okres kiełkowania. Zjawisko to jest spowodowane różnymi czynnikami, a jednym z istotniejszych jest grubość i stopień wysycenia woskami łupiny nasiennej, co z kolei decyduje o jej przepuszczalności wodnej. Jest to cecha indywidualna, skutkująca rozwlekłością czasu kiełkowania. O energii kiełkowania decyduje prawdopodobnie w pewnym stopniu wielkość urodzaju nasion. Uważa się, że im obfitszy urodzaj nasion, tym mniejsza jest energia kiełkowania żołądźki.

W celu wyeliminowania, a przynajmniej ograniczenia skutków zróżnicowania przyswajania przez żołądźki wody, w szkółkach kontenerowych stosuje się za-

bieg uszkodzania łupiny nasiennej (mechaniczna skaryfikacja). Najpierw nasiona, przechowywane w chłodni -3°C , trzeba przez 1–2 doby ogrzewać w temperaturze nieco powyżej 0°C , nie wyjmując ich z pojemników, w których były przechowywane. Żołędzie spławia się, zalewając pojemniki wodą o temperaturze około 10°C , co pozwala wyeliminować ewentualne, zepsute egzemplarze i opłukuje ze środków chemicznych użytych do zaprawienia na okres przechowywania. Spławianie pobudza też żołędzie do wchłaniania wody.

Po tych zabiegach żołędzie wysiewa się ręcznie do kaset. Bezpośrednio przed umieszczeniem w celi każde nasiono zostaje obcięte za pomocą sekatora, ostrego noża lub specjalnej gilotynek. Obcinane jest około 15–20% żołędzia od strony szypułkowej. W ten sposób otwiera się, ograniczony przedtem łupiną, dostęp wodzie, którą liścienie szybko wchłaniają. Pozytywnym aspektem przycinania żołędzi tuż przed siewem jest też łatwa ocena ich stanu zdrowotnego na podstawie wyglądu liścieni. Żołędzie z podejrzanymi przebarwieniami, czy też widocznymi nekrozami są odrzucane.

Jak dotąd nie stwierdzono ujemnego wpływu przycinania żołędzi, natomiast obserwacje w szkołkach kontenerowych potwierdzają kilkunastoprocentową poprawę udatności wschodów. Żołędzie umieszcza się w miejscu siewnym pionowo, obcięciem do dołu i zagłębia w substracie na około 0,5 cm.

10.4.8. Buk zwyczajny

Z uwagi na rzadkie obradanie buka, w praktyce mamy częściej do czynienia z nasionami przechowywanymi w głębokim zamrożeniu niż świeżo zebranymi. Do niedawna zalecane było nieco inne postępowanie w obu przypadkach, ale obecnie zaleca się tylko jedno – zawsze trzeba je podsuszyć do 8% wilgotności i umieścić w chłodzie.

Nasiona ze świeżego zbioru. Podsuszone w szafie suszarniczej orzeszki umieszcza się w pojemnikach, po 10–15 kg, w chłodni -3°C . W zasadzie nie jest konieczne zaprawianie nasion na okres przechowania do czasu rozpoczęcia stratyfikacji. Ponieważ nieznaną jest czas niezbędny do przerwania spoczynku, stratyfikację rozpoczyna się na 16 tygodni przed planowanym terminem siewu. W tym celu, w odpowiednim terminie, zamrożone nasiona ogrzewa się – w temperaturze 3°C – przez jedną dobę w pojemnikach, w których były przechowywane. Następnie poddaje się je termoterapii – jest to jednogodzinna kąpiel w wodzie o temperaturze 45°C , w kociołkach służących do termoterapii żołędzi. Zabieg ten znacznie poprawia kondycję przechowywanych nasion. Należy też określić, za pomocą wagosuszarki, aktualną wilgotność partii nasion. Nasiona rozważa się następnie do pojemników stratyfikacyjnych baczając, by w każdym umieścić taką samą ilość nasion. Na podstawie aktualnej wilgotności, na zasadzie proporcji trzeba wyliczyć, ile powinny ważyć nasiona przy wilgotności 32%. Pojemniki (najlepiej skrzynki

plastikowe) z nasionami umieszcza się w chłodni 3°C i stopniowo dolewa do nich wody, aż do uzyskania wyliczonej wcześniej wagi. Po każdym dolaniu wody należy dokładnie przemieszać nasiona i nie dopuszczać do zalegania na dnie pojemnika wody. Nasiona stratyfikuje się bez podłoża i w jej trakcie stale kontroluje wilgotność orzeszków (wagę) i uzupełnia ubytki wody. Nasiona należy też często mieszać.

Nasiona przed stratyfikacją zaleca się zaprawić fungicydami, pamiętając, że przedawkowanie może hamować kiełkowanie nasion.

Nasiona z długoterminowego przechowywania. Termin rozpoczęcia stratyfikacji nasion przechowywanych przez kilka lat wyznacza się za pomocą stratyfikacyjnej próby kiełkowania, wykonanej przed umieszczeniem nasion w chłodni. Należy przy tym pamiętać, że jeżeli od próbnej stratyfikacji minęło kilka lat, to okres stratyfikacji właściwej może się wydłużyć nawet o kilka tygodni.

Nasiona głęboko zamrożone wymagają najpierw stopniowego podgrzania. W tym celu – w pojemnikach, w których były przechowywane – umieszcza się je na dwie doby w pomieszczeniu z temperaturą około 3°C. Następnie, podobnie jak w przypadku nasion ze świeżego zbioru, wskazane jest poddanie ich przez jedną godzinę termoterapii, w wodzie o temperaturze 45°C. Poprawa wigoru długo przechowywanych nasion po termoterapii jest jeszcze wyraźniejsza, niż w przypadku nasion świeżych. Należy sprawdzić aktualną wilgotność nasion i na tej podstawie, metodą porcji, wyliczyć wagę nasion o wilgotności 32%. Nasiona rozdziela się do plastikowych skrzynek w równych ilościach i umieszcza, bez podłoża, w komorze z temperaturą 3°C. Do skrzynek stopniowo dolewa się wody, za każdym razem dokładnie mieszając nasiona. W czasie przysposabiania kontroluje się ich wilgotność oraz dokładnie, często miesza, uzupełniając ubytki wody.

Nasiona przed rozpoczęciem stratyfikacji zaleca się zaprawić fungicydem, zapobiegającym gniciu nasion.

Po kilkunastotygodniowym okresie stratyfikacji chłodnej nasiona rozpoczynają kiełkowanie. Wybiera się je sukcesywnie, kiedy kiełek jest widoczny, ale jak najmniej. Takie nasiona umieszcza się w chłodni –3°C powstrzymując w ten sposób postępek kiełkowania. Podkiełkowane nasiona można przetrzymać w zamrożeniu nie dłużej niż 6–8 tygodni. Po zebraniu odpowiednio dużej liczby skiełkowanych nasion, w zaplanowanym terminie siewu wyjmuje się je z chłodni i od razu, ręcznie umieszcza – kiełkiem do dołu, na głębokości 0,5–1,0 cm – po jednym w każdej celi kontenera. Trzeba robić to niezwykle ostrożnie, aby nie obłamać kiełków.

Ostatnio zalecana jest nowa, zupełnie odmienna od dotychczasowej, technologia przedsięwziętego przysposobienia nasion buka. Oczyszczone po zbiorze dowilża się do 30% i poddaje stratyfikacji chłodnej przez 12 tygodni, bez podłoża stratyfikacyjnego. Po tym okresie pozbawione już spoczynku nasiona należy podsuszyć w szafie suszarniczej, w suchym powietrzu o temperaturze 20°C, do wilgotności 8%. Tak przygotowane nasiona można z powodzeniem przechowywać

przez kilka lat. Sposób ten – stosowany we Francji – umożliwia posiadanie suchych nasion, gotowych do kiełkowania po ich dowilżeniu do pełnego napęcznienia. Tamtejsze badania potwierdzają, że nasiona pozbawione spoczynku przed przechowaniem, kiełkują lepiej od przysposobianych po przechowaniu.

10.4.9. Grab pospolity

Nasiona grabu pospolitego znajdują się w stanie bardzo głębokiego spoczynku, który należy przerwać za pomocą stratyfikacji ciepło-chłodnej. Jej czas dla danej partii nasion określa, wykonana przed przechowaniem, stratyfikacyjna próba kiełkowania. Aby rozpocząć stratyfikację, nasiona pobrane z chłodni -3°C rozmraża się najpierw przez jedną dobę w temperaturze 3°C , a następnie starannie miesza w wilgotnym podłożu stratyfikacyjnym, sporządzonym z torfu i piasku w stosunku 1:1. Na każdy kilogram nasion powinno przypadać 3 kg podłoża stratyfikacyjnego. Zaleca się uprzednio zaprawić nasiona odpowiednim fungicydem, by ochronić je przed gniciem. Nasiona wymieszane z podłożem umieszcza się na 4 tygodnie w pomieszczeniu o temperaturze 20°C , utrzymując je w stanie wilgotnym. Po tym okresie przeprowadza się stratyfikację chłodną w komorze 3°C , przez następne 14–16 tygodni, do czasu pojawienia się kiełkujących nasion. Jeżeli nasiona rozpoczną kiełkowanie nieco wcześniej, niż zaplanowany termin wysiewu, można je razem z podłożem stratyfikacyjnym umieścić w chłodni -3°C i przetrzymać nawet przez 6–8 tygodni bez utraty ich jakości. Ma to istotne znaczenie, gdy do siewu przygotowujemy nasiona ze świeżego zbioru. Możliwość zamrożenia kiełkujących nasion pozwala przystąpić do stratyfikacji zaraz po zbiorze, bez podsuszania nasion. Kiedy rozpoczną one kiełkowanie (przełom lutego i marca), utrzymuje się je w stanie zamrożenia do czasu wysiewu. Nasiona wysiewa się ręcznie, na głębokość 0,5 cm.

Możliwe są dwa sposoby siewu nasion grabu. Pierwszy pracochłonny, lecz pewniejszy, polega na sukcesywnym wybieraniu podkiełkowanych nasion, ich zamrażaniu, a po wybraniu całej partii – wysiewaniu po jednym podkiełkowanym orzeszku do każdej celi. Inny, praktykowany dotąd w szkółkach kontenerowych, polega na wysiewie po 2–3 nasiona do każdej celi z wszystkich stratyfikowanych nasion, po rozpoczęciu kiełkowania, przez 10% nasion. Drugi sposób jest mniej pracochłonny, ale pochłania znaczną liczbę nasion.

10.4.10. Jesion wyniosły

Nasiona jesionu wyniosłego należą do grupy charakteryzującej się najgłębszym spoczynkiem, co spowodowane jest niedojrzałością zarodka. Długość okresu stratyfikacji wyznacza, założona przed przysposobieniem nasion do przecho-

wywania, stratyfikacyjna próba kiełkowania. Okres ten trwa nawet 36 tygodni, co oznacza, że nasion zebranych w jesieni nie można wysiać na wiosnę następnego roku. By pobudzić je do kiełkowania, potrzebna jest stratyfikacja ciepło-chłodna.

Przechowywane w stanie zamrożenia nasiona należy najpierw przez dobę podgrzać w komorze z temperaturą 3°C, po czym mieszać je z wilgotnym podłożem stratyfikacyjnym, torfowo-piaskowym (1:1), w stosunku 1:3. Nasiona powinno się przedtem potraktować zaprawą nasienną, gdyż są bardzo podatne na atak grzybów. Pojemniki z mieszaniną nasion i podłoża umieszcza się na 16 tygodni w komorze stratyfikacyjnej o temperaturze 20° C. Jeżeli podczas stratyfikacyjnej próby kiełkowania kontrolowano rozwój zarodków i dojrzewały one wcześniej, to na tej podstawie można skrócić długość trwania tej fazy. Faza ciepła bowiem służy wykształceniu zarodków. Uważa się, że stan gotowości jest osiągnięty, gdy długość zarodków osiąga 80–90% długości nasion. Po tym czasie mieszaninę nasion i podłoża stratyfikacyjnego przenosi się na kolejne 16 tygodni do chłodni 3°C, gdzie przechodzą fazę chłodną, by definitywnie ustąpił stan spoczynku. Jeżeli moment rozpoczęcia kiełkowania nastąpił zbyt wcześnie, nasiona – bez utraty ich jakości – można wraz z podłożem zamrozić w temperaturze –3°C. Niektórzy szkółkarze stratyfikują nasiona jesionu wyniosłego bez podłoża twierdząc, że są wówczas rzadziej porażane przez choroby grzybowe.

Nasiona jesionu, podobnie jak buka, można pozbawić spoczynku przed przechowaniem. W tym celu świeżo zebranych nasion, po doczyszczaniu, nie poduszamy, lecz od razu poddajemy wpieryw ciepłej, a następnie chłodnej stratyfikacji. Przystosowane w ten sposób nasiona, w celu dłuższego przechowywania, można podsuszyć i zamrozić. Ten sposób pozwala szkółkarzowi na dysponowanie nasionami gotowymi do kiełkowania, zaraz po dowilżeniu i podniesieniu ich temperatury. Znane są też sposoby pośrednie, polegające na przeprowadzeniu przed przechowaniem tylko fazy ciepłej, chłodnej zaś po przechowaniu. Wówczas jednak konieczne jest dwukrotne poduszanie nasion.

Kiedy około 10% nasion kiełkuje, można je wysiewać do kaset – po 2 sztuki do każdej celi – zagłębiając pionowo w substracie.

10.4.11. Klon jawor

Do przerwania spoczynku nasion jaworu potrzebna jest około 12-tygodniowa stratyfikacja chłodna. Przed jej rozpoczęciem, w terminie wyznaczonym przez stratyfikacyjną próbę kiełkowania, przechowywane w stanie zamrożonym nasiona należy wpieryw – w tych samych pojemnikach – przez dobę rozmrozić. Następnie zaprawia się je preparatem przeciwrzybowym. Stratyfikacja powinna przebiegać w wilgotnym podłożu stratyfikacyjnym, torfowo-piaskowym, w proporcjach podanych w przystosowaniu jesionu. Jeżeli nasiona rozpoczną kiełkowanie zbyt wczes-

śnie, z chwilą zauważenia pierwszych kiełków trzeba je przenieść wraz z podłożem do chłodni -3°C i zamrozić. W tym stanie, bez pogorszenia kondycji, mogą przebywać przez 6–8 tygodni. Właściwość ta jest wykorzystywana przy przysposabianiu nasion ze świeżego zbioru, które wkrótce po zbiorze można poddać stratyfikacji, a po rozpoczęciu kiełkowania zamrozić, aż do terminu siewu. Możliwe jest też, i stosowane w praktyce, przysposobienie nasion bez podłoża stratyfikacyjnego, podobnie jak nasion buka, czy jesionu.

Nasiona jaworu można siać dwoma sposobami. Pierwszy polega na sukcesywnym wybieraniu i zamrażaniu w -3°C ledwo co podkiełkowanych nasion i dopiero po zgromadzeniu potrzebnej liczby nasion z kiełkiem wysiewa się po jednym w każdej celi. Inny, częściej stosowany sposób, polega na wysiewaniu nasion, kiedy 10% z nich zacznie kiełkować. Wysiewa się wówczas po 2–3 skrzydłaki do jednej celi. Pierwszy sposób jest wprawdzie bardziej pracochłonny, lecz przynosi lepsze efekty hodowlane. Po pierwsze – eliminuje naturalną dla jaworu rozwleklełość kiełkowania, sięgającą nierzadko 8 tygodni, a po drugie – zapobiega wysianiu nasion, które nie ukończyły stratyfikacji i, na skutek oddziaływania wyższej temperatury otoczenia, wpadają we wtórny spoczynek, co jest cechą charakterystyczną tego gatunku.



Nieliczne kiełkowanie klonu jaworu, spowodowane nieudanym przysposobieniem nasion do siewu (Nadleśnictwo Rudy Raciborskie)

Nasiona wysiewa się do kontenerów ręcznie, zagłębiając je w substracie skrzydełkiem do góry na głębokość 0,5 cm. Siac należy bardzo ostrożnie, gdyż kielki są wyjątkowo delikatne.

10.4.12. Klon pospolity

Podsuszone, przechowywane w zamrożeniu nasiona należy przez jedną dobę rozmrażać w temperaturze 3°C. Termin rozpoczęcia stratyfikacji wyznacza stratyfikacyjna próba kiełkowania. Przed stratyfikacją nasiona zaprawia się preparatami grzybobójczymi i miesza, w stosunku 1:3, z wilgotnym, torfowo-piaskowym podłożem stratyfikacyjnym. Mieszanie umieszcza się w chłodni 3°C, na około 12 tygodni, aż do rozpoczęcia kiełkowania. Nasiona zbyt wcześnie kiełkujące z powodzeniem można wraz z podłożem zamrozić w temperaturze -3°C, nawet na 20 tygodni. Dlatego skrzydłaki, które nie muszą być przechowywane dłużej niż do przyszłej wiosny, po oczyszczeniu można od razu poddać stratyfikacji, a po rozpoczęciu kiełkowania zamrozić do czasu wysiewu. Stosowane jest również przysposabianie nasion bez podłoża, przez ich sukcesywne dowilżanie.

Nasiona klonu pospolitego sieje się również ręcznie, albo już podkiełkowane, sukcesywnie wybierane (pojedynczo do każdej celi), albo po zakończeniu stratyfikacji, gdy 10% nasion skielkuje (po 2–3 do każdej celi). Nasiona zagłębia się w substracie na 0,5 cm, skrzydełkiem do góry.

10.4.13. Lipa drobnolistna

Do przedsięwziętej obróbki przeznaczamy zawsze nasiona czyste, wydobyte z owocni. Jeżeli były przechowywane w zamrożeniu, konieczne jest stopniowe, trwające dobę, ogrzanie w pojemnikach, w których były zapakowane. Do niedawna nasiona lipy poddawano 12–14-tygodniowej stratyfikacji cieplej w 20°C, a następnie 16-tygodniowej stratyfikacji chłodnej w 3°C. Uniemożliwiało to użycie do siewu nasion zebranych poprzedniej jesieni. Obecnie fazę ciepłą stratyfikacji zastąpiono skaryfikacją chemiczną, działającą niszcząco na łupinę nasienną tak, jak stratyfikacja ciepła.

Skaryfikacja chemiczna nasion lipy polega na zanurzeniu suchych nasion w stężonym kwasie siarkowym, w proporcji objętościowej 1:2. Zabieg musi trwać dokładnie 12 minut, po czym nasiona trzeba szybko opłukać, najlepiej poprzez zanurzenie w dużym naczyniu z wodą, a następnie przemywać kilka minut w silnym strumieniu zimnej wody. W trakcie moczenia w kwasie nasiona muszą być ciągle mieszane, aby się nie sklejały. Po wypłukaniu należy je przetrzeć na sicie w strumieniu wody, by oddzielić resztki łupin nasiennych. Przy tym zabiegu należy bez-

względnie przestrzegać rygorystycznych przepisów BHP, a zwłaszcza pamiętać o użyciu odzieży ochronnej.

Przetarte, pozbawione resztek łupin nasiona, moczy się w dużej objętości wody przez 15–20 godzin, po czym usuwa wszystkie pływające oraz bada pH wody. Jeśli ma odczyn poniżej pH 5,0, nasiona ponownie moczymy w świeżej wodzie.

Po skaryfikacji należy rozpocząć fazę chłodną stratyfikacji nasion. W tym celu odsączone, wilgotne nasiona umieszcza się, w nieuszczelnie zamkniętych pojemnikach, w chłodni z temperaturą 3°C. Faza chłodna trwa zazwyczaj 14–16 tygodni, aż do pojawienia się kiełków u 10% nasion. W tej fazie zawsze muszą być one w stanie pełnego napęcznienia, co uzyskujemy przez cotygodniowe zanurzenie ich na jedną godzinę w wodzie o temperaturze 3°C.

Przedwczesne kiełkowanie nasion nie jest problemem. Takie nasiona można zamrozić, bez utraty pierwotnej jakości, nawet na 6 tygodni, do czasu wysiewu.

Nasiona lipy wysiewa się ręcznie, za pomocą małej łyżeczki, po 2–4 do każdej celi, zagłębiając w substracie na 0,5 cm, albo umieszcza na powierzchni i przykrywa warstwą perlitu.

10.4.14. Brzoza brodawkowata

Nasiona brzozy należą do spoczynkowych. Stan ten powodowany jest hamującym wpływem zawartego w nich inhibitora. Istnieją trzy sposoby przerwania jego działania. Pierwszym, zachodzącym w naturze, jest oddziaływanie światła słonecznego, drugim poddanie napęczniałych nasion działaniu, przez 30–60 dni, temperatury 0–10°C, natomiast trzecim – równie skutecznym – jest codzienne, przez 7 dni, moczenie ich w wodzie.

Najczęściej stosuje się pierwszy z wymienionych sposobów. Przechowywane w zamrożeniu nasiona najpierw ogrzewa się w temperaturze 3°C, potem moczy i od razu wysiewa – ręcznie, za pomocą np. patyczka, kupkowo, do każdej celi i nie przykrywa z wierzchu. Efektem takiego siewu jest pojawienie się w każdej pojedynczej doniczce kilkunastu, a nierzadko kilkudziesięciu siewek, których przerwanie następuje później dużo trudności.

Innym, polecanym obecnie, sposobem jest automatyczny siew nasion otoczkowanych, co pozwala umieszczać po 1–3 nasiona w celi za pomocą siewnika używanego do siewu nasion sosny. Nasiona przeznaczone do otoczkowania powinny być wyseparowane do poziomu elity (zgodnie z opisem w rozdziale 10.3.14). Partię nasion przeznaczonych do otoczkowania (10 dag to 650 000 nasion!) moczy się w wodzie przez 7 dni, po czym – wilgotne – umieszcza w bębnie odskrzydłacza lub zaprawiarki do nasion. Wnętrze bębna musi być jednolicie gładkie, bez wystających elementów. Wilgotne nasiona powinny przylepiać się do bębna i tworzyć niewielkie grupy. W obracającym się wciąż bębnie zwilża się je zraszaczem tak długo, aż rozdzielią się od siebie całkowicie. Następnie ciągle mieszając i deli-

katnie zraszając bardzo ostrożnie podaje się niewielkie ilości talku oraz pod koniec procesu wodnego roztworu kleju skrobiowego. Czynności te powtarza się wielokrotnie, żeby nasiona otaczały się kolejnymi warstwami talku. Istotne jest bardzo oszczędne jego podawanie, gdyż z nadmiaru mogą utworzyć się granulki nie zawierające wewnątrz nasion. Kiedy pojawią się pierwsze otoczki o średnicy 2 mm, zawartość bębna wysypuje się na sito i odsiewa. Otoczki odpowiedniej wielkości (średnicy) oddzielamy, a pozostałe wkładamy do bębna i otoczujemy aż do skutku (odsiewanie powtarza się po każdym dodaniu porcji talku). Po zotoczkowaniu wszystkich nasion należy je ostrożnie przesypać do naczynia o dużej powierzchni, tak by były w jednej warstwie, i osuszyć w szafie suszarniczej, w powietrzu o temperaturze 25–30°C. Spreparowane nasiona powinny być w miarę szybko wysiane. Jak wspomniano, siew otoczkowanych nasion brzozy można wykonać siewnikiem automatycznym. Wówczas do celi kontenera wysiewa się po 2–3 otoczkowane nasiona.

10.4.15. Olsza czarna

Nasiona olszy czarnej należą do niespoczynkowych, więc kiełkują stosunkowo łatwo i szybko. Jedynym czynnikiem blokującym ten proces jest brak dostępu światła dziennego do nasion. Przed wysiewem można je namoczyć, a następnie powierzchniowo osuszyć. Nasiona sieje się na wierzch substratu po kilkanaście sztuk, siewnikiem mechanicznym do nasion iglastych i pozostawia nieprzykryte.

Szczegółowy sposób zbioru nasion, ich obróbki, sposoby magazynowania i przechowywania oraz przysposobienia do siewu są przedmiotem kilku publikacji. Szczególnie przydatny jest podręcznik opracowany przez prof. Bolesława Suszkę pt.: „*Nasiona leśnych drzew liściastych*” oraz książka pod redakcją dr Andrzeja Załęskiego pt.: „*Nasiennictwo leśnych drzew i krzewów iglastych*”. Zawarte w nich porady mogą być z powodzeniem zaadoptowane do celów szkółkarstwa kontenerowego.

10.5. Warunki wzrostu i rozwoju siewek

Najistotniejszą zasadą hodowli w szkółkarstwie kontenerowym jest stworzenie siewkom optymalnych warunków wzrostu i rozwoju. Po wysiewie kasety wraz z nasionami zostają umieszczone w najbardziej sprzyjających kiełkowaniu warunkach. Dla niektórych gatunków muszą być jakby przedłużeniem stratyfikacji nasion, a dla innych zdecydowanie się zmienić. Ogólnie można stwierdzić, że faza kiełkowania nasion większości gatunków zachodzi w całkowicie kontrolowanych warunkach. Szczegóły dotyczące wymagań siewek pod względem warunków termicznych, wilgotnościowych i świetlnych zostaną przedstawione w części dotyczącej uprawy poszczególnych gatunków.

10.6. Rola światła w rozwoju siewek

Światło jest najtrudniejszym do kontrolowania czynnikiem, warunkującym prawidłowy rozwój siewek. Jego rolę należy rozpatrywać w czterech aspektach:

- kiełkowania nasion,
- wzrostu siewek,
- fotosyntezy,
- stymulacji spoczynku zimowego.

W większości przypadków światło nie wywiera wpływu na kiełkowanie nasion. Wyjątek stanowią nasiona brzozy brodawkowatej oraz olszy czarnej, u których światło słoneczne znosi blokujące działanie inhibitorów (fitochromów) uniemożliwiających rozpoczęcie kiełkowania. Dlatego nasiona tych gatunków należy wysiewać na powierzchnię substratu w kasetach i nie przykrywać(!), aby niczym nie ograniczać dostępu światła do nasion. Znane są też próby naświetlania nasion przed siewem czerwonym lub żółtym widmem światła, co wyraźnie poprawiało energię kiełkowania nasion.

Światło ma również istotne znaczenie w prawidłowym rozwoju siewek tuż po skiełkowaniu nasion. Gdy noc jest zbyt długa, może powodować stymulowanie zawiązywania pączków szczytowych nawet u najmniejszych, mających zaledwie liścienie, siewek. Wpadają po tym w stan spoczynku bezwzględny, który może przerwać dopiero kilkutygodniowy okres niskiej temperatury. Tym samym są już w hodowli stracone. Opisany mechanizm najlepiej ilustruje przykład świerka pospolitego. Nasiona tego gatunku w jednorocznym cyklu hodowli sadzonek wysiewa się na początku marca, kiedy noce są jeszcze zbyt długie dla siewek (w naturalnych warunkach 50. równoleżnika odpowiednia dla siewek świerka długość nocy rozpoczyna się dopiero po 16 kwietnia). W przypadku świerka wysiewanego z początkiem marca trzeba koniecznie naświetlać siewki od momentu spadania czapeczek z rozwijających się liścieni, to jest do około 20 kwietnia, kiedy nastają naturalne dla tego gatunku warunki świetlne. Jak podają skandynewscy szkółkarze kontenerowi, do przerwania nocy wystarczy, aby mniej więcej w połowie nocy oświetlić siewki przez kilka sekund białym światłem o natężeniu 400 Lux. W tym celu w namiocie na rampie deszczującej montuje się lampy o dość dużej mocy. Oświetlenie uruchamia się ręcznie lub automatycznie, mniej więcej w połowie nocy. Wystarcza właściwie dwukrotny (tam i z powrotem) przejazd nad siewkami ramp ze świecącymi lampami. Impuls świetlny zostanie odebrany przez fotoreceptory i rozdzieli jedną długą noc na dwie krótsze. Siewki zinterpretują to jako krótką noc i pomimo krótkiego dnia będą się dalej prawidłowo rozwijać. Dla pozostałych gatunków siew po 1 marca nie wymaga takich zabiegów.

Jak wiadomo, światło jest podstawowym czynnikiem warunkującym przebieg głównego procesu życiowego rośliny – fotosyntezy. Wymagania gatunków pod tym względem są różne – od znoszących ocienienie do wybitnie światłoządnych.

W szkółkarstwie kontenerowym przeważająca część cyklu hodowlanego odbywa się na powierzchni otwartej, gdzie dostęp światła jest zupełnie wystarczający do prawidłowego procesu fotosyntezy. W skrajnych przypadkach bezpośrednie promieniowanie słoneczne może być przyczyną poparzeń sadzonek, zwłaszcza tych z grupy cienioznośnych. Problemy mogą wystąpić przy gatunkach wybitnie światłoządnych, które jakiś okres przebywają w namiocie. Dotyczy to w pierwszym rzędzie brzozy brodawkowatej, jedlicy zielonej, modrzewia europejskiego i w pewnym stopniu także sosny zwyczajnej. Wymagania tych gatunków są olbrzymie, i to od razu po wykształceniu pierwszych części zielonych. Ponadto zapotrzebowanie na światło tych gatunków zwiększa się wraz z rosnącą temperaturą powietrza. Wiadomo, że nawet nowa folia nie przepuszcza do wnętrza namiotu całości światła słonecznego, pochłaniając go w około 15–20%. Światło docierające do wnętrza namiotu jest dla gatunków światłoządnych niewystarczające, szczególnie w podwyższonej temperaturze, co może powodować zaburzenia fizjologii siewek oraz ich deformację, przejawiającą się głównie zbyt małą grubością w stosunku do wysokości (tzw. wyciągnięcie sadzonek). Dlatego, o ile to możliwe, unika się siewu tych gatunków w namiotach lub maksymalnie skraca czas przebywania siewek pod folią, albo obniża temperaturę powietrza w namiocie po skielkowaniu wszystkich nasion. Nadmierne „wyciągnięcie” sadzonek powoduje zwykle późniejszą ich wyleganie.

Ostatnim aspektem, który należy poruszyć oceniając rolę światła w rozwoju sadzonek, jest jego wpływ na przygotowanie się do spoczynku zimowego. Podobnie jak to ma miejsce w okresie wczesnowiosennym, tak i w okresie wczesnej jesieni długość nocy jest impulsem do zawiązywania przez sadzonki pączków szczytowych i przygotowywania się do spoczynku zimowego. Jak już wspomniano, wchodzenie sadzonek w spoczynek zimowy wywołane jest wyraźnie wydłużającą się nocą w okresie jeszcze dość wysokiej temperatury dnia. Zazwyczaj warunki naturalne, panujące w szkółce położonej na niżu (250 m n.p.m.), są wystarczające, aby procesy przystosowywania się sadzonek do zimy zachodziły samistnie i prawidłowo. Jedynie w odniesieniu do niektórych gatunków zaleca się te procesy stymulować. Dotyczy to gatunków potrzebujących długiego czasu do wytworzenia pełnej odporności na niską temperaturę. Należą do nich jedlica zielona i częściowo świerk pospolity. Aby pobudzić je do odpowiednio wczesnego nabierania odporności na niską temperaturę można, co jest praktykowane w Szwecji, albo wydłużyć noc o kilka godzin poprzez zaciemnianie sadzonek żaluzjami, albo zwiększyć temperaturę powietrza w dzień, umieszczając sadzonki w namiocie. Z dotychczasowych doświadczeń w szkółkach kontenerowych wynika, że szkody spowodowane wymarzaniem sadzonek świerka są sporadyczne, więc wymienionych zabiegów się nie stosuje. W przypadku jedlicy liczba zmarzniętych sadzonek sięgała czasami 20%, dlatego obecnie sadzonki tego gatunku przewozi się w jesieni do namiotów, gdzie temperatura powietrza jest o kilka stopni większa, niż na zewnątrz.

10.7. Nawadnianie

Istotnym czynnikiem warunkującym powodzenie hodowli kontenerowej jest stworzenie rosnącym sadzonkom optymalnych warunków wilgotnościowych w bryłce. Rola nawadniania sprowadza się do dwóch podstawowych celów – dostarczenia sadzonkom odpowiedniej ilości wody potrzebnej do procesów życiowych oraz utrzymania w zasięgu systemów korzeniowych wodnego roztworu składników pokarmowych.

Sposób nawadniania przyjęty w szkółce kontenerowej jest pochodną zastosowanych do uprawy pojemników. Decyduje o tym objętość pojedynczej celi oraz stopień ażurowości pojemnika. Im mniejsze i bardziej ażurowe pojemniki, tym trudniej utrzymać w nich reżim wodny. Duży metabolizm sadzonek i pojemność powietrzna substratu, a także nieograniczone na otwartej powierzchni oddziaływanie warunków atmosferycznych powodują szybką utratę wody zgromadzonej w bryłce substratu. Dlatego szkółka musi być zaopatrzona w urządzenia do efektywnego jej podawania, a podlewanie zapewniać w miarę szybkie i równomierne dostarczanie wody sadzonkom. W szkółkach kontenerowych, w których stosowane są kontenery o niewielkiej pojemności i dużym ich zagęszczeniu na jednostce powierzchni (w tym także ażurowe), jedynym możliwym do zastosowania sposobem nawadniania jest podlewanie za pomocą ramp deszczujących. Woda podawana jest przez przejeżdżającą nad sadzonkami rampę za pośrednictwem dysz i pod odpowiednim ciśnieniem. Wydajność pojedynczej dyszy przy ciśnieniu 150 kPa wynosi około 2,0–2,5 l/min. Pionowo opadający pod ciśnieniem 150–200 kPa strumień wody ugina liście sadzonek, dzięki czemu swobodnie dociera do powierzchni substratu. W szkółkach kontenerowych wykorzystujących pojemniki nieco większe, nie ażurowe (np. styropianowe, typu ROBIN), stosuje się prostsze metody nawadniania za pomocą deszczowni klasycznych, stosowanych również w szkółkach tradycyjnych.

Duża pojemność wodna substratu jest bardzo korzystna. Umożliwia gromadzenie się dużych ilości wody w strukturach substratu, a przez to wydłużenie czasu wyparowywania i transpiracji wody. Trzeba pamiętać, że przesuszenie substratu torfowego, aż do utraty tzw. wody związanej, powoduje prawie nieodwracalną utratę jego właściwości sorpcyjnych. Mocno przesuszone podłoże można ponownie nawodnić właściwie jedynie przez zanurzenie go na dłuższy czas w wodzie. W szkółce takie sytuacje nie mają miejsca, lecz może się tak zdarzyć po wywiezieniu sadzonek do lasu, kiedy przed posadzeniem pozostają na otwartej powierzchni kilka dni.

Kontenery ustawione w namiotach lub szklarniach są chronione przed wysuszającym działaniem czynników atmosferycznych, a ponadto małe siewki transpirują tylko nieznaczną ilość wody. Dlatego kontenery w namiotach podlewa się rzadziej niż na zewnątrz. Ma to miejsce dwa razy w tygodniu. Po wywiezieniu sadzonek na zewnętrzne pola produkcyjne narażone są one na działanie temperatury, promieniowania słonecznego i wiatru. Intensywnie rosnące sadzonki trans-



Ruchoma rampa deszczująca w trakcie nawadniania sadzonek świerka na otwartym polu hodowlanym (Szwecja)



Ruchoma rampa deszczująca siewki świerka pospolitego wywiezione z namiotu na otwarte pole hodowlane (Nadleśnictwo Rudy Raciborskie)

pirują coraz więcej wody. Utrzymanie więc bryłki w stanie stale wilgotnym jest dużo trudniejsze. Częstotliwość podlewania zależy oczywiście od pogody, choć nie do końca, o czym będzie jeszcze mowa.

Podlewanie za każdym razem powinno trwać tak długo, aż substrat nasyci się wodą do pełnej pojemności. Praktycznym wskaźnikiem osiągnięcia takiego stanu jest początek wyciekania wody przez dna kaset. Aby wypełnić bryłkę substratu wodą, bez względu na rodzaj pojemnika trzeba w trakcie jednego podlewania podać na 1 m² powierzchni kaset – w namiotach około 6–8 litrów wody, a na powierzchni otwartej około 8–12 litrów. W początkowej fazie wzrostu sadzonek należy stale utrzymywać bryłkę w stanie wilgotnym. Z czasem powinno się podlewać dopiero wtedy, kiedy wierzchnia warstwa substratu przeschnie i zacznie nieco odstawać od brzegów doniczki.

Pamiętać należy, że wraz z upływem czasu pojemność wodna substratu wyraźnie maleje na skutek przerastania porów drobnymi korzeniami. To samo dotyczy pojemności powietrznej. Dlatego w drugiej połowie okresu wegetacyjnego sadzonki powinny się podlewać rzadziej, z uwzględnieniem warunków atmosferycznych.

Jeżeli w szkółce używane są małe i (lub) ażurowe pojemniki, trzeba pamiętać, że skrajne rzędy ustawionych na otwartym polu kaset przesuszają znacznie silniej niż wewnętrzne. Dlatego na skrajnej części ramp deszczujących trzeba umieścić dodatkowe dysze podlewające.



Woda podawana jest pod ciśnieniem, dzięki czemu możliwe jest nawadnianie sadzonek przez gęstą warstwę liści (Nadleśnictwo Rudy Raciborskie)

10.8. Nawożenie

W szkółkarstwie kontenerowym w pełni kontrolowane są dwa parametry zewnętrzne, warunkujące maksymalne wykorzystanie możliwości wzrostu sadzonek. Pierwszym z nich jest omówione już nawadnianie, drugim zaś nawożenie. Mają one gwarantować sadzonkom nieograniczony dostęp do składników pokarmowych. Nawożenie powinno być optymalizowane z uwzględnieniem kilku aspektów:

- proporcji składników w nawozach,
- ilości składników pokarmowych dostarczonych roślinom w całym sezonie,
- dawek, czyli płynności podawania nawozów,
- zmienności dawek w zależności od bieżących potrzeb roślin i warunków zewnętrznych.

Drzewa, zarówno iglaste jak i liściaste, mają zbliżone wymagania pod względem zawartości i proporcji składników w nawozie. Wykorzystując tę właściwość, w szkółce kontenerowej można bez obaw zastosować dla wszystkich sadzonek ten sam rodzaj nawozu. Również ich dawki można ujednoczyć, bez względu na gatunek. Funkcjonują trzy zasadnicze modele nawożenia w szkółkach kontenerowych:

- nawożenie nawozami stałymi zawartymi w substracie,
- nawożenie nawozami płynnymi,
- nawożenie mieszane.

Wspominaną już konsekwencją kontenerowej uprawy sadzonek na sztucznym, mocno porowatym podłożu torfowym jest konieczność intensywnego nawadniania, by utrzymać substrat stale wilgotny. Intensywne nawadnianie powoduje z kolei szybkie wypłukiwanie z substratu wszelkich związków chemicznych, w tym również nawozów. Z tego względu w szkółkarstwie kontenerowym nie używa się klasycznych, szybko działających, wieloskładnikowych nawozów dodawanych do substratu, gdyż po rozpuszczeniu się w wodzie zawartej w porach utzymałyby się tam bardzo krótko. Po kilkudniowych intensywnych opadach lub w okresie upałów wymuszających obfite podlewanie, składniki pokarmowe byłyby szybko wypłukane. W związku z tym tego typu nawozy są stosowane wyłącznie pomocniczo jako nawożenie startowe, działające krótko, na początku rozwoju siewek.

Do nawożenia stałymi nawozami, mieszanymi z substratem, używa się otoczkowanych nawozów wolno działających, o przedłużonym czasie rozkładu, typu Osmocote®. Jak dotąd, najczęściej stosowano nawozy Osmocote® Plus, zawierające – oprócz podstawowych NPK – również MgO oraz mikroelementy. Składniki nawozów o przedłużonym działaniu (typu Osmocote®) uwięzione są w specjalnej (na bazie żywicy) otoczce, która – ulegając powolnemu rozkładowi – stopniowo uwalnia zawarte w niej składniki. Zależnie od grubości i składu otoczki rozkłada się ona bądź wcześniej i szybciej, bądź później i wolniej. Dzięki temu składniki nawozu są stopniowo uwalniane do roztworu glebowego, co pozwala utrzymać w nich niskie stężenie nawozów i równocześnie zapobiega ich szybkiemu wypłu-

kiwaniu. Prawidłowy dobór proporcji kilku rodzajów nawozu o różnych okresach rozkładu pozwala na dawkowanie nawozu przez cały okres wegetacyjny. Domieszka nawozów o okresie rozkładu 14–16 miesięcy pozwala ponadto zaopatrzyć sadzonki w dawkę nawozu uwalnianego dopiero po jej wysadzeniu na uprawie leśnej. Uwalnianie składników z otoczek Osmocote® uwarunkowane jest odpowiednią wilgotnością substratu (gleby) oraz temperaturą, powyżej 7°C, roztworu glebowego.

Składniki pokarmowe uwięzione w nawozach Osmocote® Plus uwalniane są od momentu rozpoczęcia się rozkładu ściany otoczki według krzywej rozkładu normalnego Gaussa. Może to powodować w roztworze glebowym okresowe, cykliczne wahania stężenia składników pokarmowych, które mogą nieco niekorzystnie oddziaływać na systemy korzeniowe i metabolizm sadzonek. Z tego powodu opracowano zmodyfikowane nawozy Osmocote® Exact®. Różnica w działaniu polega na tym, że uwalniają one nawozy zgodnie z zaprogramowaną dynamiką:

- stopniowo, jednakowe dawki w czasie działania,
- najpierw uwalnianie małych, później większych dawek (gatunki iglaste),
- najpierw uwalnianie dużych, później mniejszych dawek (gatunki liściaste).

Pozwala to na dawkowanie nawozów, zbliżone maksymalnie do zmieniających się z czasem potrzeb sadzonek. Należy jednak zauważyć, że przy stosowaniu nawozów szybko działających, jak i wolno działających, szkółkarz traci wpływ na sposób nawożenia z chwilą, gdy nawóz zostanie wymieszany z substratem. Odtąd bowiem procesy zachodzą samoistnie i zależą od wielu czynników zewnętrznych, a wpływ na nie jest niewielki. W dużych pojemnikach nie ma to większego znaczenia, lecz w kontenerach o małej pojemności wahania stężeń nawozu mogą być znaczne i niekorzystne. Warunkiem więc uzyskania optymalnych efektów nawożenia mineralnego jest bardzo dokładne wymieszanie substratu z nawozem, zwłaszcza przy stosowaniu pojemników o małej pojemności.

W szkółkarstwie kontenerowym najczęściej stosuje się mieszaniny nawozów Osmocote® o różnym czasie uwalniania. W Gospodarstwie Szkółkarskim Nadleśnictwa Rudy Raciborskie, gdzie przygotowuje się też substraty na potrzeby innych szkółek kontenerowych w Polsce, stosuje się mieszaninę nawozów z 10–15% zawartością azotu, o okresie rozkładu: 3–4 miesiące, 5–6 miesięcy, 8–9 miesięcy, w proporcji 2:1:1. Na 1 m³ substratu dodaje się 2,5–4 kg mieszanki nawozów. Mniejsze dawki stosowane są dla sadzonek poddanych kontrolowanej mikoryzacji, większe dla sadzonek niemikoryzowanych.

Najczęściej stosowaną formą nawożenia w szkółkach kontenerowych jest jednak nawożenie nawozami płynnymi, działające jako dolistne lub częściej dolistno-doglebowe. Ten sposób nawożenia pozwala właściwie w pełni i na bieżąco kontrolować i regulować dostępność składników pokarmowych w podłożu.

Nawozy płynne, podawane wraz z nawadnianiem sadzonek, to roztwory wodne o małej koncentracji nawozu. Optymalna do nawożenia sadzonek zawartość azotu w roztworze wodnym powinna zawierać się w przedziale 75–150 mg

na 1 litr. Do sporządzenia roztworu nawozu używa się najczęściej dozowników montowanych na rampach deszczujących. Nawóz mieszany jest z wodą bezpośrednio przed podlewaniem. Zalecane jest nawożenie podczas każdego podlewania.

Stężenie nawozu powinno być każdorazowo sprawdzone przed rozpoczęciem dozowania. Najprostszą metodą jest pomiar konduktywności otrzymanego roztworu nawozowego. Przy nawożeniu siewek w okresie kiełkowania, stężenie nawozu powinno być minimalne – konduktywność nie powinna wtedy przekraczać 0,6 $\mu\text{S}/\text{m}$. W miarę wzrostu siewek stężenie należy stopniowo zwiększać, aż do wartości 1,5 $\mu\text{S}/\text{m}$.

Potrzeby w zakresie składników pokarmowych poszczególnych gatunków drzew są bardzo zbliżone. Dla kilku gatunków przedstawiono je w tabeli 5.

W szkółkach kontenerowych stosuje się nawozy płynne, w których składniki podstawowe (NPK) są pochodzenia mineralnego, natomiast pozostałe oraz mikroelementy organicznego. Są to nawozy mineralno-organiczne. Mikroelementy są w nich schelatowane naturalnymi kompleksonami (aminokwasami), co znacznie ułatwia ich przyswajanie. Stosowane w szkółkach kontenerowych płynne nawozy dolistno-doglebowe zawierają 100 g azotu na 1 litr.

Ponieważ młode siewki drzew, szczególnie gatunków liściastych, charakteryzują się bardzo dużą wrażliwością części zielonych na sole mineralne zawarte w wodzie, nawożenie płynne w pierwszych fazach wzrostu siewek bywa ryzykowne i przy zbyt wysokim stężeniu nawozu w roztworze wodnym może spowodować poparzenie młodych liści. Nawożenie w tym okresie wzrostu jest jednak bardzo istotne z uwagi na wczesny i intensywny wzrost korzenia. Dlatego w szkółkach kontenerowych częstym sposobem jest nawożenie kombinowane. Polega ono na

Tabela 5. Wymagania pokarmowe czterech lasotwórczych gatunków drzew (proporcja w stosunku do zawartości azotu)

Składnik	Świerk	Sosna	Brzoza	Modrzew
N	100	100	100	100
K	50	45	65	60
P	16	14	13	20
Ca	5	6	7	5
Mg	5	6	8,5	8,5
S	9	9	9	9
Fe	0,7	0,7	0,7	0,7
Mn	0,4	0,4	0,4	0,4
B	0,2	0,2	0,2	0,2
Cu	0,03	0,03	0,03	0,03
Zn	0,03	0,03	0,03	0,03

tym, że w pierwszym okresie życia nawóz dostarczany jest z substratu, wzbogaconego dodatkiem szybko działającego, wieloskładnikowego nawozu sypkiego lub granulowanego. Mówimy wówczas o nawożeniu startowym. Takie rozwiązanie pozwala dostarczyć siewkom, a szczególnie ich korzeniom, składniki pokarmowe, bez konieczności podawania ich w pierwszym okresie życia podczas nawadniania. Z czasem nawóz zostaje z substratu wyczerpany i wówczas w trakcie nawadniania podawany jest nawóz płynny. W praktyce do nawożenia startowego używa się wieloskładnikowych, sypkich nawozów mineralnych z zawartością około 14% azotu, 6% fosforu, 18% potasu, 4% magnezu i mikroelementów. Wystarczającą dawką jest 0,5–1,0 kg na 1 m³ podłoża.

W szkółkarstwie kontenerowym, z uwagi na hodowlę sadzonek w niewielkich pojemnikach, prawidłowe nawożenie jest trudne. Niekorzystne w skutkach może być zarówno przenawożenie, jak i okresowy brak składników pokarmowych w substracie. Dlatego też sprawą ważną jest systematyczna kontrola nawożenia. Nadrzędną zasadą jest stopniowe dostarczanie sadzonkom w ciągu całego sezonu wegetacyjnego około 35–45 g czystego azotu. Składnik ten musi być podawany z towarzyszeniem pozostałych komponentów nawozu, w podanych wcześniej proporcjach.

Istnieje kilka sposobów sprawdzania, czy sadzonki otrzymują prawidłowe dawki składników pokarmowych. Pierwszym z nich jest pomiar stężenia nawozu na podstawie konduktywności roztworu wodnego, wykonywany podczas każdego nawożenia. Drugim okresowy, jak najczęstszy pomiar konduktywności roztworu glebowego, pochodzącego z bryłki substratu. Pomiar powinno się wykonać przed nawożeniem, ale kiedy bryłka jest jeszcze wilgotna. Konduktywność roztworu glebowego powinna wynosić na początku sezonu wegetacyjnego około 1,2 $\mu\text{S}/\text{m}$, utrzymywać się na tym poziomie do końca lipca, po czym powoli spadać, aż do uzyskania w październiku wartości poniżej 0,5 $\mu\text{S}/\text{m}$. Kolejną metodą kontroli prawidłowości nawożenia jest sprawdzanie wzrostu wagi sadzonek. Przykładowy przyrost masy, w gramach, siewki sosny zwyczajnej wysianej 15 kwietnia do pojemnika 120 cm³ przedstawia się następująco (pomiaru w jednej ze szkółek na południu Szwecji):

- 4 tydzień – 0,07
- 6 tydzień – 0,13
- 8 tydzień – 0,21
- 12 tydzień – 0,54
- 14 tydzień – 1,41
- 16 tydzień – 1,90
- 18 tydzień – 3,00
- 22 tydzień – 4,90
- 28 tydzień – 5,00

Najdokładniejszą, choć najtrudniejszą, metodą kontroli efektywności nawożenia jest oznaczenie procentowej zawartości poszczególnych składników w suchej

masie liści lub igieł, w czasie wzrostu i po zakończeniu wegetacji. Zawartość ta nie powinna być mniejsza niż podana:

N	1,6–2,4%
K	1,3–1,6%
P	0,3–0,4%
Ca	0,1–0,13%
Mg	0,1–0,13%
S	0,1–0,2%
Fe	170 ppm
Mn	100 ppm
Zn	7,5 ppm
Cu	7,5 ppm
Mo	1,0 ppm
Bo	50 ppm

Niedobór lub nadmiar wymienionych składników świadczyć może o nieprawidłowościach w nawożeniu i powodować później zaburzenia fizjologii sadzonek, w tym również odporności na niską temperaturę. Stwierdzenie niedoboru lub nadmiaru któregoś ze składników powinno skłonić do poszukiwania przyczyny tego stanu rzeczy. Mogą to być nieodpowiednie dawki nawożenia lub proporcje składników nawozu. Błędy w nawożeniu trzeba koniecznie wyeliminować, gdyż mogą one obniżyć jakość wyhodowanego materiału szkółkarskiego. Sadzonki po wysadzeniu na uprawy będą się gorzej przyjmowały i adoptowały do nowych, o wiele trudniejszych niż w szkółce, warunków.

10.9. Ochrona sadzonek przed czynnikami biotycznymi i abiotycznymi

10.9.1. Choroby sadzonek

Zabiegi ochronne w szkółce kontenerowej nie różnią się specjalnie od wykonywanych w szkółkach tradycyjnych. Sprowadzają się przede wszystkim do obowiązkowej profilaktyki, określonej instrukcją ochrony oraz do zabiegów ratowniczych w przypadku objawów chorobowych. Oto najważniejsze.

Choroby zgorzelowe siewek. Powodują je najczęściej grzyby z rodzajów *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Cylindrocarpon*, *Phytophthora* i inne. W tradycyjnych szkółkach głównym rezerwuarem materiału zakaźnego jest gleba. W szkółkarstwie kontenerowym podłoże jest zbliżone do sterylnej, zatem infekcja może nastąpić tylko z powietrza lub przez przywleczenie patogenów wraz z nasionami. Podstawowym zabiegiem ochronnym jest przedsiewne zaprawianie nasion. Atmosfera panująca w namiocie (podwyższona temperatura przy dużej wilgotności) sprzyja

rozwojowi grzybów zgorzelowych, dlatego zawsze w trakcie wschodów trzeba je profilaktycznie opryskać fungicydami.

Szara pleśń. Chorobę wywołują różne gatunki grzybów z rodzaju *Botrytis*, *Sclerotinia* oraz kilka innych. Jej rozwojowi sprzyja duża wilgotność i raczej niska temperatura. W szkółkarstwie kontenerowym mamy z nią najczęściej do czynienia u wyrosniętych już sadzonek liściastych. Silne przegęszczenie liści powoduje, że na powierzchni substratu jest bardzo wilgotno i nieco chłodniej niż na zewnątrz, co sprzyja rozwojowi grzybów, szczególnie z rodzaju *Botrytis*. Uszkodzeniu mogą ulegać płyty kory strzałek. Zdarzyć się też może nekroza kory na całym obwodzie, co prowadzi do śmierci sadzonek. Choroba jest stosunkowo trudna do zwalczania, z uwagi na mocno ograniczone docieranie roztworu środka chemicznego do miejsca infekcji przez gęstą warstwę liści. Chorobę zwalcza się po zaobserwowaniu pierwszych objawów.

Osutka wiosenna sosny. Choroba znana ze swej dokuczliwości w szkółkach gruntowych. Powodowana jest przez grzyb *Lophodermium seditiosum*. Z uwagi na wyłącznie jednoroczny cykl hodowli sosny w szkółce nie obserwuje się właściwie żadnych objawów. Infekcji za pośrednictwem zarodników workowych sprzyja duża wilgotność powietrza. Zakażenie sadzonek następuje w okresie od czerwca do końca sezonu wegetacyjnego. Zapobiega się jej przez profilaktyczne, pięciokrotne opryski odpowiednimi fungicydami – od połowy czerwca, co około 3–4 tygodnie. Doświadczenie praktyczne jednak dowiodło, że profilaktyka stosowana przeciw osutce w szkółkach kontenerowych nie jest wystarczająco skuteczna. Jak się wydaje, przyczyną jest bardzo intensywne nawadnianie sadzonek w okresie letnim, przy którym fungicydy są szybko splukiwane z igieł. W efekcie porażenie sadzonek jest prawie nieuniknione. Można to stwierdzić obserwując je po posadzeniu wczesną wiosną, kiedy wraz z pierwszymi, cieplejszymi dniami igły najpierw gwałtownie się przebarwiają, a nieco później opadają. Nierzadko wiosną na takich uprawach niemal wszystkie sadzonki są ogołoczone z igieł. Z obserwacji wynika, że to nie pogarsza vitalności sadzonek i nie opóźnia ich rozwoju, ani nie powoduje straty w przyroście.

Antraknoza liści buka. Jak dotąd, jest to chyba najbardziej dokuczliwa choroba nękająca, jaka występuje w szkółkach kontenerowych. Powoduje ją grzyb z rodzaju *Apiognomonina*. Jest to patogen słabości, zakażający tylko w przypadku osłabienia odporności rośliny żywiciela. Poraża przede wszystkim sadzonki buka. Pierwsze objawy, w postaci przynierwowej nekrozy liści, pojawiają się na przełomie wiosny i lata. Infekcji sprzyjają i chorobę pogłębiają abiotyczne uszkodzenia aparatu asymilacyjnego. W szkółce kontenerowej dochodzi niezwykle często do takich uszkodzeń sadzonek buka. Może to być wynikiem bezpośredniego działania na młode liście promieniowania słonecznego, zbyt dużej latem temperatury, wysuszającego wiatru, żerowania owadów ssących, czy okresowego przesuszenia podłoża. Z takimi warunkami zwykle mamy do czynienia na otwartych polach produkcyjnych. Pierwszym objawem uszkodzenia liści buka jest ich karłowacenie

i przybieranie jasnozielonego zabarwienia. Następnie, począwszy od części przynerwowych, stosunkowo szybko pojawiają się, jasnobrunatne nekrozy blaszki liściowej. Te objawy świadczą o porażeniu przez grzyb z rodzaju *Apiognomon*a. Dalszy rozwój choroby polega na infekowaniu najmniej odpornych, najmłodszych liści. Następuje zahamowanie wzrostu i – bardzo często – nekroza wierzchołkowej części pędu. Przy silnym natężeniu choroby na sadzonkach buka, przenosi się ona wkrótce na sadzonki grabu i lipy.

Patogena likwiduje się fungicydami, np. preparatami miedziowymi, ale z powodu częstego splukiwania liści podczas nawadniania choroba powraca i staje się przewlekła. Niezwalczana ustępuje dopiero w drugiej połowie lata, kiedy panują korzystniejsze dla buka warunki atmosferyczne. Sadzonki wznawiają wzrost, ale zwykle górna część pędów nie zdąży zdrewnieć i przemarza zimą. Wyrażna jest ponadto strata przyrostu. Podstawowym zabiegiem profilaktycznym jest staranne usuwanie i palenie liści opadłych z sadzonek buka na polach produkcyjnych.

Mączniak dębu. Chorobę wywołuje grzyb *Microsphaera alphitoides*. Jest dobrze znana w szkółkach tradycyjnych, natomiast w kontenerowych, na otwartych polach hodowlanych rzadko bywa przyczyną kłopotów. Jej rozwojowi sprzyja ciepła i wilgotna atmosfera namiotów lub szklarni, zwłaszcza gdy sadzonki przebywają w nich dłużej, niż do połowy czerwca. Porażane są młode liście, a przy silnym natężeniu choroby także najmłodsze pędy, które mogą zamierać. Uszkodzenie rosnących w lecie pędów uaktywnia rozwój pączków śpiących. Tworzące się z nich pędy zastępcze rzadko jednak przetrzymują zimę, gdyż na ogół nie zdążą wystarczająco zdrewnieć. Skuteczną metodą ochrony są regularne, profilaktyczne opryski preparatami miedziowymi co 7–10 dni.

Problemem ostatnich lat jest zawężanie listy środków chemicznych dopuszczonych do stosowania w leśnictwie. Wynika to z przepisów prawa unijnego, jak również ograniczeń przez instytucje certyfikujące gospodarkę leśną. Ze względu na niewielkie ilości środków chemicznych używanych w leśnictwie zaniechano ostatnio kosztownych procesów rejestracji takich środków, zaś rejestracja dla rolnictwa nie uprawnia do ich stosowania w leśnictwie.

Kędzierzawka sosny. Pojawia się w różnych etapach rozwoju sadzonek, począwszy od siewki, ale także pod koniec wzrostu. Objawia się charakterystycznie kędzierzawo poskręcanyimi igłami i zahamowaniem wzrostu sadzonek. Powodem choroby jest prawdopodobnie infekcja wirusowa. Jeżeli pojawi się ona w drugiej połowie sezonu wegetacyjnego, nie jest szkodliwa, gdyż nie powoduje uszkodzenia pączka szczytowego. Choroby się nie zwalcza.

Prolepsja. Jest to często występująca w szkółkarstwie kontenerowym anomalia wzrostu sosny, rzadziej świerka i jodły. Ma podłoże abiotyczne, nie do końca jeszcze wyjaśnione. Objawia się wczesnojesiennym rozwojem 1–2 pączków bocznych, rzadziej pączka szczytowego. Rozwijające się z nich pędy przybierają charakter głównego. Są krótkie (2–4 cm) i kończą się pączkami szczytowymi.

Wiosną zjawisko to może powodować wielopędowość, zwykle jednak już po jednym sezonie wegetacyjnym zaczyna dominować jeden z pędów, najczęściej pochodzący z pędu głównego. Dlatego zjawisko nie jest szczególnie szkodliwe, zwłaszcza biorąc pod uwagę stosowane w Polsce normy sadzenia sosny. Prolepszja występuje przy określonym układzie pogody – sprzyja jej ciepła i sucha jesień, następująca po mokrym i chłodnym lecie. Do tego może przyczyniać się również nadmierne nawożenie.

W opisanych przypadkach, jak również w innych, mogących wystąpić w szkółce kontenerowej chorobach, stosuje się zabiegi profilaktyczne i ratownicze dokładnie tak samo, jak w szkółkach tradycyjnych. Stwierdzenie to dotyczy zarówno liczby zabiegów, jak i dawek oraz rodzaju preparatów chemicznych z wykazów środków chemicznych opracowywanych rokrocznie przez Instytut Badawczy Leśnictwa. Wyjątek stanowią sadzonki mikoryzowane, które nie mogą być traktowane pewnymi substancjami czynnymi, z uwagi na zagrożenie dla grzybów symbiotycznych. Środki chemiczne podawane są, rampami deszczującymi, w roztworze wodnym sporządzonym za pomocą dozowników, za pośrednictwem dysz zraszających. Opryskiwanie chemiczne, tak profilaktyczne, jak i ratownicze, powinno być wykonywane po dokładnym nawodnieniu sadzonek.

10.9.2. Szkodniki owadzie

Mszyce. Jak dotąd, jest to najbardziej dokuczliwy szkodnik w szkółkach kontenerowych. Występuje głównie na sadzonkach liściastych. Sam w sobie nie stanowi zagrożenia dla rozwoju sadzonek, jest w tym przypadku jednak szkodnikiem pierwotnym. Uszkadza mechanicznie aparat asymilacyjny wielokrotnie go nakłuwiając, a także osłabia sadzonkę pozbawiając ją części soków. Uszkodzenia i osłabienia są przyczyną zwiększonej podatności aparatu asymilacyjnego na infekcje szkodników grzybowych, szczególnie powodujących zgorzelową plamistość liści. Ponadto mszyce masowo żerując na liściach, pozostawiają duże ilości wydalin, zawierających znaczną ilość cukrów. Substancje te zaś są podłożem chętnie zasiedlanym przez liczne grzyby saprofityczne. Ich obfity rozwój na blaszkach liściowych powoduje znaczne utrudnienie wymiany gazowej i asymilacji.

Zwalczanie mszyc jest dosyć trudne, gdyż zwykle żerują na dolnej stronie liści. Stosowany przeciwko nim insektycyd dociera tam z wielkim utrudnieniem przez silnie przegęszczoną warstwę liści i jest splukiwany w trakcie deszczowania.

Szkodniki liściożerne (foliofagi). Należą do nich postacie doskonale licznych gatunków chrząszczy (chrabąszczowate, ryjkowce, złotkowate, kózkowate), gąsienice motyli, larwy błonkówek. Jak dotąd nie stwierdzono szkodliwego w skutkach, masowego pojawienia się w szkółkach szkodników liściożernych. Sporadyczne wystąpienie szkodników z tej grupy jest łatwe do opanowania przy użyciu dopuszczonego do stosowania w szkółkarstwie leśnym insektycydu

kontaktowego lub żołądkowego. Preparaty podawane są za pomocą dysz zraszających.

Larwy komarnic (*Tipula sp.*). Po kilku latach eksploatacji szkółki kontenerowej, na polach hodowlanych gromadzi się gruba warstwa resztek organicznych, składająca się przede wszystkim z cząsteczek torfu oraz gnijących liści i innych części roślin. W warunkach silnego uwilgotnienia stanowi doskonałą bazę rozwojową larw komarnic. W końcowym okresie rozwoju larwy mogą osiągać 2 cm długości. Potrafią przedostać się z podłoża do kontenerów z sadzonkami i ogryzać korę dolnej części sadzonek. Szkody przypominają uszkodzenia powodowane przez szeliniaka lub myszy. Zgryzienia pojawiają się wczesną wiosną i mogą prowadzić do strat o gospodarczym znaczeniu. Zwalczanie polega na obfitym opryskaniu zagrożonych sadzonek oraz powierzchni pól hodowlanych insektycydami kontaktowymi. Duże znaczenie profilaktyczne ma systematyczna likwidacja zalegającego błota organicznego.

10.9.3. Inne szkody biotyczne

Mchy i wątrobowce. Przyjęta technologia hodowli sadzonek, z intensywnym podlewaniem w niewielkich pojemnikach, sprzyja masowemu pojawianiu się drugiej połowie sezonu wegetacyjnego mchów i szczególnie dokuczliwych wątrobowców. Te ostatnie mogą całkowicie pokryć powierzchnię podłoża hodowlanego grubym kożuchem, uniemożliwiającym dostęp wody i nawozów. Jak wskazuje praktyka, występowanie wątrobowców jest tym obfitsze, im pojemność powietrzna substratu jest mniejsza. Podłoża o małej pojemności powietrznej wyraźnie sprzyjają rozwojowi wątrobowców i mchów, które w tym przypadku mogą się pojawiać bardzo wcześnie. Masowe pojawienie się wątrobowców wywołuje zahamowanie wzrostu sadzonek, a nader często także ich zabicie na skutek odcięcia dostępu wody do bryłki korzeniowej. Ponadto wątrobowce silnie przywierają do ścian pojemników i przy wyjmowaniu sadzonek dochodzi do zniszczenia uformowanych brył korzeniowych, co może być przyczyną uszkodzenia systemu korzeniowego w trakcie sadzenia.

Niezwalczane chemicznie mchy i wątrobowce mogą powodować istotne szkody w sadzonkach. Stwierdzono to już kilkakrotnie w szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Śnieżka oraz Rudy Raciborskie. Ponadto z każdym rokiem zasiedlają one coraz większe powierzchnie pól produkcyjnych. Preparaty chemiczne niszczące mchy i wątrobowce podaje się w roztworze wodnym, za pomocą ramp deszczujących. Nie wolno przekraczać podawanych przez producenta stężeń i dawek, gdyż oprysk nie pozostanie obojętny dla siewek.

Chwasty. Zachwaszczenie, wbrew pozorom, ma duże znaczenie w zabiegach ochronnych. Istotne jest utrzymanie bez chwastów nie tylko szkółki, ale także jej otoczenia. Rośliny zielne, jak dowodzi praktyka, nie stanowią większego proble-

mu, gdyż wysiewają się głównie jesienią. Najtrudniej wyeliminować wierzby i topole, szczególnie osikę, wysiewające się pod koniec maja. Ich nasiona są bardzo lotne, więc szkółkę trudno od nich odizolować.

Niedopuszczalne jest zwalczanie chwastów herbicydami. Chwasty rosnące w pojemnikach z sadzonkami muszą być ręcznie wrywane raz, a czasami dwa razy w ciągu roku. W miarę możliwości plewi się je, kiedy niepożądana roślinność jest jeszcze w fazie młodocianej. Spóźniony zabieg może prowadzić do uszkodzenia systemu korzeniowego sadzonek.

Ptaki. Nieoczekiwanym problemem, z jakim trzeba się liczyć w szkółce kontenerowej, okazały się szkody powodowane przez ptaki. Wyjadają świeże zasiewy, gdyż nasiona są stosunkowo łatwo dostępne. Poważnym problemem jest też ścinanie przez różne gatunki ptaków siewek iglastych, wywożonych z namiotów lub odkrywanych spod agrowłókniny. Dotychczasowe obserwacje pozwalają sądzić, że ptaki przystosowują się do tej nowej bazy żerowej i z czasem nabierają umiejętności korzystania z niej w coraz szerszym zakresie. Problem jest bardzo trudny do wyeliminowania.

Zasiewy można okrywać agrowłókninami. Stosowane natomiast różne, niejednokrotnie bardzo wymyślne, metody straszenia ptaków działają krótko, gdyż szybko się one do tego przyzwyczajają. Ponieważ z roku na rok skala problemu jest coraz większa, może być konieczne poszukiwanie substancji o działaniu repellentnym.

Gryzonie. W okresie wczesnowiosennym znacznym problemem mogą okazać się myszy i inne gryzonie. Teren szkółki kontenerowej, szczególnie namioty foliowe, to znakomite miejsce zimowania i bytowania gryzoni. Wiosenna aktywność zwierząt widoczna jest w postaci zgryzanych siewek i wyjadanych nasion. Szkody zwykle są gospodarczo istotne i nieodwracalne. W celu ograniczenia strat konieczna jest profilaktyczna deratyzacja przez cały rok w obrębie szkółki, szczególnie w okresie jesiennym.

10.9.4. Ochrona przed szkodami powodowanymi przez mróz

Sadzonki hodowane w szkółkach kontenerowych, podobnie zresztą jak innymi metodami w pojemnikach, są bardziej narażone na szkody przez wymarzenie, niż uprawiane w gruncie. Szczególnie wrażliwy na mróz jest system korzeniowy sadzonek. Ponieważ w uprawie kontenerowej tkwi on w sztucznym podłożu, które ma o wiele mniejszą niż gleba pojemność cieplną, może być narażony na przemarzenie częściej, niż w przypadku sadzonek w gruncie. Letalna temperatura dociera do tkanek korzeni stosunkowo łatwo, szczególnie przy dłuższym oddziaływaniu stale bardzo niskiej temperatury. Natomiast odporność pędów na uszkodzenia przez mróz jest zbliżona do tej, jaką mają sadzonki w klasycznych szkółkach gruntowych.

Tabela 6. Przewidywanie najniższej temperatury nocy

Odczyt temperatury termometru suchego	Różnica temperatury pomiędzy termometrem suchym i zwilżonym (w °C)							
	0	1	2	3	4	5	6	7
15,0	15,0	13,2	11,2	9,1	6,4	4,1	1,1	-2,5
14,0	14,0	12,1	10,1	7,9	5,5	2,7	-0,6	-4,4
13,0	13,0	11,1	9,0	6,7	4,1	1,2	-2,2	-6,4
12,0	12,0	11,0	7,6	5,5	2,8	-0,3	-4,0	
11,0	11,0	9,0	6,8	4,2	1,5	-1,9	-5,8	
10,0	10,0	7,9	5,6	3,0	0,0	-3,4		
9,0	9,0	6,9	4,5	1,7	-1,4	-5,1		
8,0	8,0	5,8	3,3	0,4	-2,8			
7,0	7,0	4,7	2,1	-0,9	-4,3			
6,0	6,0	3,6	0,9	-2,2	-5,9			
5,0	5,0	2,5	0,3	-3,5				
4,0	4,0	1,5	-1,5	-4,9				
3,0	3,0	0,3	-2,7	-6,3				
2,0	2,0	-0,7	-3,9					
1,0	1,0	-1,8	-4,6					
0,0	0,0	-2,8	-5,9					

Szkody spowodowane oddziaływaniem na sadzonki niskiej temperatury mogą pojawić się w wyniku wczesnowiosennych przymrozków późnych, wczesnojesiennych przymrozków wczesnych oraz przy beźśnieźnych zimach od mrozów zimowych.

Na spóźnione przymrozki wiosenne narażone są zarówno młode siewki na otwartych polach zraszania, jak i sadzonki wywożone wiosną z namiotów. Zarówno jedno, jak i drugie nie mają żadnej odporności na temperaturę poniżej 0°C i w przypadku jej wystąpienia bądź zamierają, bądź są częściowo uszkodzone. Aby uchronić się przed stratami wynikającymi z wymarzenia zasiewów, w okresie wiosennym należy stale prognozować możliwość (ryzyko) spadku temperatury poniżej zera, np. za pomocą odczytywania wskaźników psychrometru. Wystąpienie przymrozków prognozuje się za pomocą specjalnych tabel psychrometrycznych, na podstawie różnicy temperatury pomiędzy termometrem suchym i zwilżonym. Na przykład, jeżeli w nocy termometr suchy wskazuje temperaturę 4°C, a termometr zwilżony 1°C, to spodziewana najniższa temperatura nad ranem może wynieść -4,9°C! Powyżej przedstawiono uproszczoną tablicę psychrometryczną, stosowaną z powodzeniem w Skandynawii.

Możliwości przeciwdziałania skutkom przymrozków późnowiosennych są ograniczone i zależą od ich siły. Spadek temperatury poniżej -5°C praktycznie powoduje co najmniej lokalne nekrozy części zielonych. Przed łagodniejszymi przy-

mrozkami można chronić sadzonki przez zraszanie wodą, o czym warto pamiętać przy dobieraniu urządzeń nawadniających, które powinny być odporne na działanie niewielkich przymrozków.

Wiosenne zasiewy na polach produkcyjnych można przykrywać na kilka tygodni agrowłókniną, która utrzymuje w obrębie kiełkujących nasion i siewek temperaturę o 2–3°C wyższą, niż ma otoczenie.

Przymrozki późnowiosenne zagrażają ponadto sadzonkom z ubiegłorocznej hodowli. Pod wpływem ciepła słonecznego, wczesną wiosną, sadzonki oczekujące na polach hodowlanych na wywóz szybko rozpoczynają wegetację. Obserwacje w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie wskazują, że np. sadzonki kontenerowe dębu szypułkowego rozpoczynają wegetację 10–12 dni wcześniej, niż tradycyjne sadzonki, wyjęte w tym samym czasie z gruntu. Dlatego sadzonki kontenerowe po posadzeniu w uprawach leśnych są częściej uszkodzane przez spóźnione przymrozki, niż sadzonki tradycyjne. Jest to szczególnie widoczne na zmrozowiskach i otwartych powierzchniach.

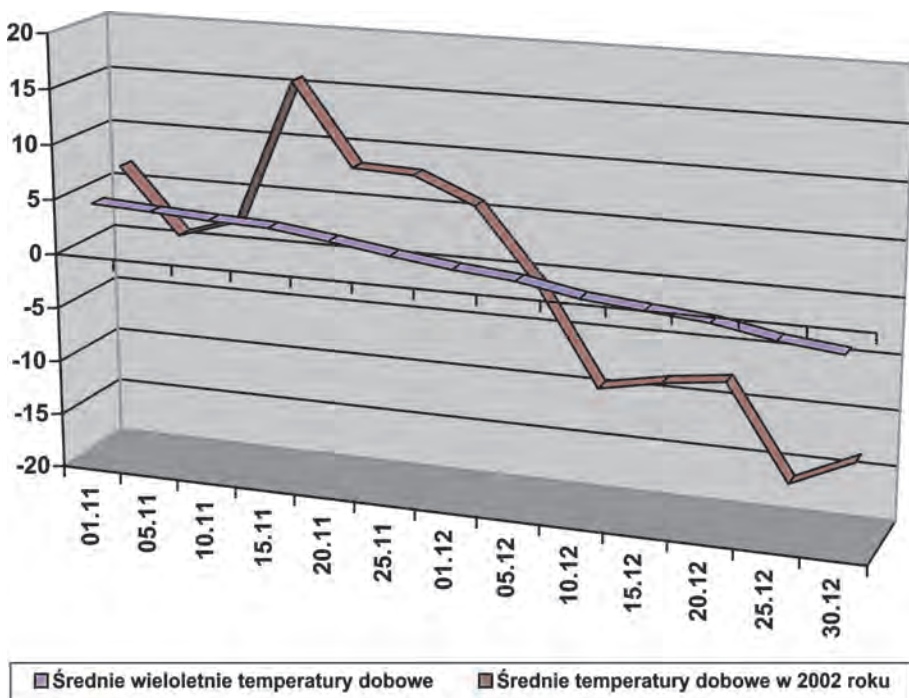
Przymrozki wczesne najrzadziej są przyczyną problemów w szkółkach kontenerowych. Z reguły, kiedy pojawiają się pierwsze mrozy, sadzonki kończą wzrost oraz kształtowanie pączków. Krótkotrwałe i na ogół niewielkie spadki temperatury raczej stymulują proces uzyskiwania odporności przez sadzonki. Przymrozki wczesne przewiduje się i eliminuje ich skutki tak, jak w przypadku przymrozków późnych.

Największe problemy stwarzają późnojesienne i zimowe mrozy. Zwłaszcza, kiedy spadki temperatury są nagłe, a po dłuższej i cieplejszej niż zwykle jesieni korzenie sadzonek nie są fizjologicznie przygotowane do zimy. Szkody są ponadto bardzo dotkliwe w skutkach, gdyż mogą objąć całe zasiewy. Jak wcześniej wspomniano, zdolność przetrwania sadzonek przez okres zimy uzależniona jest od uzyskania odporności na niską temperaturę. Proces nabywania fizjologicznej odporności na mróz rozpoczyna się jednocześnie z wytwarzaniem pączków zimowych. O zapoczątkowaniu tego procesu w części nadziemnej sadzonki decyduje układ temperatury i wydłużająca się noc, w przypadku korzenia zaś obniżająca się systematycznie temperatura podłoża.

Mówiąc o odporności sadzonek na niską temperaturę należy pamiętać, że bardziej wrażliwy na uszkodzenie jest korzeń. Zwykle też, dużo później, niż część nadziemna, uzyskuje on pełną odporność na mróz. Sprawę pogarsza hodowla w łatwo przemarzającym podłożu, w pojemnikach izolowanych warstwą powietrza od powierzchni uprawowej. Należy tu przypomnieć, że w jesieni niezbędne jest wyeliminowanie wszelkiego sztucznego oświetlenia w sąsiedztwie sadzonek. Lampy rtęciowe lub selenowe, dające światło białe, o dużym natężeniu, mogą powodować zaburzenia procesu drewnienia nadziemnych części sadzonek. Zawarte bowiem w miękiszu igieł i liści fotoreceptory odbierają sztuczne światło jak dzienne i nie rejestrują w odpowiedni sposób skracającego się dnia. W ślad za tym w tkankach nie pojawiają się fitohormony odpowiedzialne za procesy drewnienia, a przez to części nadziemne nie są odpowiednio przygotowane do nastania mrozów.

Jak groźne jest zjawisko nieprzygotowania się korzeni do niskiej temperatury, uświadomiła szkółkarzom zima 2002/2003 r. Bardzo nietypowy układ temperatury pod koniec 2002 roku, szczególnie w drugiej i trzeciej dekadzie listopada sprawił, że po znacznym, okresowym ociepleniu korzenie sadzonek nie nabrały odporności, a przypuszczalnie nawet nie zakończyły wegetacji. Na wykresie poniżej pokazano, na tle średniej wieloletniej, kształtowanie się temperatury w listopadzie i grudniu 2002 roku. Dla przykładu, średnia dobowa temperatura od 15 do 18 listopada przekraczała 15°C, a od 22 do 28 listopada sięgała jeszcze 10°. Już tydzień później, bo 9 grudnia, średnia dobowa temperatura wyniosła -10°C. Należy pamiętać, że przy tak wysokiej w listopadzie średniej dobowej temperaturze, maksymalna musiała przekraczać 25°C. Taki układ temperatury spowodował, że systemy korzeniowe fizjologicznie nie były przygotowane do spoczynku, kiedy temperatura spadała do bardzo niskich wartości.

Jak widać na wykresie, wysoka średnia dobowa temperatura w listopadzie poprzedziła gwałtowny spadek temperatury do bardzo niskich wartości w połowie grudnia. Zarówno wysoka temperatura listopada, jak i niska grudnia, dalece od-



Układ średnich temperatur dobowych w listopadzie i grudniu 2002 roku na tle średnich wieloletnich

biegały od średnich wieloletnich temperatur dobowych. Dodatkowo nie było wówczas pokrywy śnieżnej. W efekcie systemy korzeniowe wrażliwszych sadzonek, szczególnie liściastych, zamarły. Najdotkliwiej ucierpiały dęby, poza tym: buk, olcha, klony, grab i lipa. Zjawisko zaobserwowano właściwie we wszystkich szkółkach kontenerowych w Polsce.

Sadzonki, które sadi się w uprawach tego samego roku (od września), łatwo i skutecznie uodporniają się na niską temperaturę. Ponadto ciepło ziemi i duża pojemność cieplna gleby znacznie niweluje gwałtowne spadki temperatury w strefie korzeni. Inaczej dzieje się z podatnością sadzonek przetrzymywanych na polach produkcyjnych do wiosny. Nawet jeżeli proces drewnienia tych sadzonek przebiegał prawidłowo i nabrały one odporności, w czasie mroźnej, bezśnieżnej i wietrznej zimy może dochodzić wewnątrz substratu do obniżenia temperatury do wartości krytycznych, poniżej których sadzonki nie przeżyją (np. -18°C dla świerka, -24°C dla sosny).

W Polsce dotychczas nie badano zależności zabezpieczenia systemu korzeniowego przed przemarzaniem od materiału użytego do budowy kontenerów. Teoretycznie kontenery styropianowe, z uwagi na właściwości termoizolacyjne tworzywa, powinny bardziej, niż wykonane z polipropylenu, chronić systemy korzeniowe przed przemarzeniem. Doświadczenie zimy 2002/2003 pokazało jednak, że nawet kontenery styropianowe nie są w stanie ochronić korzeni, gdy wystąpi nietypowy układ temperatury, a jej spadki są długotrwałe. We wspomnianym okresie, w całym kraju stwierdzono przypadki wymarzenia systemów korzeniowych dębów i innych gatunków liściastych (z wyjątkiem brzozy), a nawet przydarzyło się to części sadzonek sosny, bez względu na rodzaj pojemnika. W zimie 2002/2003 zaobserwowano również masowe wymarzenie jednorocznych odnowień naturalnych dębu, np. w rezerwacie Łęczczok pod Raciborzem i w wielu innych drzewostanach. Nie było natomiast szkód w szkółkach gruntowych. Podobny jak w zimie 2002/2003, układ temperatury wystąpił w sezonie 1996/1997. Wówczas na szkółkach gruntowych południowo-zachodniej Polski wymarły korzenie ponad 30 milionów sadzonek dębów, buka i klonów. Przemarzanie systemów korzeniowych nie jest więc wyłącznie domeną szkółkarstwa kontenerowego. Wydaje się jednak, że sadzonki hodowane w pojemnikach są zagrożone wymarzeniem bardziej, niż sadzonki uprawiane w gruncie. Dlatego sadzonki zimujące w szkółce kontenerowej wymagają odpowiedniego zabezpieczenia.

10.9.4.1. Umieszczenie kontenerów bezpośrednio na gruncie

Najprostszym, choć nie do końca skutecznym sposobem, co stwierdzono w Nadleśnictwie Oleszyce, jest postawienie kontenerów bezpośrednio na gruncie. Z uwagi na dużą liczbę kontenerów jest to pracochłonne i kosztowne. Praktykowanym w szkółkach kontenerowych w Polsce sposobem jest także osłonięcie otwartych



Zabezpieczenie przed mrozem zimujących sadzonek za pomocą mat termoizolacyjnych ustawionych wokół palet z sadzonkami (Nadleśnictwo Jabłonna)



Sztuczne zaśnieżanie sadzonek za pomocą armatki śnieżnej – Nadleśnictwo Śnieżka

brzegów palet z sadzonkami wokół pól produkcyjnych matami ze spienionych tworzyw termoizolacyjnych. W ten sposób tworzy się pod sadzonkami zamkniętą przestrzeń powietrzną, kumulującą ciepło gruntu. Jak stwierdzono w szkółce Nadleśnictwa Rudy Raciborskie, w czasie 15-stopniowego mrozu temperatura powietrza na zewnątrz była o 5–6°C niższa, niż pod osłoniętymi kasetami. Zazwyczaj wystarcza to, by ochronić przed wymarzeniem korzenie najwrażliwszych gatunków. Jednakże w szczególnie niesprzyjających warunkach, jak było zimą 2002/2003 roku, to nie wystarcza.

10.9.4.2. Sztuczne zaśnieżanie

Innym zabiegiem stosowanym podczas bezśnieżnych zim, w szkółce Nadleśnictwa Śnieżka oraz Rudy Raciborskie, jest sztuczne zaśnieżanie pól z sadzonkami. Pozwala ono ochraniać przed mroźnym wiatrem zarówno korzenie, jak i części nadziemne sadzonek. Przy obecnej znajomości rzeczy przypuszcza się, że może to być (poza przechowaniem w chłodni) najskuteczniejszy sposób ochrony przed przemarzaniem. Ma jednak zasadniczą wadę – tempo sztucznego zaśnieżania jest ograniczone. Przy gwałtownym spadku temperatury można nie zdążyć z przykryciem warstwą izolacyjną wystarczającej grubości (kilkucentymetrową) kontenerów z sadzonkami.

10.9.5. Przechowywanie sadzonek w chłodniach

Duże, nowoczesne, funkcjonujące od wielu lat szkółki kontenerowe w zachodniej Europie, szczególnie w Skandynawii, wyposażone są w specjalne chłodnie do przechowywania sadzonek. Zastosowanie chłodni w szkółkarstwie kontenerowym rozwinęło się z następujących powodów (potrzeb):

- ochrony sadzonek przed skutkami przemarzania,
- potrzeby opóźnienia wegetacji sadzonek do czasu ich wysadzenia w uprawach leśnych,
- rozładowania wiosennego spiętrzenia prac na szkółce, dzięki opróżnieniu części kontenerów jesienią,
- możliwości dokładnego przesortowania i policzenia sadzonek w trakcie pakowania,
- ułatwienia organizacji dystrybucji i transportu sadzonek do odbiorców.

W przechowalnictwie sadzonek można wyróżnić dwa podstawowe sposoby przechowania w:

- klimatyzowanych chłodniach w temperaturze około 0°C,
- lodowniach w temperaturze poniżej 0°C.

Przechowanie w chłodniach w temperaturze około 0°C. Po zakończeniu okresu wegetacji sadzonek, mogą one być umieszczone w klimatyzowanych chłodniach w temperaturze 0–3°C. Sadzonki iglaste umieszcza się w chłodniach z chwilą nadejścia pierwszych przymrozków. Nieco większy problem stwarzają gatunki liściaste. Mogą one trafić do przechowania po całkowitym opadnięciu liści, czyli praktycznie dopiero po kilku dniach z ujemną temperaturą. Umieszczenie w chłodni sadzonek liściastych wraz z aparatem asymilacyjnym grozi masowym rozwojem patogenicznych grzybów. Temperatura przechowywania w chłodni nie wstrzymuje, a jedynie znacznie obniża metabolizm sadzonek. Procesy życiowe przebiegają przez cały okres przechowania. Dlatego warunkiem koniecznym jest utrzymanie w chłodni wysokiej, powyżej 90%, wilgotności powietrza. Najprostszą, często stosowaną metodą jest utrzymanie posadzki chłodni w stanie mokrym i systematyczne uzupełnianie odparowanej wody. Pewniejszą metodą jest wyposażenie chłodni w automatyczne urządzenia klimatyczne, utrzymujące wilgotność powietrza na żądanym poziomie.

Sadzonki można przechowywać w chłodni wraz z kontenerami, w których wyrosły. Taki sposób wymaga jednak znacznych przestrzeni oraz wymusza wyposażenie chłodni w specjalne konstrukcje do magazynowania kontenerów. Z uwagi na znaczne koszty inwestycyjne, sposób ten jest rzadko praktykowany.

Najczęściej sadzonki umieszczane są w chłodniach po wyjęciu z kontenera, presortowaniu i ocenie pod względem przydatności do sprzedaży. Pozwala to znacznie zaoszczędzić miejsce potrzebne do przechowania. Zakwalifikowane do wysadzenia sadzonki umieszczane są dość luźno albo w papierowych workach lub kartonach, albo pojemnikach (skrzynkach) z tworzywa sztucznego. Pozwala to znacznie zaoszczędzić miejsce potrzebne do przechowywania. Worki lub kartony muszą być wykonane z papieru lub tektury odpornych na rozmakanie. Pojemniki nie mogą ograniczać wymiany gazowej pomiędzy sadzonkami i powietrzem w chłodni. Pojemniki zostają w odpowiedni sposób opisane (zaetykietowane) i umieszczone na półkach. Lokalizacja pojemników w chłodni powinna być zaewidencjonowana, aby można było do nich łatwo dotrzeć bez zbędnych operacji.

Przechowywanie sadzonek w chłodniach niesie za sobą dwa podstawowe zagrożenia. Pierwszym z nich jest groźba spadku wilgotności powietrza w chłodni, która może skutkować odwodnieniem sadzonek, prowadzącym do osłabienia lub uszkodzenia. Drugim zagrożeniem jest zwiększona podatność przechowywanych sadzonek na infekcje grzybów. Dlatego przed umieszczeniem sadzonek w pojemnikach, powinny być zabezpieczone fungicydami o szerokim spektrum działania.

Jak pokazuje doświadczenie, ten sposób przechowania sadzonek może powodować niewielkie osłabienie żywotności. Z tego powodu w nowoczesnych szkółkach stopniowo odchodzi się od tej metody.

Przechowanie w lodowniach w temperaturze poniżej 0°C. Najczęstszym i prawdopodobnie najskuteczniejszym sposobem przechowania sadzonek, jest

umieszczenie ich w chłodni z temperaturą -3°C do -5°C . Takie chłodnie w krajach skandynawskich nazywane są lodowniami.

Przed przechowaniem sadzonki muszą być w tym przypadku wyjęte z kontenerów i po przesortowaniu umieszczone w hermetycznie zamykanych pojemnikach. Sadzonki liściaste powinny być, podobnie jak w poprzedniej metodzie, pozbawione aparatu asymilacyjnego, przy czym niewielkie pozostałości martwych liści nie mają znaczenia. Ujemna temperatura w chłodni wstrzymuje procesy życiowe sadzonek. Dlatego reżim wilgotności powietrza jest w tym przypadku mniejszy. Wilgotność powinna być utrzymywana na poziomie około 60–70%, co nie nastęrcza większego problemu.

Zakwalifikowane do sprzedaży sadzonki umieszcza się ściśle w tekturowych kartonach wykonanych z dwustronnie foliowanego papieru. Po napełnieniu kartony zostają odpowiednio opisane, po czym układa się je pionowo, po kilkadziesiąt sztuk, na paletach transportowych i całość foliuje. Przygotowana w ten sposób partia sadzonek zostaje umieszczona na metalowym stelażu za pomocą wózka widłowego lub innego podnośnika. Sposób opakowania eliminuje wymianę gazo-



Linia do półautomatycznego pakowania sadzonek do kartonów w celu umieszczenia w chłodni (Szwecja)

wą między chłodnią i sadzonkami, a wilgotność w kartonach utrzymuje się na pierwotnym poziomie.

Ten sposób przechowywania sadzonek praktycznie eliminuje ryzyko wystąpienia chorób grzybowych. Jest on właściwszy z fizjologicznego punktu widzenia i nie skutkuje obniżeniem żywotności i zdrowotności sadzonek po okresie przechowania.

Opisane sposoby przechowania są w pełni skutecznymi metodami zabezpieczenia sadzonek przed wymarzeniem w szkółce.

Wspomniano wcześniej, że sadzonki oczekujące wiosną na wydanie ze szkółki, stosunkowo wcześniej rozpoczynają wegetację i, co za tym idzie, szybko tracą całkowicie odporność na ujemną temperaturę. Dochodzi wówczas do niezgodności pomiędzy fenologicznym stanem sadzonek i warunkami atmosferycznymi panującymi w miejscu wysadzenia. Problem jest szczególnie poważny, gdy sadzonki przeznaczone są do nasadzeń w wyższych położeniach górskich, gdzie sezon wegetacyjny rozpoczyna się później niż na niżu. Efektem tego jest zagrożenie wybudzonych ze spoczynku zimowego sadzonek od przymrozków późnych, a potem suszy. Przechowywanie sadzonek w chłodni umożliwia dowolne wstrzymanie wegetacji. Dzięki temu po wysadzeniu fenologiczny rozwój sadzonek następuje w zgodzie z rozpoczynającym się sezonem wegetacyjnym.

Nie bez znaczenia jest również to, że przechowanie sadzonek w chłodniach daje możliwość swobodnego dysponowania nimi w okresie wywozu. Sadzonki mogą być wyjmowane z „magazynu” w dowolnym momencie, a sposób opakowania ułatwia i upraszcza transport. Nabiera to szczególnego znaczenia w szkółkach produkujących kilka milionów sadzonek. Wyeliminowana zostaje konieczność przewozu sadzonek wraz z kontenerami. Sposób opakowania umożliwia ponadto zastosowanie do wywozu dowolnych środków transportowych.

Wyposażenie szkółki kontenerowej w chłodnię niesie za sobą konieczność ponoszenia znacznych nakładów inwestycyjnych. Bez względu na to czy będzie to chłodnia czy lodownia, koszty przygotowania sadzonek do przechowania, opakowania i przechowywania z uwzględnieniem odpisu amortyzacyjnego wynoszą 10–20 groszy za sztukę. Tylko w szkółkach produkujących co najmniej kilka lub kilkanaście milionów sadzonek, dodatkowe koszty potrzebne na zimowe przechowywanie w chłodniach znajdują ekonomiczne uzasadnienie.

W polskim szkółkarstwie kontenerowym, jak dotąd, nie ma obiektów do przechowywania znacznej liczby sadzonek kontenerowych, co wynika wyłącznie z przyczyn ekonomicznych. Niektóre nadleśnictwa, szczególnie górskie, zaopatrzyły się w niewielkie obiekty chłodnicze z temperaturą +3°C. Mają one zastosowanie do wiosennego przetrzymywania sadzonek w celu opóźnienia początku wegetacji. Służą prawie wyłącznie dla sadzonek z nagim systemem korzeniowym.

Poza chłodnią nie ma stuprocentowo pewnych sposobów uniknięcia strat, spowodowanych przez mrozy.

Godne polecenia jest też codzienne monitorowanie średniej dobowej temperatury u schyłku jesieni. Znajomość układu temperatury umożliwi przed pierwszymi mrozami oszacowanie stopnia przystosowania się korzeni sadzonek do okresu zimowego. Świadomość, że korzenie mogły nie nabyć jeszcze wystarczającej odporności, pozwoli przygotować się do stosowania omówionych sposobów ochrony przed mrozem.

11. Szczegółowa hodowla gatunków lasotwórczych metodą kontenerową

Zasady uprawy podstawowych gatunków drzew leśnych mogą się w praktyce nieco różnić, zwłaszcza terminem siewu, udatnością w kasecie i końcowymi wymiarami osiąganymi przez sadzonki w cyklu hodowlanym. Drobne różnice mogą być pochodną wielkości stosowanego pojemnika, warunków atmosferycznych w roku hodowli lub innych czynników, kształtujących warunki wzrostu sadzonek.

11.1. Warunki uprawy gatunków iglastych

Na kontynencie europejskim największe doświadczenie w hodowli sadzonek metodą kontenerową mają kraje skandynawskie, gdzie jest to podstawowy sposób hodowli sadzonek gatunków iglastych: świerka pospolitego, sosny zwyczajnej, jedlicy zielonej i modrzewia europejskiego. Gatunki liściaste mają w skandynawskim szkółkarstwie kontenerowym znaczenie marginalne, więc i doświadczenie w ich hodowli jest niewielkie. Praktyczne doświadczenia szkółkarstwa skandynawskiego, szczególnie szwedzkiego, sięgają ponad 30 lat. W Skandynawii uprawa gatunków iglastych nie nastręcza większych problemów, a jej rezultat jest bardzo dobry. Również efekt użycia kontenerowych sadzonek iglastych w uprawach leśnych jest zadowalający i sprawdzony.

Na podstawie dotychczasowych doświadczeń w polskich szkółkach kontenerowych można śmiało stwierdzić, że gatunki iglaste hoduje się łatwiej niż liściaste, stosunkowo tanio i można to robić na coraz większą skalę. Z obserwacji upraw założonych z sadzonek iglastych, a także z wielu badań na uprawach doświadczalnych (Szabla, 2004), wyhodowanych w kontenerach wynika, że udatność takich upraw oraz dynamika wzrostu sadzonek i ich odporność na niekorzystne czynniki zewnętrzne, tak biotyczne jak i abiotyczne, są duże, co w efekcie daje znaczne korzyści ekonomiczne.

11.1.1. Sosna zwyczajna

Sadzonki sosny zwyczajnej uprawia się w kontenerach o pojemności doniczki 100–150 cm³. Dobre rezultaty dają pojemniki ażurowe. Hoduje się je zawsze w cyklu jednorocznym. Nasiona mogą być wysiewane od początku marca do końca maja. Optymalna data siewu przypada na drugą połowę kwietnia. Nasiona wysiewa się automatycznie, za pomocą siewników. By uzyskać maksymalną udatność wschodów w kontenerach, do jednego pojemnika wsiewa się od 1 do 3 nasion, zależnie od ich jakości. Zasadniczo kiełkowanie siewek ma miejsce w namiotach lub szklarniach. Trwa to zwykle 6–8 dni. W tym czasie utrzymuje się dniem i nocą, na poziomie 21–24°C, stałą temperaturę powietrza i jego dużą wilgotność. Wkrótce po rozwinięciu pierwszych igieł, ale nie wcześniej niż po 20 kwietnia, siewki wywozi się na powierzchnię otwartą. Niewielkie spadki temperatury poniżej zera siewkom nie szkodzą. Przy przymrozkach rzędu kilku stopni trzeba, w razie potrzeby, chronić je przez zraszanie. Kiedy siewki wywozi się z namiotów w kwietniu, prawie zawsze następuje przejściowe zahamowanie ich wzrostu, który wznawiany jest zaraz po nastaniu cieplejszych dni.



Sadzonka sosny zwyczajnej
– fot. K. A.

Siewki z obsiewu w drugiej połowie kwietnia lub w maju mogą pozostawać w namiocie tylko 2–3 tygodnie i im krócej, tym lepiej. Ma to szczególne znaczenie, gdyż w podwyższonej temperaturze mają pod osłonami niedostatek światła słonecznego, co może doprowadzić do zaburzenia wzrostu i późniejszej deformacji.

W praktyce stosowana jest jeszcze inna metoda uprawy sadzonek sosny. W drugiej połowie kwietnia, po automatycznym wysianiu nasion do kaset, są one umieszczane od razu na otwartych polach produkcyjnych. Zasiewy powinno się przykryć agrowłókniną. Przed przykryciem należy obficie podać i zastosować profilaktykę przeciwzgorzelową. Kiełkowanie nasion jest w tym przypadku wolniejsze, ale nie stwierdzono, aby miało to istotne znaczenie w obniżeniu udatności wschodów. Agrowłókninę zdejmuje się po 10 maja. Ten sposób hodowli sadzonek sosny stosowany jest od kilku lat w szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Rudy Raciborskie, a wygospodarowa-

ną w namiotach powierzchnię wykorzystuje się do hodowli gatunków bardziej wymagających.

Po okresie jednego sezonu wegetacyjnego uzyskuje się sadzonki o przeciętnej wysokości 15–20 cm i 5 mm grubości w szyi korzeniowej. Sadzonki z wysiewu majowego lub do kaset wprost na powierzchni otwartej są nieco mniejsze, ale w zupełności wystarczają, aby użyć je do odnowienia nawet trudnego terenu.

11.1.2. Modrzew europejski

Do siewu należy przeznaczyć tylko elitarne, wyseparowane wcześniej za pomocą specjalistycznego sprzętu, nasiona modrzewia. Za pomocą siewników automatycznych wysiewa się do każdej celi po 2–3 nasiona. Używa się kaset o pojemności 120–150 cm³, gdyż modrzew hoduje się wyłącznie w cyklu jednorocznym. Najodpowiedniejszym terminem siewu jest pierwsza połowa marca. Obsiane kasety na 7–8 tygodni umieszcza się w namiotach, utrzymując w nich początkowo temperaturę 22°C, a po skielkowaniu nasion zwiększa do 24°C. Po 10 maja siewki muszą być wywiezione na zewnątrz. Z gatunków iglastych modrzew jest najwrażliwszy na niedobór światła słonecznego w szklarni czy namiocie. Dlatego zaraz po ustąpieniu zagrożenia spóźnionymi przymrozkami musi być umieszczony na otwartej powierzchni.

W początkowym okresie sadzonki modrzewia hodowano w cyklu półtorarocznym (0,5/1), a także dwuletnim (2/0). Doświadczenia pokazały jednak, że najwłaściwszym dla tego gatunku, jest cykl jed-



Sadzonka modrzewia europejskiego

noroczny. Decyduje o tym kilka argumentów: koszty hodowli są najmniejsze, ryzyko deformacji korzeni wyeliminowane, wymiary sadzonek optymalne, a proporcje pomiędzy częścią nadziemną i korzeniem prawidłowe. Po okresie wegetacyjnym sadzonki osiągają wysokość około 25 cm i 6–7 mm grubości w szyi korzeniowej.

11.1.3. Świerk pospolity

Cykl hodowli 1/0. Podstawową metodą jest jednoroczny cykl hodowli sadzonek świerka pospolitego. Wyseparowane nasiona wysiewa się w pierwszej połowie marca (przy czym im wcześniej, tym lepiej) za pomocą automatycznego siewnika. Sieje się, zależnie od jakości, po 1–3 nasiona do każdej celi, której pojemność powinna wynosić od 100 do 150 cm³. Kasety umieszcza się w namiotach foliowych lub szklarniach, gdzie nasiona kiełkują

zwykle po 15–20 dniach. Z chwilą pojawienia się pierwszych części zielonych siewek konieczne jest ich doświetlenie, by pozornie skrócić długość nocy. Można to osiągnąć przez potraktowanie wschodzących siewek jednorazowym impulsem świetlnym przerywającym noc na dwie, mniej więcej równe, krótkie części. Zabieg ten należy kontynuować do około 15 kwietnia. Optymalna, stała w dzień i w nocy, temperatura kiełkowania wynosi 23°C. Po wykiełkowaniu wszystkich siewek temperaturę w namiocie należy obniżyć do 20°C w dzień i 18°C w nocy. Temperatura powyżej 26°C powoduje zaburzenie asymilacji siewek. Należy na to zwrócić uwagę przede wszystkim podczas przetrzymywania sadzonek pod osłoną w maju. Sadzonki w namiotach lub szklarniach powinny pozostawać przez 6–8 tygodni.

Na koniec sezonu wegetacyjnego w 85–90% pojemników uzyskujemy sadzonki o wysokości 15 cm i około 4 mm grubości w szyi korzeniowej. Sadzonki z powodzeniem nadają się do odnowień i zalesień.

Cykl hodowli 0,5/1. Hodowlę w cyklu półtorarocznym stosuje się, gdy potrzebne są bardzo mocne sadzonki, przydatne do sadzenia w terenach górskich lub przeznaczono-



Sadzonka świerka pospolitego uprawianego w systemie 1/0 (jednoroczna) – fot. K. A.



Jednoroczne sadzonki świerka pospolitego zimujące na otwartym polu hodowlanym (Nadleśnictwo Rudy Raciborskie)

ne do późnych poprawek (w czwartym, piątym i późniejszych latach uprawy). Nasiona świerka wysiewa się w maju–czerwcu, do kontenerów z małymi doniczkami pojemności około 50 cm³, na ogół po 1 nasionie. Siewki kiełkują pod osłoną i gdy wszystkie wzejdą, przewozi się je na otwartą powierzchnię. Pozostają tam do wczesnej jesieni i z chwilą dostatecznego przerośnięcia brytek korzeniowych zostają przeszkółkowane do pojemników docelowych o objętości 250–300 cm³. Najpierw wyciskane są w nich dołki odpowiadające kształtowi bryłki siewki. Następnie umieszcza się tam ręcznie bryłki z półrocznymi siewkami. Po przeszkółkowaniu sadzonki przewozi się na powierzchnie otwarte, gdzie rosną do końca obecnego i przez cały następny sezon wegetacyjny. W efekcie uzyskuje się sadzonki wysokości 30 cm i 12–14 mm grubości w szyi korzeniowej. Praktyczna udatność hodowli w pojemnikach docelowych wynosi 90–95%.

11.1.4. Jodła pospolita

Gatunek ten metodą kontenerową zaczęto hodować w 2002 roku w szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Oleszyce. Przyjęto technologię w cyklu trzyletnim (2/1). Do szkółkowania przeznaczają się dwuletnie siewki jodły ze szkółki gruntowej lub



Sadzonki jodły pospolitej hodowanej w cyklu trzyletnim (2/1) na otwartym polu hodowlanym – Nadleśnictwo Oleszyce

inspektu. Na wiosnę siewki z przyciętymi systemami korzeniowymi szkółkowane są do kontenerów o objętości celi 250–300 cm³ i przebywają w nich tylko rok, co wystarcza na związanie bryłki substratu przez korzenie, bez ich deformacji. Istotną i ważną w hodowli tego gatunku sprawą jest głębokość pojemnika, wynosząca w przypadku kaset stosowanych w Nadleśnictwie Oleszyce 18 cm. Uzyskuje się w ten sposób sadzonki o wysokości około 15 cm, co zupełnie wystarcza do użytkowania zadowalającej udatności prac odnowieniowych.

Drugą metodą jest hodowla sadzonek jodły w cyklu 1/2. W tym przypadku szkółkuje się siewki jednoroczne, do pojemników o 250–300 cm³ objętości. Sadzonki rosną w nich dwa lata. Stwarza to zagrożenie deformacji systemu korzeniowego, szczególnie po niestarannym lub nieprawidłowym szkółkowaniu do pojemników. Prawidłowe postępowanie, to umieszczenie korzeni szkółkowanych siewek w pustych, docelowych pojemnikach i stopniowe ich obsypywanie substratem na wibrującym stole, aż do wypełnienia pojemnika.

Z uwagi na bardzo powolny wzrost siewek jodły, którego nie można przyspieszyć i większe koszty wynikające z opisanego systemu produkcji pojemnikowej, metody te stosowane są lokalnie i wynikają z potrzeb uzasadnionych potrzebami hodowlanymi.

11.1.5. Jedlica zielona

Cykl hodowli 1/0. W jednorocznym cyklu hodowlanym uprawia się sadzonki jedlicy zielonej z wykorzystaniem kaset z celami o pojemności 250–300 cm³. Do siewu używa się siewników automatycznych, umieszczających po 2–3 nasiona w każdej celi. Najlepszy termin siewu to połowa kwietnia. Nasiona kiełkują w kontrolowanych warunkach namiotu lub szklarni, w temperaturze około 22°C. Wkrótce po wykiełkowaniu wszystkich nasion konieczne trzeba usunąć nadmiar siewek. Wskazane jest również obniżenie do 18–20°C temperatury powietrza w namiocie. Siewki natychmiast po ustąpieniu ryzyka spóźnionych przymrozków należy wywieźć na powierzchnię otwartą. Pod osłoną folii lub szkła siewki jedlicy mają niewystarczającą ilość światła, co zaburza ich wzrost, a przejawia się, między innymi, pofalowanym pędem głównym.

Po okresie wegetacyjnym uzyskujemy sadzonki o wysokości najwyżej 20 cm (zwykle 15 cm) i 5 mm grubości w szyi korzeniowej. Część odbiorców uznaje te wymiary sadzonek jedlicy za niewystarczające.

Cykl hodowli 0,5/1. Postępowanie z jedlicą zieloną jest identyczne, jak w przypadku świerka hodowanego w cyklu półtorarocznym. W czerwcu wysiewa się nasiona do pojemników z małymi celami, o pojemności około 50 cm³. Jesienią lub wiosną następnego roku półroczne siewki przeszkółkuje się do kontenerów o pojemności 250–300 cm³. W wyniku takiego postępowania można uzyskać sadzonki o wysokości 30–35 cm i 10–12 mm grubości w szyi korzeniowej.

11.2. Warunki uprawy gatunków liściastych

Kontenerowa technologia szkółkarska została opracowana przede wszystkim do hodowli gatunków iglastych. W polskich warunkach konieczne stało się przystosowanie jej do gatunków liściastych. Zrealizowano to uzyskując dobre rezultaty, co wymaga podkreślenia zważywszy, że było to zadanie o wiele trudniejsze, niż w przypadku gatunków iglastych i generujące większe koszty. Ich wzrost wynika z potrzeby bardzo pracochłonnej obróbki nasion, konieczności pracochłonnych ręcznych siewów i wreszcie małej udatności uzyskiwanej w pojemnikach. Dlatego wciąż poszukuje się takich rozwiązań technologicznych, które poprawiłyby efekty hodowli. Dotyczy to przede wszystkim sposobów siewu oraz rodzaju stosowanego pojemnika.

11.2.1. Dąb szypułkowy

Do siewu należy przeznaczać żołędzie moczone przez jedną dobę w wodzie o temperaturze około 20°C. Przed wysiewem wskazane jest uszkodzenie (skaryfikacja) łupiny nasiennej żołędzi poprzez obcięcie 15–20% każdego żołędzia od strony szypułki.



Siewki dębu szypułkowego – kiełkowanie poza namiotami foliowymi, na otwartym polu hodowlanym (Nadleśnictwo Rudy Raciborskie)

Sadzonki uprawia się w cyklu jednorocznym, w pojemnikach z pojedynczą celą o objętości 250–300 cm³. Najodpowiedniejszy termin siewu to pierwsza połowa marca. Żołędzie sieje się ręcznie, w namiotach lub szklarniach do cel, na głębokość około 1 cm. W czasie kiełkowania, zarówno w dzień jak i w nocy, należy utrzymywać temperaturę 23°C. Kiełkowanie jest niezwykle rozciągnięte w czasie i może trwać nawet 8 tygodni. Siewki powinny pozostać pod osłoną do połowy maja, po czym wywozi się je na powierzchnię otwartą, gdzie pozostają do końca sezonu wegetacyjnego.

Żołędzie można również wysiewać poza namiotami, od razu na powierzchni otwartej, najlepiej w pierwszej połowie kwietnia. Zasiwy po uprzednim obfitym podlaniu należy przykryć agrowłókniną, którą zdejmuje się po 6–8 tygodniach. Na przełomie czerwca i lipca (tj. w okresie letniego, wielkiego przyrostu) siewki można umieścić w namiotach lub w szklarni. Wywołuje to zintensyfikowanie letniego przyrostu i wyraźnie poprawia parametry sadzonek. Należy jednak przy tym pamiętać o codziennym kontrolowaniu, czy na sadzonkach nie pojawia się mączniak. Siewki w namiotach są bardzo narażone tę chorobę, a przeoczenie patogena i niepodjęcie w porę środków zaradczych, może, w najlepszym wypadku, prowadzić do silnych nekroz na młodych pędach.

Najistotniejszym problemem w hodowli tego gatunku w pojemnikach jest uzyskiwanie małej udatności sadzonek. Przyczyną jest rozwlekły czas kiełkowania oraz konkurencja przegęszczonych sadzonek w kontenerach.

Rozciągnięty w czasie okres kiełkowania żołądź prowadzi do znacznego różnicowania się siewek i obniżenia udatności siewów na skutek zagłuszenia siewek kiełkujących najpóźniej. Problem jest tym istotniejszy, im większe zagęszczenie siewek w kontenerze. Optymalnym zagęszczeniem jest 180–200 siewek na 1 m². W przypadku gęstszych siewów, np. w kontenerze typu Hico V–265 cm³, gdzie na 1 m² mamy prawie 400 siewek, dobre rezultaty daje ich rozrzedzenie po około 8 tygodniach od daty siewu.

W tym celu należy wyjąć z kontenerów siewki o najszybszym wzroście i przełożyć je do wolnych kontenerów, układając na przemian („w szachownicę”). Pozostawione w dotychczasowych kontenerach mniejsze siewki uzyskują większą przestrzeń życiową. Taki zabieg jest stosowany w szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Rudy Raciborskie. Pozwala poprawić wydajność siewu nawet o 20%.

Lepsze rezultaty, bez dodatkowych operacji, uzyskuje się stosując kontenery styropianowe, w których pomiędzy sąsiednimi pojemnikami jest większa przestrzeń. Zmniejsza to konkurencję między sadzonkami w obrębie kasety i pozwala na uzyskanie udatności na poziomie ponad 80%. Korzystniejsza jest także głębokość doniczki wynosząca 18 cm.

Kolejny problem, to stosunkowo wczesne, wiosenne rozbudzenie wegetacji sadzonek trzymany w pojemnikach na polach produkcyjnych. Promienie słoneczne nagrzewają sadzonki, przez co rozpoczynają



Sadzonka dębu szypułkowego pod koniec sezonu wegetacyjnego (Nadleśnictwo Oleszyce)

one wegetację nawet 14 dni wcześniej, niż w szkółce tradycyjnej. Skutkiem tego jest zwiększone ryzyko pojawienia się szkód powodowanych przez późne przymrozki.

W jednorocznym cyklu hodowlanym uzyskuje się sadzonki wysokości co najmniej 25 cm (wyższe w przypadku siewu w namiotach) i 6–7 mm grubości w szyi korzeniowej.

Dotychczasowe doświadczenia w hodowli sadzonek dębu bezszypułkowego są niezadowolające, dlatego na razie nie jest on hodowany w szkółkach kontenerowych.

11.2.2. Buk zwyczajny

Wysiewa się podkiełkowane orzeszki, wybrane ze stratyfikowanej partii nasion. Kiełki powinny być jak najmniejsze, najlepiej ledwo widoczne. Sieje się ręcznie, umieszczając orzeszki kielkiem do dołu, tuż pod powierzchnią substratu. Do ho-



Dwutygodniowe siewki buka zwyczajnego w tunelu foliowym szkółki kontenerowej Nadleśnictwa Rudy Raciborskie

dowli używa się pojemników o objętości 250–300 cm³. Nie wskazane jest, aby kontenery były zbyt ażurowe, gdyż w pełni sezonu wegetacyjnego trudno utrzymać w nich odpowiednią wilgotność podłoża. Stosuje się wyłącznie jednoroczny cykl hodowlany.

Nasiona wysiewa się od pierwszej połowy marca do połowy maja, jednak z zastrzeżeniem, że czym wcześniej, tym lepiej. Nasiona powinny kiełkować w wilgotnej atmosferze namiotu lub szklarni, przy stałej temperaturze 15–18°C w dzień i w nocy. Istotne jest, aby w czasie kiełkowania nasion temperatura powietrza nie przekraczała 20°C, gdyż może powodować zahamowanie kiełkowania. Po skiełkowaniu nasion temperaturę powietrza w namiocie powinno się utrzymywać na poziomie 20°C w dzień, obniżając ją na noc do 15°C.

Utrzymanie takiego reżimu temperatury jest tym trudniejsze, im termin siewu był późniejszy.

Siewki powinny przebywać w namiotach 5–8 tygodni i tym krócej, im później był termin siewu. Na powierzchnię otwartą mogą być wywiezione dopiero po ustąpieniu ryzyka przymrozków, najlepiej w dni pochmurne lub deszczowe, a nie przy słonecznej, gorącej pogodzie.

Na koniec sezonu wegetacyjnego otrzymujemy sadzonki o wysokości 25 cm i 7 mm grubości w szyi korzeniowej. Podobnie jak w przypadku dębu, problemem jest niska udatność, z reguły nie przekraczająca 60%. W tym wypadku zabieg rozluźnienia siewek jest niewykonalny, gdyż korzenie buka bardzo późno przerastają bryłę korzeniową w sposób umożliwiający wyjęcie sadzonek z kontenera.

Koszty hodowli sadzonek buka zwiększają żmudne i czasochłonne czynności wybierania kiełkujących nasion oraz ręczny obsiew kaset.



Kontener z sadzonkami buka zwyczajnego pod koniec sezonu wegetacyjnego (Nadleśnictwo Rudy Raciborskie)



Sadzonka buka zwyczajnego pod koniec okresu wegetacyjnego, wyhodowana w szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Oleszyce

wierzchni otwartej. W końcu sezonu wegetacyjnego mają wysokość ponad 30 cm i 7–8 mm grubości w szyi korzeniowej.

Udatność w kontenerach z reguły nie przekracza 60% z uwagi na silną konkurencję przegęszczonych sadzonek oraz uszkodzenia powodowane przez szarą pleśń. Zabiegi chemiczne są mało skuteczne, gdyż z roztworem fungicydu trudno dotrzeć do miejsc infekcji poprzez bardzo mocno zagęszczone liście.

11.2.3. Olsza czarna

Gatunek ten nie potrzebuje pobytu pod osłoną namiotu czy szklarni, by osiągnąć odpowiedni wzrost i rozwój. Dlatego nasiona sieje się do kontenerów o pojemności pojedynczej celi 250–300 cm³ i od razu przenosi na otwartą powierzchnię. Do siewu używa się siewnika automatycznego, stosowanego do gatunków iglastych. Sieje się po kilka, kilkanaście nasion do jednej celi. Na czas kiełkowania zasiewy osłania się agrowłókniną. Najodpowiedniejszym terminem siewu jest połowa kwietnia. Niewskazane są siewy zbyt wczesne, tzn. marcowe, gdyż sadzonki wyrastają wtedy nawet do 50 cm i mają niekorzystną proporcję między częścią nadziemną i korzeniem. Po skiełkowaniu siewki trzeba jak najwcześniej przerwać.

Sadzonki cały sezon wegetacyjny przebywają na po-

11.2.4. Brzoza brodawkowata

Nasiona brzozy wysiewa się ręcznie, najczęściej kupkowo, po ich wcześniejszym namoczeniu. Można też wysiewać je za pomocą mechanicznego siewnika do nasion iglastych, po wcześniejszym otoczkowaniu do rozmiaru około 2 mm. Do uprawy

tego gatunku używa się pojemników o objętości 250–300 cm³. Stosuje się wyłącznie jednoroczny cykl hodowli.

Nasiona wysiewa się w drugiej połowie maja i umieszcza obsiane kontenery w namiocie lub szklarni. W trakcie kiełkowania pożądane jest utrzymywanie, zarówno w nocy, jak i w dzień, temperatury 20–22°C. Po skielkowaniu nasion należy ją zwiększyć do 24–25°C. Siewki pod osłoną trzyma się 3–4 tygodnie. Z chwilą, gdy osiągną 4–5 cm wysokości, powinny być niezwłocznie wywiezione na zewnątrz. Zbyt długie przetrzymywanie siewek w namiocie naraża je na niedostatek światła słonecznego, co może zaburzyć ich wzrost i spowodować późniejszą deformację. Korzystnie jest przeważać siewki jeszcze w namiocie czy szklarni.

Brzozę można również siać do kontenerów ustawianych bezpośrednio po obsiewie na otwartych polach produkcyjnych. Odpowiednim terminem jest wówczas połowa kwietnia. Zasiwy na czas wschodów przykrywamy agrowłókniną.

W końcu sezonu wegetacyjnego uzyskujemy sadzonki o wysokości około 30 cm i 7–8 cm grubości w szyi korzeniowej. Sadzonki hodowane bez pobytu w namiocie są nieco mniejsze. Udatność sadzonek w kontenerze osiąga z reguły 70–75%.



Sadzonka olszy czarnej w połowie sezonu wegetacyjnego (Nadleśnictwo Rudy Raciborskie) – fot. K. A.

11.2.5. Lipa drobnolistna i szerokolistna oraz grab pospolity

Do hodowli sadzonek lipy drobnolistnej i szerokolistnej oraz grabu używa się kontenerów o pojemności pojedynczej celi 120–150 cm³. Gatunki te hoduje się wyłącznie w cyklu jednorocznym.



Sadzonka brzozy brodawkowatej w połowie sezonu wegetacyjnego (Nadleśnictwo Rudy Raciborskie) – fot. K. A.

Nasiona po stratyfikacji, z chwilą pojawienia się pierwszych kiełkujących nasion, muszą być do czasu wysiewu zamrożone w temperaturze -2°C . Partia nasion nadaje się do wysiewu wtedy, kiedy około 10% nasion ma już kiełki. Najodpowiedniejszy termin siewu nasion, to druga połowa kwietnia, ale dopuszczalne jest wysiewanie nasion lipy i grabu do połowy maja. Omawiane gatunki sieje się do każdej celi ręcznie, za pomocą małych łyżeczek, po 2–4 nasiona, w dółek o głębokości około 0,5 cm. Po wysianiu należy je zasypać perlitem lub piaskiem. Obsiane kontenery muszą być umieszczone w namiocie foliowym lub szklarni, w temperaturze około 22°C . Zbyt duża, przekraczająca 25°C , temperatura może hamująco wpływać na wschody. Kiedy wszystkie nasiona skiełkują, siewki trzeba przerwać, jeszcze podczas pobytu w namiocie, pozostawiając w każdej celi tylko jedną, najmocniejszą. Po 8 tygodniach, w kilka dni po przerwaniu, siewki wywozi się na otwartą powierzchnię.

Po okresie wegetacyjnym otrzymujemy sadzonki lipy o wysokości około 23 cm i 6 mm grubości w szyi korzeniowej, sadzonki grabu natomiast mają wysokość 18 cm i 5 mm grubości w szyi korzeniowej. Przeciętna udatność w kasecie typu HIKO wynosi 70%.

11.2.6. Klon pospolity i klon jawor

Nasiona po stratyfikacji, gdy zaczynają kiełkować, trzeba sukcesywnie i często przebierać, wybierając te z widocznym kiełkiem, nie większym niż 1–2 mm. Gdy

będą dłuższe, mogą obłamać się podczas siewu. Do hodowli tych gatunków używa się kontenerów o pojemności celi 250–300 cm³.

Podkielkowane nasiona wysiewa się ręcznie, na głębokość około 1 cm, skrzydełkiem do góry. Optymalnym terminem siewu jest koniec kwietnia i początek maja. Nasiona wysiewa się do kaset, które umieszcza się na powierzchni otwartej, gdzie pozostają cały okres hodowlany. Zbyt duża temperatura powietrza, jaka często panuje w pierwszej połowie maja, może źle wpływać na kiełkowanie. Dlatego lepiej nasiona siać pod koniec kwietnia.

Największą trudność w pielęgnacji tych gatunków sprawia silne przegęszczenie dużej liczby liści w kontenerze. Przeszkadza to w podlewaniu, nawożeniu i zabiegach ochronnych. Jest także przyczyną zamierania części sadzonek.

Obydwa gatunki uprawiane metodą kontenerową rosną niezwykle dynamicznie do późnej jesieni. Klon pospolity osiąga wysokość 30 cm i 7 mm grubości w szyi korzeniowej, klon jawor wysokość 40 i więcej cm oraz 10 mm grubości w szyi korzeniowej. Udatność w hodowli kontenerowej nie jest duża i na ogół nie przekracza 65%.



Kontener z sadzonkami klonu jaworu

11.2.7. Jesion wyniosły

Nasiona po stratyfikacji, gdy około 10% z nich skiełkuje, należy zamrozić, w temperaturze –2°C, do czasu wysiewu. Do hodowli sadzonek jesionu wykorzystuje się kontenery o pojemności 250–300 cm³. W każdej celi umieszcza się ręcznie 2–3 skrzydlaki. Nasiono powinno być zagłębione w substracie na około 1 cm. Najodpowiedniejszy termin siewu, to druga połowa kwietnia i początek maja. Kontenery

obsiewa się na powierzchni otwartej. Na kiełkowanie bardzo źle wpływa wysoka temperatura, która może wywołać stan wtórnego spoczynku nasion z nie całkiem dojrzałym zarodkiem.

Po wykiełkowaniu wszystkich nasion i usunięciu ewentualnych, nadliczbowych siewek, kontenery można przewieźć do namiotów lub szklarni, gdzie pozostawia się je na 6–8 tygodni, by lepiej wyrosły. Nie jest to jednak niezbędne. Mogą również pozostawać na powierzchni otwartej przez cały sezon wegetacyjny. Sadzonki jesionu po okresie wegetacyjnym różnią się znacznie wzrostem i mają od 7–8 do około 20 cm wysokości i przeciętną grubość w szyi korzeniowej 7 mm. W kontenerze udatność pełnowartościowych sadzonek nie przekracza na ogół 65%.

12. Organizacja prac

Szkółka kontenerowa, w której najczęściej hoduje się kilka milionów sadzonek rocznie (na świecie funkcjonuje też kilka szkółek kontenerowych o rocznej hodowli kilkudziesięciu milionów sadzonek), to zakład wymagający bardzo dobrej organizacji pracy, precyzji planowania i bardzo dobrej, wyspecjalizowanej kadry. Z uwagi na wartość hodowli, sięgającą kilku milionów złotych rocznie oraz wysokie koszty, do pracy w szkółce kontenerowej należy przyjmować pracowników wyróżniających się dużą i wszechstronną wiedzą z zakresu nauk przyrodniczych, a ponadto sumiennych oraz z dużym poczuciem odpowiedzialności. Niezbędna jest gruntowna wiedza o fizjologii roślin, genetyce, nasiennictwie i szkółkarstwie leśnym oraz fitopatologii, a także zarządzaniu i organizacji produkcji.

12.1. Planowanie produkcji

Modelowo prowadzona szkółka kontenerowa powinna mieć opracowany „Roczny plan produkcji”, na który składają się opracowania:

- ilościowy i rodzajowy plan hodowli sadzonek,
- bilans potrzeb nasion i harmonogram ich przedsiewnego przygotowania,
- harmonogram napełniania pojemników substratem i obsiewu kontenerów,
- bilans potrzeb i harmonogram zapotrzebowania na kontenery,
- bilans potrzeb i harmonogram zapotrzebowania na niezbędne materiały,
- harmonogram wykorzystania tuneli foliowych,
- harmonogram pracy sprzętu i bilans jego potrzeb,
- bilans i harmonogram zatrudnienia ludzi,
- harmonogram przeglądów oraz gotowości technicznej sprzętu i urządzeń,
- ekonomiczny plan pracy szkółki.

Już wczesną jesienią powinno się zaplanować na następny rok liczbę hodowlanych gatunków i sadzonek, rodzaj pojemników oraz liczbę kontenerów, a także uwzględnić zapotrzebowanie na odpowiedniej jakości nasiona. Planowanie hodowli na rok następny powinno zakończyć się jesienią. Dotyczy to zwłaszcza gatunków, których nasiona wymagają wielomiesięcznego stratyfikowania i podkiełkowania. Zmiany struktury gatunkowej oraz rozmiaru hodowli są możliwe do wiośny tylko w odniesieniu do gatunków, których nasiona nie wymagają stratyfikacji i to pod warunkiem, że dysponuje się ich wyseparowaną elitą. Ma to istotne znaczenie, gdyż separacja nasion, np. modrzewia, jest czynnością skomplikowaną i wieloetapową, z użyciem kilku rodzajów separatorów.

Przy planowaniu hodowli należy również uwzględnić wielkość powierzchni produkcyjnej w namiotach foliowych i opracować harmonogram jej wykorzystania. Wyhodowanie bowiem w cyklu jednorocznym sadzonek niektórych gatunków o pożądanym parametrach, bez kilkutygodniowego pobytu w tunelach foliowych, jest w naszej szerokości geograficznej często niemożliwe. W praktyce obsiane kontenery umieszcza się w tunelach na około 4–6 tygodni, przy czym pobyt sadzonek mikoryzowanych trwa nieco dłużej – co najmniej 6 tygodni. Przyjmując zatem, że obsiew nastąpi w pierwszych dniach marca, drugi cykl planować można dopiero w połowie kwietnia. Zależnie od warunków atmosferycznych wywożenie siewek z tuneli można rozpocząć w pierwszym przypadku między 10 a 15 kwietnia i potrwa to, zależnie od rozmiaru hodowli i wyposażenia technicznego szkółki, do końca kwietnia, drugiej zaś tury od końca maja do pierwszej dekady czerwca. Trzecia, czerwcową, tura obsiewów może objąć gatunki, które będą hodowane w cyklu półtorarocznym. Dotyczy to świerka, który – wysiewany do małych pojemników (o objętości około 50 cm³), a po związaniu substratu przez system korzeniowy (co w praktyce trwa 10–12 tygodni) – może być przeszkólkowany jesienią do większych pojemników.

Biorąc pod uwagę wyposażenie szkółki i wydajność sprzętu, już jesienią należy sporządzić szczegółowy plan obsiewów, z rozpisaniem na dni miesiąca, poczynając od początku kampanii siewnej do jej zakończenia. To umożliwi sporządzenie szczegółowego bilansu i harmonogramu przedsiewnego przygotowania nasion. Odliczając od tych terminów czas potrzebny na stratyfikację i podkiełkowanie, można ustalić termin przystąpienia do tych czynności w kompleksach nasiennych. W przypadku korzystania z usług wyspecjalizowanych przechowalni nasion lub przy produkcji z nasion powierzonych – informację o terminach należy przekazać dostawcom nasion.

Szczegółowy harmonogram czasu obsiewów umożliwi dalsze planowanie: zapotrzebowania na kontenery, substrat, sprzęt i inne materiały, a także liczbę pracowników. Wskazane jest, aby na zamówioną jesienią produkcję zawrzeć stosowne umowy, w których określi się również pozostałe warunki dotyczące nasion, a także termin odbioru sadzonek, co nie pozostaje bez wpływu na liczbę potrzebnych kontenerów. Wiosenny wywóz sadzonek w kontenerach uniemożliwia ich użycie

w tym samym roku zwiększając koszty szkółki, ale i utrudniając organizację hodowli. Obliczając liczbę potrzebnych kontenerów na określony czas, trzeba uwzględnić praktycznie uzyskiwaną wydajność sadzonek poszczególnych gatunków.

Przygotowany terminarz wszystkich prac na szkółce musi uwzględniać pewną rezerwę czasu na awarie sprzętu i niesprzyjające warunki atmosferyczne, jak np. wystąpienie późnych przymrozków, czy upalnych dni w okresie wywożenia sadzonek z tuneli.

Hodowlę sadzonek w szkółkach kontenerowych, jak zresztą większość prac hodowlanych w leśnictwie, cechuje sezonowość. Dlatego zapotrzebowanie na pracowników fizycznych jest bardzo zróżnicowane. Ze względu na specjalistyczne wyposażenie techniczne szkółki oraz specyfikę prac w bloku nasiennym zaleca się zatrudnianie stałej grupy pracowników własnych o wysokiej kulturze technicznej i odpowiednim wykształceniu. Kwalifikacje muszą potwierdzać świadectwa uprawniające i dopuszczające do obsługi sprzętu. Korzystanie z doświadczonego, stałego personelu umożliwia wykorzystanie go do nadzorowania innych pracowników. Pozostali zatrudniani będą sezonowo. Mogą to być pracownicy usługowych firm prywatnych, wykonujący także inne prace w leśnictwie. „Bilans i harmonogram potrzeb ludzkich” uwzględniać musi niezbędną liczbę osób do prac związanych z przygotowaniem nasion do przechowywania, a także przysposabianiem ich do siewu, łącznie ze stratyfikacją, wybieraniem i zamrażaniem podkiełkowanych nasion. Zatrudnienie w dużej mierze zależy od ilości przysposabianych nasion, gdyż są to czynności bardzo pracochłonne.

Zapotrzebowanie na pracowników pomocniczych do obsługi linii napełniania substratem i automatycznego siewu nasion zależy będzie od rodzaju linii oraz stopnia zautomatyzowania czynności, a także wydajności i czasu pracy linii. Niezbędną liczbę osób obsługi podaje producent linii, ale ostatecznie należy ją ustalić indywidualnie, uwzględniając inne elementy, specyficzne dla danej szkółki. Najwięcej pracowników potrzeba do ręcznego wysiewania nasion, głównie gatunków liściastych, a także przerywania siewek w tych pojemnikach, do których wysiewano więcej niż jedno nasiono. W szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Rudy Raciborskie znormowano niektóre czynności, ustalając normę zakładową. Przykładowe normy czasu czynności związanych z siewem nasion i ich przerywaniem w kontenerach objętości 125 cm³ i 265 cm³ są następujące (skrót rg – roboczegodzina):

- ręczny wysiew podkiełkowanych nasion buka – 1,80 rg/1000 szt.
- ręczny wysiew niepodkiełkowanych nasion dębu – 1,34 rg/1000 szt.
- ręczny wysiew niepodkiełkowanych nasion dębu z obciążeniem okrywy – 3,04 rg/1000 szt.
- ręczny wysiew nasion po stratyfikacji, po 2–5 sztuk (Lp, Gb, inne) – 1,71 rg/1000 szt.
- ręczny wysiew skrzydlaków, po 2–3 sztuki – 3,20 rg/1000 szt.
- przerywanie siewek sosny, modrzewia, świerka – 0,70 rg/1000 szt.
- przerywanie siewek olszy, brzozy, po siewie kupkowym – 1,19 rg/1000 szt.

Zaleca się sporządzanie, w formie graficznej, bilansu i „harmonogramu zapotrzebowania na pracowników fizycznych oraz nadzoru”. W tej samej formie można przedstawić „harmonogram napełniania pojemników substratem i obsiewu kontenerów”, „harmonogram wykorzystania tuneli foliowych”, czy „harmonogram przeglądów i gotowości technicznej urządzeń oraz sprzętu”.

Po ostatecznym ustaleniu wielkości i rodzaju hodowli oraz zbilansowaniu potrzeb na materiały, surowce, nasiona, energię, sprzęt i ludzi należy opracować roczny ekonomiczny plan szkółki, uwzględniający koszty i dochody ze sprzedaży sadzonek. Cenę ustala się na podstawie poziomu kosztów, uwzględniając uwarunkowania lokalnego rynku, nakłady w roku poprzednim i spodziewany wzrost kosztów. Zgodnie z urzędową tabelą stawek amortyzacyjnych do kosztów bezpośrednich należy doliczyć amortyzację, która w początkowym okresie może stanowić nawet 50% wszystkich kosztów produkcji szkółki kontenerowej. Plan ekonomiczny powinien także ujmować koszty w układzie miesięcznym, które nie rozkładają się równomiernie, a także zapotrzebowanie na – rozłożone czasowo – środki finansowe. Przy rocznym lub dwuletnim cyklu hodowlanym trzeba mieć świadomość, że się tę produkcję kredytuje.

12.2. Zapewnienie materiałów

Zapotrzebowanie na substrat. Podstawowym materiałem do hodowli sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym jest substrat, a jego głównym składnikiem torf wysoki o odpowiedniej granulacji. Pozostałe składniki (poza nawozami) służą poprawie właściwości powietrznych substratu. W obecnej praktyce jest to przede wszystkim perlit lub wermikulit. Jeśli natomiast substratu używa się do hodowli sadzonek mikoryzowanych, to 20–30% dodatkiem jest zawsze wermikulit. Ze względu na swoją płytkową budowę stwarza doskonałe warunki do wnikania i rozwoju strzępeków grzybni.

Jednostką obmiaru torfu jest jego objętość w stanie gęstości nasypowej. Ilość niezbędnego substratu zależy od: zamierzonego rozmiaru hodowli sadzonek, rodzaju stosowanych kaset, wyposażenia technicznego do ich napełniania oraz uzyskiwanej wydajności hodowli poszczególnych gatunków przy założeniu, że użyte nasiona odpowiadają wymaganiom szkółek kontenerowych, a więc są najwyższej jakości i odpowiednio przysposobione do siewów. Używając nasion gorszej jakości należy proporcjonalnie zwiększyć liczbę wysiewanych do pojemnika nasion lub też liczbę obsianych pojemników, by uzyskać założony wynik. Ma to wpływ na ilość koniecznych do użycia materiałów, a przede wszystkim substratu i kontenerów.

Zablokowane pojemniki (kontenery) z PE napełnianie są najczęściej substratem na zautomatyzowanych liniach, gdzie przez nacisk jest zagęszczany do takiego stopnia, aby w dalszej hodowli w pojemniku jego poziom (osiadanie) nie

obniżał się i zachował optymalne warunki powietrzno-wodne. W praktyce zagęszczenie (ubicie) zwiększa zapotrzebowanie na substrat o około 15–25%, przy czym im mniejsza objętość pojemnika, tym niższy współczynnik zagęszczenia i mniejsze jego zużycie. Przy objętości pojemnika 50 cm³ współczynnik ten w praktyce wynosi 1,10, a przy objętości pojemnika 265 cm³ – już 1,25. W kontenerach ze styropianu substrat najczęściej zagęszcza się na stołach wibracyjnych, przez co jest w mniejszym stopniu ubity. Powoduje to w dalszej hodowli kilku-, a nawet kilkunastomilimetrowe osiadanie substratu w pojemniku, a zużycie w stosunku do objętości pojemnika rośnie o około 15–20%.

Wyliczając ilość substratu potrzebnego do hodowli sadzonek, sumę pojemności użytych pojemników do poszczególnych gatunków należy zwiększyć o współczynnik osiąganey udatności oraz współczynnik zagęszczenia podłoża. Przykładowo, do uzyskania 5 milionów sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym trzeba będzie w przybliżeniu użyć takiej ilości substratu, która wynika z wyliczenia przedstawionego w tabeli 7.

Zamówienia na substrat należy złożyć wiosną i dostarczyć go do szkółki najpóźniej jesienią poprzedzającą kolejny sezon hodowli. Kupienie odpowiedniego substratu tuż przed rozpoczęciem siewów jest często niemożliwe, co wynika z cyklu pracy zakładów torfowych oraz sezonowości wydobycia torfu i wytworzenia substratów. Poza tym nawozy mineralne powinny być dodane, o ile jest

Tabela 7. Przykładowe określenie zapotrzebowania na substrat torfowy

Gatunek	Symbol prod.	Liczba w tys. szt.	Współczynnik udatności	Objętość użytego pojemnika w cm ³	Współczynnik zagęszczenia	Łączna objętość w m ³
Sosna zwyczajna	1/0	2500	1,11	125	1,25	433,59
Świerk pospolity	0,5/1	100	1,18 1,05	50 265	1,20 1,20	7,08 33,39
Modrzew europejski	1/0	200	1,18	125	1,25	36,87
Buk zwyczajny	1/0	800	1,54	265	1,30	424,42
Dąb szypułkowy	1/0	1200	1,67	265	1,30	690,38
Brzoza brodawkowata	1/0	50	1,33	265	1,30	22,91
Olsza czarna	1/0	50	1,33	265	1,30	22,91
Inne liściaste	1/0	100	1,43	265	1,30	49,26
Razem:	X	5000	X	X	X	1720,81



Dwustulitrowe baloty substratu torfowego wyprodukowane przy szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Rudy Raciborskie



Surowy torf importowany jest najczęściej w opakowaniach typu Big Bale o pojemności 4–6 m³



*Tunele foliowe jako zimowe magazyny substratu torfowego
(Nadleśnictwo Rudy Raciborskie)*

taka potrzeba, do substratu co najmniej na jeden lub dwa miesiące przed siewem czy szkółkowaniem. Gotowy, zapakowany w worki substrat należy zmagazynować w pomieszczeniu lub wiatkach, chroniąc go w ten sposób przed deszczem i śniegiem oraz słońcem, gdyż folia użyta do pakowania substratu najczęściej nie jest stabilizowana na działanie promieni UV i rozpada się po kilku miesiącach insolacji. Do krótkoterminowego przechowywania substratu można wykorzystać tunele foliowe, które najczęściej od późnego lata do wiosny stoją puste. Tak przechowywany substrat, nawet o większej wilgotności, jest wczesną wiosną niezamarznięty i można go użyć we właściwym terminie, czyli już na początku marca. Pozostawiony na zewnątrz lub w nieogrzewanych pomieszczeniach, często zamarza.

Zapotrzebowanie na nawozy. Gotowy substrat zawiera już najczęściej w swoim składzie określoną ilość nawozów mineralnych. Zależnie od potrzeb, mogą to być minimalne dawki nawozów (tzw. startowe) na kilka pierwszych tygodni życia siewek lub o większej zawartości nawozów, z reguły do hodowli sadzonek szkółkowanych, albo wielokrotnie przesadzanych sadzonek gatunków ozdobnych, hodowanych jako wieloletki. Na rynku dostępna jest dosyć szeroka gama nawozów mineralnych, zawierających składniki dobrane do potrzeb hodowanych grup ga-

tunków (iglaste, liściaste), jak też rodzaju i cyklu hodowli oraz o szybkim lub wolnym uwalnianiu składników. Zasady nawożenia omówiono szczegółowo w rozdziale 10.8.

Specyfiką szkółkarstwa kontenerowego jest brak kontaktu systemu korzeniowego z glebą. Silne deszcze lub intensywne deszczowanie wypłukują z substratu większość składników mineralnych. Dlatego w tej technologii często nie nawozi się substratu, lecz bezpośrednio, dolistnie rośliny. W handlu znajduje się co najmniej kilka rodzajów nawozów mineralnych w postaci płynnej, przeznaczonych do dolistnego lub dolistno-doglebowego nawożenia sadzonek drzew i krzewów leśnych, hodowanych na sztucznych podłożach. Nawozy te zawierają wszystkie, dobrane w odpowiedniej proporcji, niezbędne w leśnej hodowli szkółkarskiej, składniki. Po wieloletnich doświadczeniach ustalono, że w polskich warunkach klimatycznych do hodowli sadzonek w jednorocznym cyklu na sztucznych podłożach, w całym sezonie wegetacyjnym potrzeba 35–45 g czystego azotu na 1 m², podawanego w kilkudziesięciu dawkach w trakcie deszczowania. Inne składniki w nawozach są w odpowiednich proporcjach z azotem. Obliczenie potrzebnej ilości nawozów musi poprzedzać wyliczenie powierzchni, jaką zajmą kontenery, przy uwzględnieniu współczynnika udatności w danym rodzaju kontenera i hodowanego gatunku.

Nawozy płynne można kupować sukcesywnie, w miarę potrzeb. Przy zakupie dużej ilości, zalecane jest zawarcie stosownej umowy z producentami lub dostawcami, by zapewnić sobie rytmiczne i pewne dostawy.

Sadzonek poddanych mikoryzacji nie zaleca się nawozić dolistnie. Dlatego substrat przygotowany do takiej hodowli jest wzbogacany nawozami o powolnym, ściśle określonym, okresie uwalniania składników, np. typu Osmocote®. Sposób zastosowania jest szczegółowo opisany w technologii mikoryzacji.

12.3. Transport wewnętrzny i zewnętrzny

Rozwiązania organizacyjne i sposoby transportu sadzonek wewnątrz szkółki oraz poza nią narzuca rodzaj kontenera wybranego do hodowli sadzonek. Przy stosowaniu kontenerów z PE i ich ustawieniu nad powierzchnią produkcyjną, transportuje się je wewnątrz szkółki, na paletach, za pomocą wózków widłowych. Palety są z reguły umieszczane, po kilka, w specjalnym stelażu, po czym wózkami widłowymi przewozi się je pomiędzy halą siewu, namiotami, czy otwartymi polami produkcyjnymi.

Wózki widłowe wykorzystuje się także do załadunku stelaży na środki transportu zewnętrznego. Stelaże mają fabrycznie montowane uchwyty, umożliwiające ich załadunek na pojazdy z żurawiem. Wówczas stelaże z paletami ustawia się wzdłuż drogi, na której odbywa się załadunek. Do transportu sadzonek na paletach umieszczonych w stelażach można przystosować zestawy transportowe do



Transport wewnętrzny (w obrębie szkółki) za pomocą wózków widłowych; na zdjęciu stelaż transportowy z trzema paletami sadzonek sosny zwyczajnej (Nadleśnictwo Rudy Raciborskie)

przewozu drewna dłużycowego, wyposażone w żuraw, naczepę oraz przyczepę. Wystarczy tylko zamontować podłogę, na której umieszcza się stelaże. Taki zestaw mieści ich jedenaście lub dwanaście. Dotychczas stosowane konstrukcje stelaży umożliwiają umieszczenie w nich maksymalnie pięciu palet. O liczbie sadzonek transportowanych w stelażach decyduje wysokość stelaży oraz sadzonek. W stelażach stosowanych w Nadleśnictwach Rudy Raciborskie i Śnieżka można zazwyczaj umieścić tylko 2–3 palety jaworu i olszy, 3 palety buka, dębu lub lipy, 4 palety sosny zwyczajnej, albo 5 palet sosny czarnej.

Przeciętnej wielkości zestaw mieści około 25 tysięcy sadzonek gatunków liściastych i około 45 tysięcy sadzonek sosny zwyczajnej. Średni koszt transportu sadzonek na odległość 100 km wynosił w 2007 roku średnio od 2,5 do 4 groszy za sztukę. Na małe odległości od szkółki, rzędu 10–20 km, można transportować sadzonki w kontenerach bez palet, ustawiając jedną ich warstwę na przyczepach ciągników. Tańszym rozwiązaniem jest wyposażenie przyczep w kilka warstw półek. Inną formą transportu jest użycie do tego celu typowych, plastikowych skrzynek o wymiarach około 70x40x30 cm (używanych powszechnie w transporcie pieczywa, warzyw i owoców). Układa się w nich po dwa kontenery z sadzonkami na



Transport zewnętrzny sadzonek przy użyciu samozaładowczych samochodów ciężarowych (Nadleśnictwo Rudy Raciborskie) – fot. K. A.



Sadzonki buka zwyczajnego przygotowane do załadunku na samochód ciężarowy



Stelaże z sadzonkami gotowe do transportu w góry – szkółka kontenerowa Nadleśnictwa Rudy Raciborskie



Sadzonki na stelażach transportowych mogą być przewożone różnymi środkami transportowymi (Nadleśnictwo Rudy Raciborskie)



Bez względu na rodzaj pojazdu, stelaże transportowe ładowane są wózkami widłowymi



Do transportu wewnętrznych kontenerów styropianowych służą różnego rodzaju piętrowe przyczepy (Nadleśnictwo Gidle)

dłuższym boku, zwrócone do siebie częściami nadziemnymi. Skrzynki takie można praktycznie układać na każdym środku transportu.

Transportowanie sadzonek w kontenerach ze szkółki na miejsce przeznaczenia może spowodować ich przesuszenie. Co prawda zagrożenie to jest zdecydowanie mniejsze, niż w przypadku sadzonek z odkrytym systemem korzeniowym, jednak użycie w niesprzyjających warunkach atmosferycznych szybkich samochodów może doprowadzić do przesuszenia substratu i sadzonek. Zagrożenie potęguje użycie do transportu stelaży. Może też dojść do przemarznięcia tak transportowanych sadzonek, gdyż pęd zimnego powietrza powoduje dodatkowe obniżenie temperatury. Dlatego samochody używane do transportu sadzonek powinny być przykryte plandekami, a przynajmniej należy nimi osłonić stelaże. Kontenery z sadzonkami przed transportem należy obficie podlać, by cała bryłka substratu była wilgotna. Po dowiezieniu na miejsce przeznaczenia stelaże wyładowuje się żurawiem, a kasety z sadzonkami zdejmując ręcznie z palet. Jeśli pojazdy nie mają żurawi, kontenery wyładowuje się ręcznie, bezpośrednio z samochodu. Zestawy stelaży z paletami wracają na szkółkę. Jeśli do transportu kontenerów wykorzystuje się standardowe skrzynki, to po dowiezieniu ich na miejsce przeznaczenia wyładowuje się je ręcznie. Kontenery z sadzonkami po wyjęciu ze skrzynek niezwłocznie układa się na przygotowanym, płaskim gruncie. Skrzynki wracają z powrotem do szkółki. Po dowiezieniu sadzonek na miejsce przeznaczenia trzeba je podlewać aż do czasu posadzenia, dbając o utrzymywanie odpowiedniej wilgotności substratu.

Używane do hodowli sadzonek kontenery ze styropianu transportuje się wewnątrz szkółki na platformach, przy użyciu ciągników, mikrociągników itp. Kasety są ładowane, rozładowywane i układane ręcznie. Najodpowiedniejsze do ich transportu poza szkółkę są samochody z całkowicie obudowanymi, zamkniętymi naczepami. Układa się w nich ręcznie kontenery z sadzonkami na dłuższym boku, zwrócone do siebie częściami nadziemnymi, na przemian, jak klocki LEGO. Zamknięta skrzynia ładunkowa samochodu całkowicie chroni tak transportowane sadzonki przed wpływem czynników zewnętrznych. W upalne dni i na dalekie odległości do transportu tych sadzonek użyć można samochodów chłodni.

12.4. Utrzymanie sprawności infrastruktury

Szkółki kontenerowe, w odróżnieniu od tradycyjnego szkółkarstwa polowego, są bogato wyposażone w różnego rodzaju urządzenia, maszyny i obiekty zabudowy technicznej. Urządzenia są w większości zautomatyzowane, sterują zaś nimi najczęściej elektroniczne procesory, sterowniki lub komputery.

Pracownik szkółki odpowiedzialny za pracę urządzeń, a także funkcjonowanie całej infrastruktury technicznej, powinien mieć odpowiednie przygotowanie. Wiele

urządzeń jest na tyle zaawansowanych technologicznie, że najlepiej zapewnić stałe świadczenie specjalistycznych usług serwisowych, obejmujących bieżącą i systematyczną kontrolę pracy poszczególnych urządzeń, ich okresowy przegląd i konserwację, naprawy, a także okresową i awaryjną wymianę podzespołów. Do obsługi lub przeglądów niektórych urządzeń, np. transformatorów energetycznych czy generatorów prądu, niezbędne są odpowiednie uprawnienia. Firmy lub osoby, którym powierzymy te obowiązki, najlepiej wyłonić w przetargu, a zakres prac zawrzeć w stosownej umowie cywilnoprawnej.

Znając terminy poszczególnych czynności agrotechnicznych, a także harmonogram pracy sprzętu i bilans potrzeb w tym względzie, należy sporządzić „harmonogram przeglądów i gotowości technicznej sprzętu oraz urządzeń”. Stan pełnej gotowości technicznej urządzeń powinien znacznie wyprzedzać termin ich użycia lub wykorzystania, co należy uwzględnić w harmonogramie, ustalając z góry odpowiednie daty gotowości tego sprzętu.

W szkółkach kontenerowych większość wyposażenia lub sprzętu wykorzystywana jest tylko okresowo. Dlatego, niezależnie od okresowych przeglądów, każdy sprzęt oraz urządzenie po zakończeniu pracy powinno być wyczyszczone, zakonserwowane, a w razie potrzeby niezwłocznie wyremontowane. Specyfika prac w szkółce powoduje, że są przestoje i pracownicy okresowo nie mają zajęcia. Ten czas należy wykorzystać na wszelkiego rodzaju naprawy i prace konserwacyjne. Jeśli w szkółce przechowuje się nasiona w chłodniach, to ich funkcjonowanie powinno być bieżąco i stale kontrolowane przez wyspecjalizowany serwis. Pożądane jest, aby kilka razy na dobę kontrolować temperaturę w komorach chłodniczych z nasionami. Dotyczy to szczególnie komór, w których przechowywane są nasiona gatunków liściastych, często dłużej niż rok, a także komór stratyfikacyjnych w trakcie stratyfikacji. Jeśli chłodnie nie są wyposażone w automatyczne czujniki i rejestratory temperatury oraz urządzenia alarmowe, to do codziennej obsługi należy rejestrowanie w poszczególnych komorach temperatury kilka razy na dobę, również w nocy (mogą to robić stróże) i zapisywanie odczytów w odpowiednim dzienniku, a w razie potrzeby także alarmowanie właściwych osób. Każde urządzenie szkółki musi mieć instrukcję obsługi, z którą powinni być zapoznani pracownicy przed przystąpieniem do pracy. Oprócz instrukcji obsługi każde stanowisko pracy należy wyposażyć w instrukcję stanowiskową. Szkolenia pracowników z zakresu bezpieczeństwa i higieny pracy powinny odbywać się zgodnie z wymaganiami prawnymi. Kierownictwo szkółki musi je zaplanować, a odbycie szkolenia udokumentować. W dokumentacji technicznej szkółki muszą być także wymienione te urządzenia, których dopuszczenie do ruchu (użytkowania) wymaga zgody Urzędu Dozoru Technicznego. Na przykład takiego dopuszczenia, a później kontroli, wymaga się w stosunku do urządzeń pracujących pod dużym ciśnieniem (wytwornice pary do sterylizacji substratu czy zbiorniki sprężarek).

13. Ekonomiczne uwarunkowania hodowli sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym w szkółkach kontenerowych

Postęp techniczny i rozwój dziedzin życia gospodarczego jest dyktowany, poza potrzebami społecznymi, przede wszystkim względami ekonomicznymi. Prawa ekonomii obejmują również gospodarke leśną, nic dziwnego więc, że w niektórych krajach, ze względów ekonomicznych, przechodzi się z tradycyjnego szkół-



Widoczny, dynamiczny wzrost sadzonek sosny zwyczajnej: uprawa na początku czwartego sezonu wegetacyjnego (wysokość ok. 180 cm); w pasach drzewka uzyskują już zwarcie (widoczne spalowania przez jelenie)

karstwa leśnego hodującego sadzonki z odkrytym systemem korzeniowym, na szkółkarstwo sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym. W krajach skandynawskich oraz Kanadzie większość sadzonek używanych w leśnictwie do odnowień, to sadzonki z zakrytym systemem korzeniowym. W Szwecji ich udział w ogólnej produkcji wynosi ponad 80% i wynika głównie z faktu, że koszty hodowli sadzonek z „bryłką” są niewiele większe od kosztów hodowli sadzonek tradycyjnej, z uwagi na duże koszty siły roboczej w tradycyjnym szkółkarstwie, w którym udział pracy ręcznej jest znacznie większy. Ponadto niższe koszty sadzenia sadzonek z bryłką za pomocą specjalistycznego oprzyrządowania i wysoka udatność nasadzeń rekompensują wyższe nakłady w szkółce oraz transporcie sadzonek. W Polsce sadzonki z „bryłką” to zaledwie 5–7% ogólnej hodowli sadzonek.

Koszty wyhodowania sadzonki z zakrytym systemem korzeniowym są w Polsce przeciętnie od 2 do 3 razy większe niż sadzonek z odkrytym systemem korzeniowym, zależnie od gatunku, cyklu hodowlanego i wyposażenia technicznego szkółki.

W Polsce, w Lasach Państwowych, zdecydowaną przewagę ma tradycyjny model szkółkarstwa leśnego, z dużymi szkółkami gruntowymi i zapewne stan ten będzie się jeszcze długo utrzymywał. W wielu jednak miejscach w kraju użycie sadzonek z tych szkółek do odnowień i zalesień powierzchni, szczególnie na glebach zdegradowanych, zaczęło być mało efektywne. Posadzone w takim środowisku tradycyjne sadzonki w dużym procencie zamierały, a uprawy często przepadały, powodując tym samym znaczne straty. W tych szczególnych sytuacjach mocne sadzonki, o dużej witalności, zaczęły decydować o skuteczności i efekcie prac odnowieniowych. Zważywszy, że koszt hodowli (lub kupna) sadzonki jest jedynie składową ogólnego kosztu założenia i wyhodowania uprawy do określonego wieku, ze względów nie tylko przyrodniczych, ale przede wszystkim ekonomicznych, duże znaczenie ma stosowanie w szczególnie trudnych warunkach środowiskowych sadzonek o dużej przeżywalności. Dzięki temu ma się gwarancję dużej udatności upraw. Ponadto użycie do zalesień i odnowień sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym wpływa często na zmniejszenie kosztów takich prac, jak: przygotowanie gleby, sadzenie, czy poprawki itp. W efekcie okazuje się, że w stosunku do upraw założonych z sadzonek z odkrytym systemem korzeniowym, użycie kilkakrotnie droższych sadzonek z „bryłką” może być opłacalne. Dotyczy to zwłaszcza powierzchni trudnych, zadarnionych i zdegradowanych, z jakimi coraz częściej mamy do czynienia w leśnictwie. Przykładem obszaru zastosowania tych sadzonek jest Górny Śląsk, gdzie w wielu przypadkach użycie sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym, w dodatku mikoryzowanych, przynosi nie tylko znaczne oszczędności kosztów, ale też jest to często jedyny, efektywny sposób odnowień i zalesień gruntów zdegradowanych oraz poprzemysłowych. Z kilkuletnich, polskich doświadczeń wynika, że stosowanie w gospodarce leśnej sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym znacznie obniża koszty założenia i wyrowadzania upraw, ponieważ pozwala na:

- wyeliminowanie, albo znaczne ograniczenie potrzeby poprawek w zakładanych uprawach, z uwagi na ponad 90% przeżywalność sadzonek z bryłką,
- skrócenie okresu pielęgnacji gleby w uprawach z sadzonkami „z bryłką” o co najmniej 1–2 lata, z uwagi na dużo większą dynamikę wzrostu tych sadzonek,
- obniżenie liczby wysadzanych sadzonek do dolnej granicy przewidzianej zasadami hodowli lasu,
- zmniejszenie pracochłonności, a co za tym idzie, kosztów sadzenia w wyniku zastosowania specjalnych kosturów,
- uniknięcie strat wskutek przesuszenia systemu korzeniowego w czasie transportu sadzonek,



Sadzonka dębu szypułkowego już w roku sadzenia podwaja swoją wysokość – charakterystyczny monopoidalny pokrój sadzonek



Sadzonka świerka pospolitego wyhodowanego w cyklu jednorocznym – dynamika wzrostu i barwa igliwia świadczą o doskonałej kondycji sadzonki (uprawa w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie)



- zabezpieczenie sadzonek przeciwko szkodom od zwierzyny i owadów w szkółce, co jest znacznie mniej kosztowne niż analogiczne zabezpieczenie po wysadzeniu w lesie,
 - podniesienie odporności sadzonek na infekcje grzybów patogenicznych,
 - zwiększenie wytrzymałości sadzonek na okresowe niedobory wody.
- Technologia hodowli sadzonek w szkółkach kontenerowych daje także możliwość zabezpieczenia sadzo-

Sadzonka dębu szypułkowego po trzech sezonach wzrostu w uprawie (wzrost dziewczynki 135 cm)

nek przed szkodami powodowanymi przez niektóre owady, np. szeliniaka sosnowca (*Hylobius abietis*) lub zwierzynę łowną. Ochrona przed szeliniakiem polega na wprowadzeniu do substratu systemicznych środków owadobójczych (np. Marschal suscon, w formie granulek), skąd – pobrane przez korzenie – dostają się do tkanek rośliny, przez co są one trujące dla tego gatunku owada. Można także przy odpowiednim wyposażeniu linii napełniania i siewu nanosić na części nadziemne sadzonek środki owadobójcze o długim okresie działania, połączone z preparatami zabezpieczającymi je przed wypłukaniem przez deszcz. Najczęściej są to substancje woskowe. Nanosi się je na rośliny wiosną, przed wydaniem sadzonek do lasu. Ma to niebagatelny wpływ na koszty wyhodowania upraw, gdyż nakłady na ich ochronę przed szeliniakiem w wielu nadleśnictwach stanowią ponad 50% udziału wszystkich kosztów ochrony lasu. W szkółce można także zabezpieczyć sadzonki przed szkodami od zwierzyny za pomocą repelentów. Nanosi się je na sadzonki tuż przed posadzeniem (wydaniem ze szkółki). Zależnie od gatunku sadzonki można użyć miotel, smarownic ciśnieniowych, czy specjalnych mat nasyconych repelentem. Koszt takiego zabezpieczenia to zaledwie około 30% kosztów analogicznego zabezpieczenia w terenie, po posadzeniu drzewek.



Zabezpieczenie sadzonek repelentami, na polach hodowlanych, przed wywozem do lasu (Nadleśnictwo Rudy Raciborskie)



Sadzonka olszy czarnej po dwóch sezonach wegetacyjnych w uprawie (wzrost dziewczynki 115 cm)

ko przez dwa lata po założeniu. W trzecim roku na większości upraw zabiegi te były już niepotrzebne. Wyraźnie obniżył się rozmiar i koszt jednostkowy poprawek oraz rozmiar pielęgnacji gleby w porównaniu z latami sprzed wprowadzania sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym. Od kilku już lat rozmiar poprawek w tym nadleśnictwie nie przekracza 2–3% ogólnej powierzchni odnowień.

Niedoceniana jest dotąd także duża żywotność sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym, czego przykładem jest nieporównywalnie większa od sadzonek tradycyjnych zdolność regeneracji po uszkodzeniach powodowanych przez owady lub zwierzynę.

Wprowadzenie od połowy lat dziewięćdziesiątych XX w. w polskiej gospodarce leśnej w szerszym zakresie sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym umożliwia, między innymi, ekonomiczną ocenę zasadności ich stosowania. Do analiz porównawczych przyjęto przeciętne koszty ponoszone przez 5 lat (do drugiej oceny upraw) na założenie i wyhodowanie jednego hektara uprawy z sadzonek z odkrytym i zakrytym systemem korzeniowym oraz dwóch podstawowych gatunków lasotwórczych, tj. sosny zwyczajnej i dębu szypułkowego. Analizowane pod względem ekonomicznym uprawy zakładane były w Nadleśnictwie Rudy Ra-

Według doświadczeń w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie (stosującym w największym rozmiarze ze wszystkich nadleśnictw w Polsce sadzonki z zakrytym systemem korzeniowym) sumaryczny koszt wyprowadzenia upraw do wieku 5 lat i udatności powyżej 90%, założonych z sadzonek z „bryłką”, był przeciętnie o 20–40% mniejszy, niż upraw zakładanych z sadzonek tradycyjnych. Trzeba jednak zaznaczyć, że siedliska leśne tego nadleśnictwa zaliczane są do jednych z najbardziej zdegradowanych emisjami przemysłowymi i wielkoobszarowym pożarem. W uprawach założonych z wykorzystaniem sadzonek kontenerowych często zbyteczne było przygotowanie gleby. Większość upraw nie wymagała poprawek, a wypadki były wynikiem żerów owadów lub zwierzyny, na skutek braku właściwego zabezpieczenia. Uprawy na siedliskach boru mieszanego i lasu mieszanego z reguły były pielęgnowane tyl-



Sadzonki z zakrytym systemem korzeniowym cechuje niezwykle siła regeneracji, znacznie większa niż sadzonek tradycyjnych – sadzonka po lewej była w pierwszym roku zgryziona na bezpieńkę



Regeneracja sadzonki sosny z zakrytym systemem korzeniowym po zgryzieniu pączka szczytowego dowodzi, że sadzonki są niezwykle żywotne (uprawa w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie)

ciborskie na siedliskach boru mieszanego świeżego i lasu mieszanego świeżego, w drugiej strefie uszkodzeń przemysłowych.

Przedstawione w tabelach 8 i 9 koszty jednostkowe, to wartości przeciętne dla RDLP Katowice, w odniesieniu zaś do kosztów jednostkowych sadzonek kontenerowych, to koszty rzeczywiste, poniesione w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie w 2007 roku.

Jak wynika z analizy przeciętnych kosztów rzeczywistych w rachunku ciągnionym, ponoszonych w warunkach Górnego Śląska (silnej antropopresji i na zdegradowanych siedliskach), użycie droższych sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym ze szkółki kontenerowej jest opłacalne. Wykazano, że oszczędność kosztów założenia i wyprowadzenia upraw sosnowych wynosi na każdym hektarze 4306,00 zł na korzyść sadzonek niemikoryzowanych i 4670,00 zł na korzyść sadzonek mikoryzowanych. Natomiast w przypadku upraw dębowych oszczędność kosztów założenia i wyprowadzenia upraw wynosi z każdego hektara 4046,00 zł na korzyść sadzonek niemikoryzowanych i 4312,00 zł na korzyść sadzonek mikoryzowanych.

Tabela 8. Porównanie przeciętnych kosztów założenia i wyrowadzenia 1 ha uprawy sosnowej o pokryciu >90% do wieku 5 lat

Składniki kosztu (jednostka miary)	Sadzonki z odkrytym systemem korzeniowym 2/0			Sadzonki kontenerowe niemikoryzowane 1/0 K			Sadzonki kontenerowe mikoryzowane 1/0 KM		
	liczba	koszt jedn. (zł)	koszt całkowity (zł)	liczba	koszt jedn. (zł)	koszt całkowity (zł)	liczba	koszt jedn. (zł)	koszt całkowity (zł)
Sadzonki (szt.)	10 000	0,15	1500,00	8000	0,23	1840,00	8000	0,33	2640,00
Sadzenie (rg.)	230	14,00	3220,00	184	14,00	2576,00	184	14,00	2576,00
Poprawki:	30%			10%			0%		
• Przygot. gleby (rg.)	142	14,00	1988,00	47	14,00	658,00	-	-	-
• Sadzonki (szt.)	3000	0,15	450,00	800	0,23	184,00	-	-	-
• Sadzenie (rg.)	85	14,00	1190,00	23	14,00	322,00	-	-	-
Pielęgnacja gleby (rg.)	5-krot. 180	14,00	2520,00	3-krot. 108	14,00	1512,00	3-krot. 108	14,00	1512,00
Chemiczne zabezpieczenie przed zwierzyną:									
• repelent (kg)	75,00	7,80	585,00	25	7,80	195,00	25	7,80	195,00
• robocizna (rg.)	14	14,00	196,00	4	14,00	56,00	4	14,00	56,00
Razem koszty			11 649,00			7343,00			6979,00

Tabela 9. Porównanie przeciętnych kosztów założenia i wyprowadzenia 1 ha uprawy dębowej o pokryciu >90% do wieku 5 lat

Składniki kosztu (jednostka miary)	Sadzonki z odkrytym systemem korzeniowym 2/0			Sadzonki kontenerowe niemikoryzowane 1/0 K			Sadzonki kontenerowe mikoryzowane 1/0 KM		
	liczba	koszt jedn. (zł)	koszt całkowity (zł)	liczba	koszt jedn. (zł)	koszt całkowity (zł)	liczba	koszt jedn. (zł)	koszt całkowity (zł)
Sadzonki (szt.)	8000	0,35	2800,00	7000	0,42	2940,00	7000	0,53	3710,00
Sadzenie (rg.)	184	14,00	2576,00	161	14,00	2254,00	161	14,00	2254,00
Poprawki	30%			10%					
• Przygot. gleby (rg.)	114	14,00	1596,00	33	14,00	462,00	-	-	-
• Sadzonki (szt.)	2400	0,35	840,00	700	0,42	294,00	-	-	-
• Sadzenie (rg.)	68	14,00	952,00	20	14,00	280,00	-	-	-
Pielęgnacja gleby (rg.)	8-krot. 288	14,00	4032,00	5-krot. 180	14,00	2520,00	5-krot. 180	14,00	2520,00
Razem koszty			12 796,00			8750,00			8484,00

Biorąc pod uwagę różnicę w kosztach ponoszonych na założenie i wyprowadzenie uprawy do wieku 5 lat (tabela 8 i 9), ekonomiczne uzasadnienie stosowania sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym w warunkach Nadleśnictwa Rudy Raciborskie będzie istniało do momentu, w którym koszt hodowli mikoryzowanej sadzonki sosny nie przekroczy **0,91 zł** [różnica kosztów (11 649,00 – 6979,00) 4670,00 zł ÷ 8000 szt. (więźba sadzenia), tj. 0,58 zł + 0,33 zł (dotychczasowy koszt)], a dębu **1,15 zł** [różnica kosztów (12 796,00 – 8484,00) 4312,00 zł ÷ 7000 szt. (więźba sadzenia), tj. 0,62 zł + 0,53 zł (dotychczasowy koszt)]. Wyliczenie przedstawiono na podstawie średniego poziomu kosztów ponoszonych na zakładanie upraw w latach 1997–2007 w tym nadleśnictwie. Tego rodzaju wyliczenia powinny być standardem w praktyce leśnej i każdorazowo poprzedzać decyzje o użyciu w konkretnych warunkach sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym.

Nieuchronnym procesem w Lasach Państwowych po wstąpieniu Polski do Unii Europejskiej i otwarciu rynków pracy jest i nadal będzie wzrost kosztów pracy.

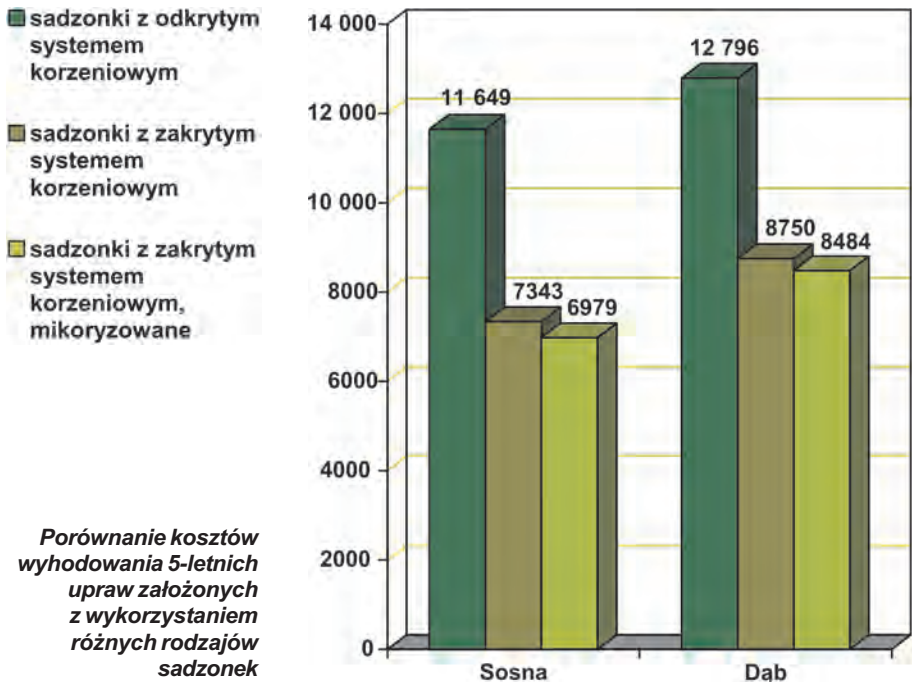


Sadzonka świerka hodowanego w systemie 0,5/1 na początku trzeciego sezonu wegetacyjnego w uprawie

Jednym ze znaczących powodów rozwoju szkółek kontenerowych w krajach skandynawskich w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych XX wieku były wysokie koszty pracy ludzkiej. Zastosowanie nowoczesnych technologii oraz wyposażenie szkółek kontenerowych w nowoczesny sprzęt i zautomatyzowanie wielu czynności w procesie hodowli sadzonek w znacznym stopniu ogranicza nakład pracy ręcznej, a tym samym wpływa na zmniejszenie zatrudnienia. Aktualnie, w wielu przypadkach, koszty hodowli sadzonek z bryłką nie są już znacząco większe od kosztów hodowli sadzonek w szkółkach gruntowych.

Dotychczas w polskim leśnictwie produkcję szkółkarską traktuje się jako dział hodowli lasu i analizy ekonomiczne dotyczą tylko tego etapu. Hodowla sadzonek natomiast jest tylko jednym z wielu okresów

w hodowli lasu, a ich jakość ma wpływ na dalsze koszty w procesie wzrostu w uprawach. Zakładanie upraw leśnych jest w przyjętym modelu leśnictwa następstwem wymuszonego lub planowego użytkowania lasu lub jego przebudowy i wszędzie tam, gdzie proces ten nie może się odbyć siłami natury, musi wkraczać leśnik z sadzonkami wyhodowanymi w szkółkach. W polskim leśnictwie odnowienia lasu przez sadzenie obejmują ponad 90% powierzchni wszystkich odnowień, co jest wynikiem wielu uwarunkowań. Wyhodowane w szkółkach leśnych sadzonki z nasion o odpowiedniej proweniencji powinny zatem mieć nie tylko określoną jakość mierzoną parametrami fizycznymi, jak wysokość części nadziemnej i grubość w szyi korzeniowej, ale także właściwą budowę korzenia oraz spełniać wymagania genetyczne i mikrobiologiczne. Koszt produkcji sadzonki nie powinien być więc rozpatrywany w oderwaniu od pozostałych kosztów jednostkowych na założenie i wyprowadzenie upraw leśnych do określonego etapu ich rozwoju, a być składową tego kosztu. Analiza ekonomiczna nie może zatem ograniczać się do ceny sadzonki i jej udziału w kosztach założenia uprawy. Do analizy ekonomicznej w praktyce leśnej powinien być stosowny rachunek ciągniony i suma kosztów w całym okresie hodowli sadzonek w uprawach oraz uzyskiwane wyniki, a nie tylko koszty jednostkowe czy poszczególne ich składniki.

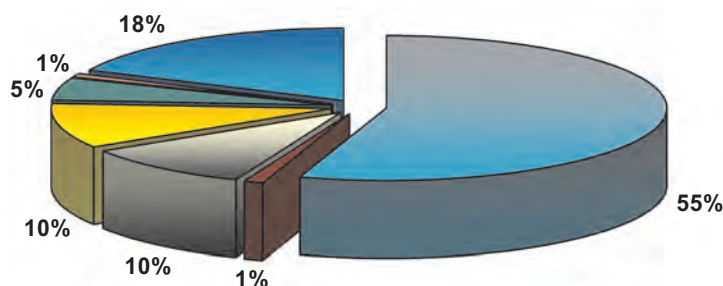


Opłacalność nie jest jedynym argumentem. Często uzyskanie efektu hodowlanego przy użyciu tradycyjnie wyhodowanych sadzonek jest trudne lub niemożliwe (np. na gruntach zdegradowanych). Potwierdzeniem jest fakt, że sadzonki te znajdują nabywców z firm zajmujących się rekultywacją, pomimo dużych cen zbytu stosowanych przez Lasy Państwowe, które często 2–2,5-krotnie przewyższają ceny w obrocie wewnętrznym.

Podane w tabeli 10 wartości uwzględniają odpis amortyzacyjny infrastruktury szkółkarskiej, który różnie się kształtuje i zależy od stopnia doinwestowania szkółki kontenerowej. Zazwyczaj w początkowym okresie funkcjonowania szkółki udział odpisu amortyzacyjnego jest znaczny. Prezentowane niżej wykresy pokazują struk-

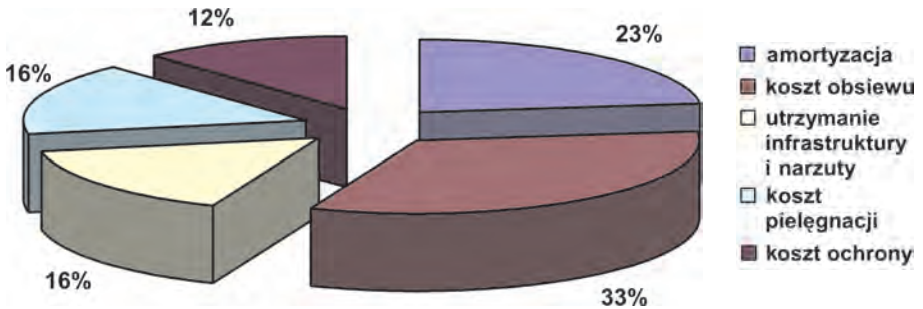
Tabela 10. Porównanie kosztów wyhodowania sadzonek z „bryłką” w 2008 roku w krajowych szkółkach kontenerowych (koszty nie uwzględniają sterowanej mikoryzacji)

Gatunek	Rodzaj pojemnika	Koszty hodowli (zł/1 szt.)				
		Rudy	Gidle	Jabłonna	Oleszyce	Śnieżka
So 1/0	120 cm ³	0,26	–	0,21	0,23	0,17
Św 1/0	120 cm ³	0,26	–	0,37	–	0,17
Md 1/0	120 cm ³	0,26	–	0,37	–	0,40
Md 1/0	300 cm ³	–	–	–	0,40	–
Db 1/0	265 cm ³	0,42	–	–	–	–
Db 1/0	300 cm ³	–	0,27	–	0,34	–
Db 1/0	370 cm ³	–	–	–	–	0,70
Bk 1/0	265 cm ³	0,42	–	–	–	–
Bk 1/0	300 cm ³	–	0,27	–	0,33	–



- amortyzacja
- koszty nasion
- narzut kosztów ogólnoprodukcyjnych
- koszty obsiewu
- koszty pielęgnacji i nawożenia
- koszty ochrony
- inne koszty (energia, woda, dozór, naprawy)

Struktura kosztów technicznego wyhodowania sadzonki na przykładzie szkółki kontenerowej Nadleśnictwa Rudy Raciborskie (rok 2002)



Struktura kosztów technicznego wyhodowania sadzonki na przykładzie szkółki kontenerowej Nadleśnictwa Rudy Raciborskie (rok 2007)

turę kosztu technicznego z uwzględnieniem udziału i zmian wysokości odpisu amortyzacyjnego.

Opłacalność stosowania sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym w Polsce, z uwagi na zaledwie dziesięcioletni okres i ograniczony zasięg stosowania, wymaga głębszych studiów nad opracowaniem kryteriów ich użycia. Autorzy mają świadomość, że w systemie planowania Lasów Państwowych, opierającym się na kosztach jednostkowych, użycie kilkakrotnie droższych sadzonek do zakładania upraw leśnych jest istotną przeszkodą. Wobec dobrze rozwiniętego w Polsce szkółkarstwa tradycyjnego, szkółkarstwo kontenerowe może być obecnie jedynie uzupełnieniem hodowli sadzonek, zwłaszcza przeznaczonych na powierzchnie szczególnie trudne. Wszędzie tam, gdzie użycie sadzonek z odkrytym systemem korzeniowym jest przyrodniczo i ekonomicznie uzasadnione, nie ma potrzeby wprowadzania sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym.

Ważkim zagadnieniem jest rozwój hodowli sadzonek mikoryzowanych, co stało się możliwe dzięki szkółkarstwu kontenerowemu.

14. Mikoryzacja sadzonek

14.1. Znaczenie mikoryzy w życiu lasu

Bakterie, grzyby, owady oraz wiele jeszcze innych organizmów decyduje o obiegu materii w przyrodzie, przyczyniając się do mineralizacji złożonych związków organicznych. Umożliwiają również syntetyzowanie wielu takich związków, dzięki np. zdolności pobierania pierwiastków z powietrza i skały macierzystej. Ich liczba, różnorodność i wzajemne relacje są stanem dynamicznym, zależnym od warunków zewnętrznych, w tym od stopnia antropopresji i przekształceń środowiska.

Z ludzkiego punktu rozumienia zjawisk zachodzących w przyrodzie organizmy te można podzielić na symbiotyczne, saprofityczne i patogeniczne. Wszędzie tam, gdzie człowiek przez swoją działalność i bezkrytyczne eksploatowanie przyrody wpływa negatywnie na środowisko, dochodzi do istotnych zakłóceń funkcjonowania ekosystemów. Wyeliminowanie z gleb leśnych zbiorowisk mikroorganizmów, na przykład wskutek emisji przemysłowych, powodujących zmiany w chemizmie gleb, prowadzi nieuchronnie do przerwania łańcucha troficznego, a w konsekwencji do złego odżywienia drzew, co czyni je podatnymi na choroby.

Jednym z istotnych składników życia biologicznego gleb leśnych są grzyby, a wśród nich grupa tworząca związki symbiotyczne z drzewami leśnymi. Efektem tej symbiozy jest mikoryza, czyli wspólny organ złożony z grzyba i korzenia, tzw. grzybokorzeń. Związki te tworzone są z korzeniami ostatniego rzędu, czyli korzeniami krótkimi. Wyrastające z komórek skórki włókniki z chwilą wejścia korzeni w kontakt mikoryzowy zanikają, a ich funkcję przejmują nowy organ zwany mikoryzą. W naturze występuje bardzo duża różnorodność form morfologicznych i anatomicznych mikoryzy. Charakterystyczne dla układu współżycia rośliny oraz grzyba cechy morfologiczne i anatomiczne stały się podstawą wyróżnienia trzech głównych typów mikoryzy: ektomikoryzy, endomikoryzy i ektendomikoryzy.



Wynik mikoryzy – grzybokorzeń (mikoryza sosny z grzybem *Cenococcum geophilum*) – fot. K. A.



Przekrój poprzeczny ektomikoryzy sosny – prawidłowo funkcjonującą mikoryzę wyróżnia dobrze wykształcona mufka grzybniowa (opilśń) oraz strzępki grzyba oplatające komórki miększu kory pierwotnej, tzw. sieć Hartiga – fot. K. A.



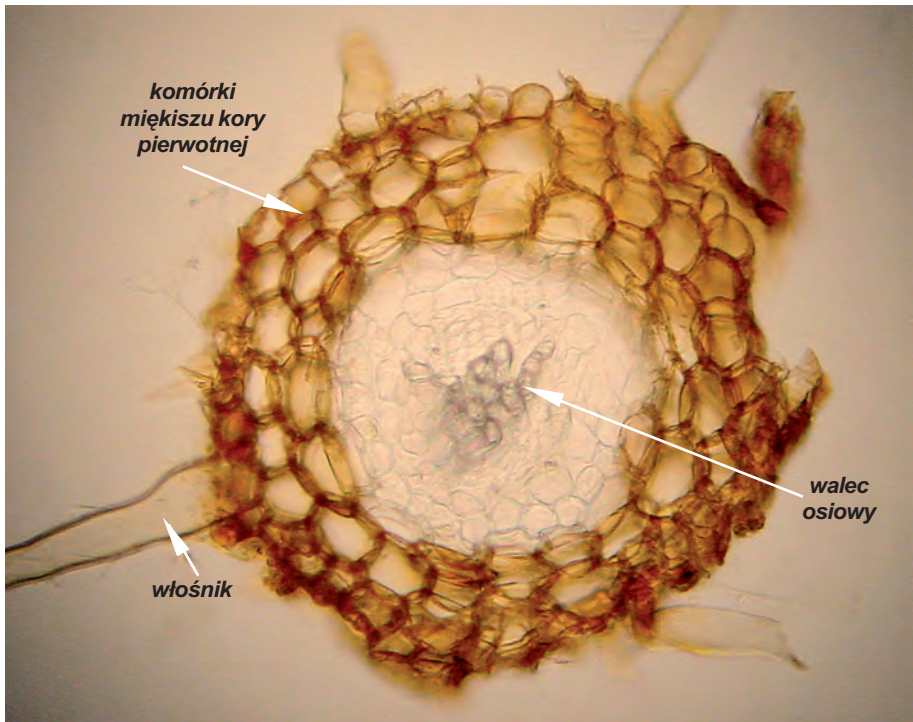
Korzeń sosny z dobrze rozwiniętą mikoryzą – zdjęcie ze szkółki kontenerowej w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie – fot. K. A.

EKTOMIKORYZA (mikoryza zewnętrzna). W świecie roślin występuje zaledwie u około 10% roślin, lecz w leśnictwie odgrywa niezwykle ważną rolę, gdyż jest optymalną dla naszych drzew formą symbiozy. Strzępki grzyba wnikają pomiędzy ściany komórek miękiszu kory pierwotnej korzeni tworząc tzw. sieć Hartiga, ale nigdy nie przerastają komórek endodermy i nie wnikają do komórek walca osiowego. W rejonie sieci Hartiga następuje wymiana związków mineralnych i organicznych między obu symbiontami: grzyb przekazuje roślinie m.in. sole mineralne, wodę, hormony i witaminy, a otrzymuje od niej głównie cukry, których – z powodu braku chlorofilu – sam nie potrafi wytworzyć. Wokół korzeni krótkich, które uległy morfogenezie, tworzy się opilśnia (mufka grzybniowa). Strzępki grzyba wyrastają z powierzchni mikoryzy i przerastają środowisko glebowe, tworząc liczne rozgałęzienia – gęstą sieć. To one pobierają z gleby wodę i substancje pokarmowe, które sznurami grzybniowymi wędrują do rośliny.

W naszej strefie klimatycznej mikoryza ektotroficzna występuje naturalnie u wszystkich głównych gatunków lasotwórczych. Jest ona obligatoryjna w warunkach naturalnych i dla większości z nich ta forma symbiozy decyduje o życiu. Ekto-



Ektomikoryzy przyjmują różnorodne formy morfologiczne – na zdjęciu mikoryza dychotomiczna sosny zwyczajnej i grzyba *Laccaria laccata* – fot. K. A.



**Przekrój poprzeczny przez autotroficzny korzeń ostatniego rzędu – widoczne włosniki
– fot. K. A.**



**Niezmienione
morfologicznie
korzenie
ostatniego rzędu,
które nie weszły
w związek
mikoryzowy
– fot. K. A.**

troficzne (odżywiający się przy pomocy ektomikoryzy) są wszystkie gatunki z rodzaju *Pinus* (sosna), *Picea* (świerk), *Larix* (modrzew), *Abies* (jodła), *Pseudotsuga* (jedlica), *Tsuga* (choina), *Quercus* (dąb), *Fagus* (buk), czy *Carpinus* (grab). U innych gatunków drzew występować mogą obok ektomikoryzy inne formy symbiozy grzybowej. W dużym stopniu zależy to od warunków środowiska, w tym głównie żyzności gleby i dostępności pokarmu. Ektomikoryzę tworzą głównie grzyby należące do podgromady *Basidiomycotina* (podstawczaki), z rzędu *Agaricales*. Szacuje się, że w strefie klimatycznej Europy występuje ich ponad 1400 gatunków.

ENDOMIKORYZA (mikoryza wewnętrzna). Ma miejsce wtedy, gdy strzępki grzyba wnika do wnętrza komórek miększu kory pierwotnej korzenia i tam ulegają trawieniu. Korzenie nie ulegają istotnym przeobrażeniom morfologicznym, więc nie odróżniają się od korzeni autotroficznych (niemikoryzowych). Zachowują one włósniki, nie są zgrubiałe, a ich zewnętrznej strony nie pokrywają strzępki grzyba (opilśnia charakterystyczna dla ektomikoryzy). Strzępki grzybni na powierzchni korzenia spotyka się tylko sporadycznie. Endomikoryza jest w świecie roślin bardzo rozpowszechniona. Do tego typu symbiozy należą: mikoryza storczyków, mikoryza erikoidalna oraz arbuskularna. W pierwszych dwóch typach endomikoryzy wewnątrz komórek kory roślin tworzą się zwoje grzybni, podczas gdy w mikoryzie arbuskularnej wykształcają się drzewkowate struktury, zwane arbuskulami. Mikoryza arbuskularna jest najbardziej rozpowszechnionym typem mikoryzy. Występuje u ponad 80% gatunków roślin, ale w odróżnieniu od mnogości gatunków tworzących ektomikoryzę, arbuskularną tworzy zaledwie około 120 gatunków grzybów zaliczanych do rzędu *Glomales*. Ten typ symbiozy uważany jest za najstarszą filogenetycznie mikoryzę cechującą pierwsze rośliny lądowe, a jej okres istnienia szacuje się na ponad 450 milionów lat.

W naszej strefie klimatycznej endomikoryza jest charakterystyczna u dziko rosnących roślin zielnych (m.in. runa leśnego) oraz uprawnych i drzew owocowych. Stosunkowo mało drzew leśnych tworzy związki endomikoryzowe. Są one charakterystyczne np. dla topoli, wierzby, jesionu, jarzębu, berberysu i trzmieliny. Niektóre drzewa leśne, np. klon, olsza, jałowiec, lipa oraz wiaź tworzą zarówno ektomikoryzę, jak i endomikoryzę, co głównie zależy od warunków glebowych. Związki endomikoryzowe z roślinami tworzą grzyby z podgrupy *Ascomycotina* (workowce) lub *Zygomycotina* (sprzężniaki).

EXTENDOMIKORYZA. Cechą charakterystyczną tej formy mikoryzy jest obecność, z reguły niepozornej, mufki grzybniowej wokół korzenia, także sieci Hartiga, ale strzępki grzyba zazwyczaj bezładnie przerastają komórki miększu kory pierwotnej i są przez roślinę słabo trawione. W warunkach stresowych najczęściej dochodzi do maceracji ścian komórkowych rośliny i stosunkowo szybkiego zamierania mikoryzy. Ten typ symbiozy rozpowszechniony jest szczególnie w szkółkach, zwłaszcza o długim i intensywnym sposobie użytkowania, na glebach o wysokiej zawartości azotu i podwyższonym pH gleby. Tworzą go grzyby należące do *Ascomycotina* (workowców).



Większość spotykanych w lesie grzybów tworzy związki mikoryzowe z drzewami – fot. K. A.

Wszystkie nasze drzewa leśne w naturalnych warunkach pobierają pokarm z gleby za pomocą mikoryzy, a nie włośników. Biologiczna niezbędność grzybów mikoryzowych we wzroście i rozwoju większości drzew leśnych jest zatem faktem.

Związki ektomikoryzowe drzew z grzybami są tworzone tym chętniej, im większe jest ubóstwo pokarmowe gleby. Warunkiem tworzenia mikoryzy jest odpowiedni dostęp światła oraz współdziałanie hormonów syntetyzowanych przez grzyby. Utało się powiedzenie profesora Stefana Kowalskiego, że „grzyby mikoryzowe żywią i bronią”. Żywią, gdyż mają zdolność pobierania pokarmu zarówno ze związków organicznych, jak i nieorganicznych w glebie, niedostępnych dla korzeni autotroficznych. Przerastając zaś strzępkami grzybni glebę znacznie rozległej, niż uczynić to mogą korzenie drzew, pobierają sole mineralne. Strzępki w glebie, sznury grzybniowe oraz mufki grzybniowe wokół korzeni ostatniego rzędu, z uwagi na swoją gąbczastą budowę, magazynują sole mineralne, a także spore ilości wody, przez co łagodzą ujemny wpływ suszy.

Drzewa z mikoryzą uzyskują więcej soli mineralnych, a przez to są lepiej odżywione. Mikoryza stymuluje natężenie i przebieg asymilacji, z której produktów w części korzystają grzyby mikoryzowe.

Mikoryza, oprócz funkcji fizjologiczno-żywniowych, chroni drzewa leśne przed grzybami i organizmami patogenicznymi, szczególnie tymi, które atakują systemy korzeniowe. Ochroną są mufki i opilśnie wokół korzeni krótkich. Mogą one także zwiększać odporność roślin na drodze biochemicznej, stymulując syntetyzowanie takich substancji chemicznych, jak na przykład związki fenolowe, czy fitoaleksyny, odpowiedzialne za kształtowanie się odporności roślin na choroby. Sama grzybnia może także wydzielać do gleby substancje biologicznie czynne o charakterze antybiotyków, hamujące wzrost lub likwidujące organizmy patogeniczne w pobliżu korzeni.

W praktyce leśnej już na etapie hodowli sadzonek w szkółce spotykamy się często ze znacznymi szkodami powodowanymi przez grzyby zgorzelowe, na przykład zakaźną zgorzelą wywołaną przez grzyby z rodzaju *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Phytophthora* i inne. Dzieje się tak najczęściej w szkółkach leśnych po długim okresie intensywnego użytkowania, a także w korytach i tunelach na sztucznym podłożu. Wszędzie więc tam, gdzie w glebie brakuje odpowiedniego spektrum grzybów ektomikoryzowych, szybko wchodzących w kontakt mikoryzowy



Mikroskopowy obraz mikoryzy – przybiera ona różne, ciekawe formy (na zdjęciu mikoryza sosny z grzybem *Hebeloma crustuliniforme* – szkółka kontenerowa w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie) – fot. K. A.

z siewką. Również w uprawach, a także starszych drzewostanach, na glebach zdegradowanych, np. pożarem lub emisjami oraz na gruntach porolnych, gdzie nie ma odpowiedniego zestawu grzybów ektomikoryzowych, obserwuje się nasilone zamieranie drzew i drzewostanów. Najczęstszą tego przyczyną jest zwiększona predyspozycja chorobowa roślin, a także uaktywnianie się i porażanie drzew – przy braku ektomikoryzy – przez organizmy patogeniczne, np. z rodzaju *Armillaria* sp., czy *Heterobasidion annosum*. Drzewa rosnące w środowisku zdegradowanym, w którym życie biologiczne gleb zostało z różnych przyczyn znacznie zubożone, wykazują zakłócenia fizjologiczno-rozwojowe, w następstwie czego chorują, a nawet giną. Jest to podstawowa przyczyna osłabienia drzewostanów na prawie połowie ogólnej powierzchni lasów w Polsce będących pod wpływem emisji przemysłowych, jak również drzewostanów na gruntach porolnych, zwłaszcza tych rosnących na glebach gorszych klas bonitacji. Następstwem tego osłabienia jest uaktywnianie się organizmów patogenicznych i wielu chorób, a w konsekwencji zamieranie drzew, a nawet całych drzewostanów.



Większość grzybów jadalnych to grzyby mikoryzowe – fot. K. A.

Grzybów tworzących związki ektomikoryzowe z drzewami leśnymi jest stosunkowo dużo i większość z nich wytwarza owocniki. Są to zarówno grzyby jadalne, chętnie zbierane i poszukiwane (np. borowik szlachetny), jak też niejadalne oraz trujące, często niszczone bezmyślnie (np. muchomor plamisty). Szacuje się, że w Polsce występuje około 1400 gatunków grzybów wielkoowocnikowych, tworzących zarazem ektomikoryzy (Grzywacz, 2000). Należą do nich, między innymi, grzyby z rodzaju: *Cortinarius* – zasłonak (240 gatunków), *Russula* – gołąbek (116 gatunków), *Inocybe* – strzępiak (112 gatunków), *Lactarius* – mleczaj (71 gatunków), *Tricholoma* – gąska (50 gatunków), *Hebeloma* – włośnianka (26 gatunków), *Hygrophorus* – wodnicha (26 gatunków), *Amanita* – muchomor (22 gatunki), *Dermocybe* – skórzak (20 gatunków), *Boletus* – borowik (15 gatunków), *Leccinum* –

koźlarz (12 gatunków), *Suillus* – maślak (12 gatunków), *Elaphomyces* – jeleniak (8 gatunków), *Tuber* – trufla (8 gatunków), *Laccaria* – lakówka (7 gatunków), *Scleroderma* – tęgoskór (7 gatunków), *Xerocomus* – podgrzybek (7 gatunków), *Thelephora* – chropiatka (6 gatunków) i wiele, wiele innych.

Związki symbiotyczne roślin z grzybami tworzą się w przyrodzie dynamicznie, podlegają ciągłym zmianom. O tym, który z grzybów nawiąże kontakt mikoryzowy, decyduje gatunek drzewa, faza rozwoju drzewostanu, a także siedlisko. Niektóre rodzaje, (*Boletus*, *Hebeloma*), a nawet gatunki grzybów, tworzą związki mikoryzowe z wieloma gatunkami drzew, inne wyspecjalizowały się w tworzeniu mikoryzy tylko z jednym gatunkiem (np. *Suillus grevillei* z modrzewiem, czy *Rhizopogon hteolus* z sosną). Garnitur grzybów mikoryzowych zmienia się także wraz z wiekiem drzewa. Inne gatunki grzybów tworzą mikoryzy z siewkami i sadzonkami, inne zaś z drzewami w fazie tyczkowiny, drągowiny, czy drzewostanów starszych.

Dla każdego gatunku drzewa, w powiązaniu z określonym środowiskiem (siedliskiem) można dziś ustalić garnitur grzybów, a także możliwe rodzaje mikoryzy. Wiedza ta jest przydatna w określeniu zagrożeń wynikających z wprowadzenia i hodowli drzew określonych gatunków w konkretnym środowisku, jak też w prognozowaniu, np. rozwoju sytuacji na terenach pod wieloletnim wpływem silnej antropopresji, w tym imisji przemysłowych. Może także posłużyć do podejmowania konkretnych decyzji gospodarczych. Wiedząc bowiem, że właściwym, genetycznie ukształtowanym sposobem odżywiania się drzew leśnych jest mikotroficzny, a nie autotroficzny sposób zdobywania pokarmu oraz że ektomikoryzy pełnią także wiele innych funkcji determinujących prawidłowy wzrost i rozwój drzew, można określić obszary w gospodarce leśnej, na których nie ma warunków zapewniających w miarę niezakłócony wzrost i rozwój drzew. Do takich obszarów należą:

- szkółki o długim i intensywnym okresie użytkowania,
- grunty porolne przeznaczone do zalesienia,
- nieużytki i gleby przemysłowe rekultywowane,
- gleby leśne zdegradowane emisjami przemysłowymi oraz przez wielkopowierzchniowe pożary itp.

14.2. Potrzeby mikoryzacji

W polskim leśnictwie na początku lat siedemdziesiątych XX wieku rozpoczęto w nadleśnictwach proces likwidacji wielu małych szkółek leśnych, które zastępowano z reguły jedną, wielohektarową, wyposażaną w infrastrukturę i nowoczesny sprzęt. Nastąpił także istotny postęp w nasiennictwie, przechowalnictwie nasion, selekcji i genetyce. Pod względem wyposażenia i jakości hodowli szkółki polskich Lasów Państwowych nie ustępują zachodnim. Zniknął problem niedostatku sadzonek, gdyż rocznie hoduje się ich około 1 mld sztuk. Większość tych szkółek

jest dobrze utrzymana, są jednak też takie o dużym stopniu degradacji mikrobiologicznej. Wydaje się, że również niewystarczająca jest wiedza leśników szkółkarczy o potrzebach żywieniowych i ochronnych sadzonek drzew leśnych, a także czynnikach zakłócających biologię gleb w szkółkach.

Z badań wynika, że sadzonki, szczególnie drzew iglastych, hodowane w szkółkach gruntowych o wieloletnim okresie użytkowania, wykazują znaczne zakłócenia fizjologiczno-rozwojowe, spowodowane zanikiem grzybów ektomikoryzowych. Przyczyną jest, między innymi, zmiana chemizmu gleby (często jest nadmiernie alkaliczna), spowodowana nadmiernym nawożeniem, zwłaszcza związkami azotu, a także powszechnym stosowaniem środków ochrony roślin, zwłaszcza fungicydów i herbicydów. Używane bowiem w większych dawkach i z dużą częstotliwością, niszczą grzyby ektomikoryzowe. Brak zaś, odpowiedniego do fazy rozwoju i gatunku siewki, grzyba miko-ryzowego powoduje dużą podatność sadzonek na choroby i konieczność coraz częstszego stosowania środków ochrony roślin oraz nawozów, co jeszcze bardziej degraduje glebę. Powstaje zatem zjawisko sprzężenia zwrotnego dodatniego (tzw. błędne koło). W tych warunkach sadzonki zamiast ektomikoryzy najczęściej tworzą związki ektendomikoryzowe, niebędące właściwym skojarzeniem symbiotycznym drzew leśnych. W szkółkach często nie powoduje to jeszcze widocznych oznak zewnętrznych u sadzonek. Gdy zostaną posadzone w niezdegradowanej glebie leśnej, to najczęściej w stosunkowo krótkim czasie (2–3 sezony wegetacyjne) grzyby tworzące ektendomikoryzę zostaną zastąpione przez grzyby ektomikoryzowe. Jeśli natomiast sadzonkami zaopatrzonymi tylko w ektoendomikoryzę zalesimy gleby zdegradowane, nieużytki porolne



Sadzonka świerka pospolitego wyhodowana techniką kontenerową i poddana sterowanej mikoryzacji grzybem *Hebeloma crustuliniforme* (szkółka Nadleśnictwa Rudy Raciborskie) – fot. K. A.



Owocnik grzyba *Hebeloma crustuliniforme* przerastający przez dno kontenera – fot. K. A.

i przez to zainicjować wytworzenie się właściwej mikoryzy. Może ona też tworzyć się samoistnie, gdy szkółka jest otoczona lasem (naturalna mikoryzacja występującymi tam zarodnikami grzybów). Najczęściej jednak, z braku właściwych grzybów mikoryzowych, siewki tworzą ektomikoryzę z niepożądanymi, jak np. *Thelephora terrestris*.

W ostatnim stuleciu, na wielu kontynentach, a zwłaszcza w rejonach uprzemysłowionych, gwałtownie zaczęły nasilać się choroby lasu. Ogranicza to ich wielorakie funkcje, a nawet doprowadza do zniszczeń na dużych obszarach. Do głównych przyczyn tych zjawisk należy bez wątpienia degradacja biologiczna gleb, spowodowana emisjami do gleby wielu trujących związków oraz błędy w gospodarce leśnej. Jednym z istotnych skutków tej degradacji jest zniszczenie wielu, specyficznych dla gleb leśnych, składników jej życia, szczególnie grzybów symbiotycznych, warunkujących prawidłowe funkcjonowanie ekosystemów leśnych.

W celu zapobieżenia degradacji gleb leśnych konieczna jest hodowla sadzonek zaopatrzonych we właściwą mikoryzę. Będą one również niezbędne do efektywnego odnawiania i zalesiania stale zwiększającego się areалу gruntów leśnych zdegra-

itd., nie mając tam właściwych dla siebie grzybów ektomikoryzowych, nie będą w stanie właściwie się odżywiać. Mikoryza ektendotroficzna bowiem funkcjonuje jedynie przez 2–3 miesiące, po czym stosunkowo szybko zamiera. Jeśli nie zastąpi jej ektomikoryza, sadzonki i drzewka będą wkrótce silnie osłabione, a przez to podatne na czynniki chorobotwórcze.

W Lasach Państwowych dość częsta jest hodowla na sztucznych podłożach sadzonek z zakrytym lub odkrytym systemem korzeniowym (namioty, koryta, inspekty, doniczki, baloty, kontenery itp.). Podłoża te z reguły pozbawione są właściwych mikroorganizmów. Należy więc do takiego substratu dodać niewielką (5–10% objętości) ilość humusu z drzewostanu o zdrowym samosiewie tego samego gatunku

dowanych emisjami przemysłowymi, powierzchni przemysłowych, jak też zwiększającej się od kilkadziesiąt lat powierzchni pożarysk, a także terenów wzdłuż autostrad. Realizacja Krajowego Programu Zwiększania Lesistości również wymaga użycia silnych, mikoryzowanych sadzonek. Sterowana zatem mikoryzacja nie jest celem samym w sobie, ale wynika z zapotrzebowania na silne sadzonki, dobrze rosnące w trudnych warunkach. Konieczna jest więc rewitalizacja gleb w tych szkółkach, z których sadzonki mają być użyte do odnowień i zalesień wymienionych gruntów. Potrzeby mikoryzacji sadzonek drzew leśnych wynikają przede wszystkim z:

- przyrodzonych właściwości roślin drzewiastych do mikotroficznego, a nie autotroficznego, sposobu odżywiania, wykształconego przez trwający kilkaset milionów lat proces ewolucji;
- kształtowania predyspozycji chorobowej rośliny w stosunku do organizmów patogenicznych;
- różnorodnych zakłóceń mikrobiologicznych w miejscach hodowli materiału sadzeniowego, np. na szkółkach, gruntach porolnych, czy glebie zdegradowanej;
- zapewnienia optymalnych warunków wzrostu i rozwoju podstawowym gatunkom lasotwórczym w środowisku, w którym nie ma grzybów ektomikoryzowych.

Mikoryzowane sadzonki powinny być hodowane głównie na potrzeby zalesiania:

- gruntów porolnych, zwłaszcza długo i intensywnie użytkowanych;
- nieużytków, w tym szczególnie nieużytków przemysłowych;
- gleb rekultywowanych;
- gleb leśnych zdegradowanych przez emisje przemysłowe, pożary wielkopowierzchniowe lub wielopokoleniową niezgodność biocenozy z biotopem, w tym szczególnie na obszarach występowania huby korzeni *Heterobasidion annosum*, czy opieńki *Almillaria* spp.



Sadzonki świerka pospolitego poddane zabiegowi sterowanej mikoryzacji – widoczna bryłka korzeniowa silnie przerośnięta strzępkami grzybni – fot. K. A.



Sadzonka lipy drobnolistnej z owocnikami grzyba *Laccaria bicolor* (Nadleśnictwo Rudy Raciborskie) – fot. K. A.

Obecnie już w Polsce istnieje potencjalna potrzeba zastosowania w dużej skali sadzonek mikoryzowanych. Szacuje się, że powierzchnie odpowiadające podanym kryteriom stanowią około 10% całości prac zalesieniowych i odnowieniowych w Lasach Państwowych, a więc około 6–7 tysięcy hektarów rocznie. Według profesora A. Grzywacza zapotrzebowanie na sadzonki do roku 2020 będzie rosło nie tylko ze względu na zwiększanie się zalesianych powierzchni, ale także w związku z potrzebą przebudowy drzewostanów, rekultywacją nieużytków przemysłowych, realizacją programu budowy autostrad i dróg szybkiego ruchu.

W stosunku do roku 2000 zadania w zakresie nasadzeń w latach 2017–2018 mogą wzrosnąć o 18%, natomiast w latach 2019–2020 wzrost ten może wynieść 38%. Ten sam autor podjął próbę wstępnych, prowizorycznych wyliczeń zapotrzebowania na sadzonki mikoryzowane, biorąc – jak się wydaje – pod uwagę nie tyle potrzeby, ile możliwości wyhodowania sadzonek mikoryzowanych, zgodnie z następującymi założeniami:

- Użycie sadzonek mikoryzowanych do zalesień gruntów porolnych mogłoby osiągnąć poziom 20% ogólnej liczby sadzonek wysadzanych na te grunty w 2010 roku i 40% w 2020 roku. Jest to propozycja tzw. mikoryzacji kroczącej (co któraś sadzonka jest sadzonką mikoryzowaną). Przez rozrost grzybni z sadzonki mikoryzowanej dochodziłoby do mikoryzacji systemu korzeniowego sadzonek bez sztucznej mikoryzacji. Jednocześnie zakłada się, że nie ma potrzeby mikoryzacji sadzonek: brzozy, olszy, klonów, jarzębu, topoli, wierzby oraz krzewów liściastych. Nie trzeba też mikoryzować sadzonek używanych do zalesień gruntów tylko przejściowo użytkowanych rolniczo lub długo ugorujących, z wstępnymi stadiami sukcesji leśnej. We wskazanej publikacji A. Grzywacza przyjęto następujące założenia:
 - do odnowień powierzchni leśnych zdegradowanych emisjami przemysłowymi i powodziami, w przebudowie drzewostanów pod wpływem imisji, na

Tabela 11. Wielkość powierzchni (w tys. ha) planowanych średniorocznie do sadzenia materiałem mikoryzowanym (Grzywacz, 2000)

Okresy	Zalesienia łącznie	Pozostałe zagospodarowania	Nasadenia specjalne	Razem w tys. ha
2001–2010	4,8	4,7	5,6	15,1
2011–2020	10,4	11,0	10,0	31,4

terenach silnie zahubionych (*H. annosum*) i opanowanych przez opieńkę, na pożaryskach, należałoby użyć sadzonek mikoryzowanych w ilości około 5% w roku 2010 i 10% w roku 2020;

- do celów rekultywacji różnych typów, na obszarach przy autostradach, w obiektach innego rodzaju, z tzw. gruntami trudnymi, jak np. silnie zdegradowane poligony, należałoby preferować wyłącznie stosowanie sadzonek mikoryzowanych; proponuje się zatem do roku 2010 mikoryzację 80% sadzonek do tych celów, a w 2020 roku – 100% sadzonek.

Przyjmując przewidywalny obszar prac nasadzeniowych oraz udział sadzonek mikoryzowanych można ustalić zredukowaną wielkość powierzchni do obsadzenia sadzonkami zmikoryzowanymi.



Sadzonka modrzewia europejskiego poddana sterowanej mikoryzacji grzybem *Laccaria bicolor* – widoczne owocniki – fot. K. A.



Obfite owocnikowanie grzyba *Laccaria bicolor* – owocniki przerastają przez szczeliny wentylacyjne kontenera – fot. K. A.

Przytoczone prognozy należy traktować wyłącznie jako wskazania pożądanych kierunków rozwoju produkcji sadzonek w szkółkach Lasów Państwowych, w tym mikoryzowanego materiału sadzeniowego. W przyjętym przez Lasy Państwowe programie na lata 2003–2010, dotyczącym upowszechnienia hodowli sadzonek mikoryzowanych, zakłada się, że począwszy od 2003 roku liczba sadzonek mikoryzowanych wynosić będzie 10 mln sztuk rocznie z zastrzeżeniem, że w kolejnych latach stopień realizacji przyjętych założeń będzie korygowany możliwościami finansowymi Lasów Państwowych lub uzyskaniem zewnętrznej pomocy finansowej (dotacja Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej). Do 2008

roku poziom produkcji mikoryzowanego materiału sadzeniowego w szkółkach Lasów Państwowych utrzymuje się na stałym poziomie około 10 mln szt. rocznie.

W roku 2002 w Lasach Państwowych funkcjonowały trzy laboratoria wytwarzające biopreparaty oparte na żywej grzybni roślinnej. Ich łączna zdolność produkcyjna wystarcza do wytworzenia biopreparatu dla około 10 mln sadzonek z zamkniętym systemem korzeniowym. Oznacza to, że posługując się dotychczasowymi technologiami produkcji biopreparatów grzybów mikoryzujących i mikoryzacji sadzonek, należałoby znacznie rozwinąć zarówno wytwarzanie biopreparatów, jak i hodowlę sadzonek z zamkniętym systemem korzeniowym.

Niezależnie od wdrożenia technologii mikoryzacji sadzonek z zamkniętym systemem korzeniowym w szkółkach kontenerowych, pracownicy Katedry Fitopatologii Leśnej Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie pod kierunkiem prof. dr. hab. Stefana Kowalskiego dokonali w ostatnich latach udanych prób mikoryzacji sadzonek z odkrytym systemem korzeniowym, hodowanych na podłożach torfowych w korytach i tunelach foliowych. Wdrożenie tych procedur w szkółkach Lasów Państwowych potwierdziło ponadto, że substrat przerosnięty grzybnią po dwóch okresach wegetacyjnych będzie mógł być zastosowany do rewitalizacji gleb w szkółkach otwartych.

14.3. Metody mikoryzacji

W mikoryzacji można wyróżnić metody oparte na stosowaniu naturalnego *inokulum* i metody mikoryzacji sterowanej. W pierwszym przypadku istota zabiegu polega na przeniesieniu nieznanego, ale prawdopodobnie zróżnicowanego pod względem ilościowym oraz jakościowym zbiorowiska grzybów mikoryzowych zasiedlających humus leśny do przygotowanego substratu hodowlanego. W drugim na wprowadzeniu do substratu hodowlanego ściśle określonej ilości *propagul* zidentyfikowanego i znanego grzyba mikoryzowego.

14.3.1. Metoda naturalna

Polega na zastosowaniu naturalnego *inokulum* w postaci humusu, tj. gleby pobranej z warstwy ryzosferowej (5–10 cm od powierzchni), najlepiej z miejsc, w których wystąpił obfity i zdrowy samosiew. *Inokulum* to (w ilości 5–10%) należy zmieszać z podłożem hodowlanym lub wprowadzić do gleby w szkółkach, po uprzednim zbadaniu jej właściwości chemicznych. Przy nieodpowiednim pH lub przenawożeniu azotem, zabieg może okazać się nieskuteczny. Można także w roztworze wodnym takiego humusu moczyć nagi system korzeniowy sadzonek, tuż przed wysadzeniem ich na uprawie.

Wadą takiego *inokulum* jest możliwość zakażenia patogenami wywołującymi pasożytniczą zgorzel siewek (*Fusarium* sp., *Phytophthora* sp., *Rhizoctonia* sp. i inne), jak również obecność nasion chwastów powodujących dodatkowe kłopoty z pielęgnacją siewek. Dotychczas nie opracowano zasad pozyskiwania humusu spod drzewostanów, co jest również istotną wadą tej metody zważywszy, że ponad 95% najbardziej aktywnych korzeni drzew leśnych znajduje się na głębokości do 10 cm, a więc w warstwie zalecanej do eksploatacji na potrzeby omawianej metody. Z tych względów można ją, póki co, określić mianem lokalnego doświadczenia, intuicyjnie zastosowanego przez gospodarzy terenu.

14.3.2. Metody mikoryzacji sterowanej

Stosowanie *inokulum* zawierającego zarodniki grzybów mikoryzowych. Do tego celu nadają się grzyby mikoryzowe, które wytwarzają dużą ilość zarodników. Należą do nich grzyby z rodzaju *Phisolithus* – purchatnica, *Scleroderma* – tęgoskór, czy *Rhizopogon* – piestrówka.

Pierwszym etapem wytwarzania *inokulum* jest zbiór owocników w stanie dojrzałości, ale jeszcze przed pęknięciem. Następnie trzeba je wysuszyć, zwykle w temperaturze około 20–25°C, przez około dwie doby, do wilgotności 8–10%. Zarodniki przechowuje się w szczelnych opakowaniach, w temperaturze 4–5°C.

Samo *inokulum* może być sporządzane w różnych postaciach, zależnie od sposobu wprowadzania w środowisko ryzosfery i może mieć formę:

- stałą – zarodniki zmieszane z gliną, piaskiem, vermiculitem, a najlepiej z węglem drzewnym, który jest mikrobiologicznie czysty, a dodatkowo stymuluje kiełkowanie zarodników, i w tej postaci wprowadzane do substratu lub gleby;
- płynną – z zarodnikami zmieszany z wodą tuż przed zraszaniem substratu lub gleby (do wody należy dodać środek chemiczny, np. kilka kropli płynu do naczyń typu „Ludwik”, zmniejszający napięcie powierzchniowe i ułatwiający równomierne rozprowadzenie zarodników w wodzie).

Zarodniki mogą być też umieszczane przy użyciu lepiszcza bezpośrednio na nasionach przed ich wysiewem lub w formie zamkniętych otoczek z substancji koloidalnych i w tej postaci wprowadzane do gleby czy substratu. Sporządzając „szczepionkę zarodnikową” w formie stałej z udziałem zmielonego węgla drzewnego, najlepiej zachować proporcje 1:10, tj. 100 g zarodników w 1000 g węgla, co po wymieszaniu wystarcza na powierzchnię około 100 m² substratu hodowlanego. Kwaterę siewną po wprowadzeniu zarodników należy obficie podlać. Według doświadczeń w USA na 1 m² gleby powinno się użyć dawki 0,5–1g zarodników bez względu na rodzaj nośnika i formę szczepionki. *Inokulum* generatywne, zawierające zarodniki grzybów mikoryzowych, może być używane do mikoryzacji siewek z zakrytym i odkrytym systemem korzeniowym przez wprowadzenie do gleby lub substratu. Ten rodzaj szczepionki jest wytwarzany i stosowany na szeroką skalę głównie w USA. Podstawowym gatunkiem grzyba, z którego zarodników sporządza się tam *inokulum* jest *Pisolithus tinctorius*, cechujący się znacznym zasięgiem geograficznym, współżyciem z wieloma gatunkami drzew w różnych fazach rozwoju i tolerancją na zmiany elementów środowiska. Zaletą „szczepionki zarodnikowej” jest głównie łatwość jej sporządzania i możliwość dłuższego przechowywania w odpowiednich warunkach. Wadą, między innymi, brak wpływu na regularność i obfitość pojawiania się owocników. Dodanie zarodników, w porównaniu z *inokulum* vegetatywnym, opóźnia co najmniej o miesiąc tworzenie się mikoryzy. Tak znacznie opóźniona kolonizacja systemu korzeniowego rośliny przez grzybnię ma istotne, negatywne znaczenie w warunkach konkurencji innych organizmów glebowych, w tym grzybów patogenicznych. Może bowiem się zdarzyć, że niepożądany lub szkodliwy grzyb szybciej zasiedli wolną przestrzeń życiową wokół korzeni sadzonki, a tym samym uniemożliwi rozwój zaszczepionemu grzybowi ektomikoryzowemu. W tej metodzie nie jesteśmy w stanie skutecznie kontrolować procesu mikoryzacji, więc udatność szczepień i stopień kolonizacji korzeni przez grzybnię trudno przewidzieć. Mankamentów tych nie ma następną metodą.

Stosowanie *inokulum* vegetatywnego z żywą grzybnią grzyba ektomikoryzowego. Wprowadza się je najczęściej do podłoża lub substratu tuż przed siewem lub szkółkowaniem. Stosowanie *inokulum* vegetatywnego, rozpowszechnione w kilku krajach, daje najlepsze efekty. Zanim jednak rozpocznie się jego

masową produkcję, należy wyselekcjonować odpowiedni szczep grzyba mikoryzowego, biorąc pod uwagę takie jego cechy mikoryzogenne, jak: tempo nawiązania kontaktu z rośliną, stopień mikoryzowania systemu korzeniowego, budowę sieci Hartiga, grubość mufki grzybniowej, wpływ na wzrost i rozwój rośliny w fazie młodocianej, a także aktywność antagonistyczną do grzybów patogenicznych i tolerancję na środki chemiczne, skażenie gleb oraz na zróżnicowanie pH roztworów glebowych. Nie bez znaczenia są też: żywotność grzybni, łatwość rozmnażania i zdolność tworzenia mikoryzy z wieloma gatunkami drzew. Cechy decydujące o zgodności szczepu grzyba ze środowiskiem mają w dalszym życiu sadzonki podstawowe znaczenie. Sprawdzianem wartości tak zmikoryzowanych sadzonek w końcowej ocenie będą efekty hodowlane uzyskiwane na uprawach z nich założonych, w porównaniu z sadzonkami niemikoryzowanymi lub z mikoryzą przypadkową.

W produkcji biopreparatów grzybów mikoryzowych wyróżnia się dwa etapy. Etap pierwszy (wg S. Kowalskiego) obejmuje wszystkie omówione już elementy w następującej kolejności:

- a) izolacje czystych kultur grzybów ektomikoryzowych z owocników lub zarodników, zależnie od gatunku grzyba;
- b) hodowlę grzybni na pożywkach syntetycznych, które stanowią materiał do dalszych badań, mających za cel:
 - określenie optymalnych warunków hodowli poszczególnych gatunków grzybów,
 - określenie aktywności mikoryzogennej wyizolowanych szczepów wobec poszczególnych gatunków drzew,
 - określenie trwałości hodowli,
 - określenie zakresu możliwości stosowania poszczególnych szczepów grzybów i ich aktywności w stosunku do gatunków i fazy rozwojowej drzew,
 - określenie interakcji wybranych szczepów grzybów ektomikoryzowych w stosunku do wybranych grzybów patogenicznych,
 - określenie stopnia tolerancji grzybów ektomikoryzowych i ektomikoryz w stosunku do głównych polutantów w ogóle lub w stosunku do konkretnych związków toksycznych we wskazanych glebach, szczególnie w miejscach, w których mikoryzowane sadzonki będą posadzone.

Tak więc określenie zgodności wyselekcjonowanych grzybów z siedliskiem, do którego wprowadzane będą mikoryzowane sadzonki, jest bardzo ważne. Dopiero tak wyselekcjonowane szczepy grzybów ektomikoryzowych mogą być zastosowane w drugim etapie, który obejmuje:

- a) hodowlę dużej masy grzybni w jak najkrótszym czasie i jak najniższym kosztem,
- b) przygotowanie odpowiedniej formy biopreparatu.

Do sterowanej mikoryzacji sadzonek stosuje się, oczywiście, te gatunki grzybów, których przyrodzoną cechą są związki symbiotyczne z wczesnymi stadiami



Biopreparat z grzybnią Hebeloma crustuliniforme do sterowanej mikoryzacji sadzonek kontenerowych – fot. K. A.



Biopreparat z grzybnią Laccaria bicolor do sterowanej mikoryzacji sadzonek kontenerowych – fot. K. A.

rozwojowymi drzew. Do takich grzybów należą: *Amanita muscaria* – muchomor czerwony, *Cenococcum geophilium* – czerniak pospolity, *Hebeloma crustuliniforme* – włośnianka rosista, *Laccaria bicolor* – lakówka dwubarwna, *Laccaria laccata* – lakówka pospolita, *Pisolithus arhizus* – purchatnica piaskowa, *Rhizopogon roseolus* – piestrówka różowa, *Scleroderma citrinum* – tęgoskór pospolity, *Suillus bovinus* – maślak sitarz, *Suillus collinitus* – maślak rdzawobrzązowy, oraz inne.

W Polsce do masowego wytwarzania biopreparatów grzybów ektomikoryzowych używa się obecnie szczepów grzyba *Laccaria laccata*, *Laccaria bicolor* i *Hebeloma crustuliniforme*. Testowane są również biopreparaty z innymi gatunkami grzybów.

Postęp badań, głównie w Katedrze Fitopatologii Leśnej UR w Krakowie pod kierunkiem prof. dr hab. Stefana Kowalskiego, nad wprowadzeniem do praktyki leśnej biopreparatów z innymi gatunkami grzybów oraz szczepami tych gatunków dostosowanymi do miejsca sadzenia oraz tolerancji na różne czynniki stresujące, jest obiecujący. Pozwala to założyć, że w najbliższych latach PGL Lasy Państwowe będą w posiadaniu technologii umożliwiających zwielokrotnienie produkcji biopreparatów o większej różnorodności gatunkowej i szczepowej. Równolegle w kilku ośrodkach naukowych bada się w ryzosferze towarzyszące mikoryzom bakterie, inicjujące powstanie i stymulujące rozwój mikoryzy. Wspomagają one mikoryzę i potocznie są nazywane „helperami” (z angielskiego mycorrhizal helper bacteria – MHB). Helpery są specyficzne i selektywne dla określonego rodzaju grzyba, a nie rośliny. Z dotychczasowych badań wynika, że bakterie te mają duży wpływ na aktywność korzenia i jego przygotowanie na przyjęcie symbionta grzybowego oraz utworzenie mikoryzy. Przy ich udziale odbywa się proces doboru (rozpoznania) między rośliną i grzybem. Jest to pierwszy, bardzo istotny etap procesu, prowadzący do symbiozy. Te specyficzne bakterie mogą także wspomagać odżywianie grzybów ektomikoryzowych i ich wzrost w stadium przedsymbiotycznym, kiedy grzybnia znajduje się już w glebie, ale nie nawiązała jeszcze ścisłego związku z rośliną. Bakterie typu MHB modyfikują także pod względem fizykochemicznym glebę w ryzosferze ułatwiając w ten sposób infekcję mikryzową. Procesy te polegają na lokalnej zmianie pH gleby, wiązaniu niektórych jonów służących bakteriom do produkcji substancji fenolowych, czy też mikrocząsteczkowych peptydów zwanych sideroforami, mających także duże znaczenie w pobieraniu przez roślinę różnych kationów, m.in. żelaza. Bakterie MHB mogą inicjować i przyspieszać kiełkowanie zarodników, sklerocjów lub innych form spoczynku, niezbędnych do przetrwania i rozprzestrzenienia grzyba mikoryzowego w glebie poprzez wydzielanie różnych związków chemicznych, np. aminokwasów.

Nie bez znaczenia jest fakt, że niektóre bakterie MHB wytwarzają antybiotyki i za ich pośrednictwem mogą hamować rozwój grzybów patogenicznych w mikoryzosferze. Odrębnym zjawiskiem jest występowanie bakterii w owocnikach grzybów mikoryzowych, a zwłaszcza bakterii wiążących azot z powietrza. Przypuszcza się, że stymuluje to obfite zarodnikowanie, gdyż do ich wytworzenia wykorzy-

stywane są duże ilości azotu. Zastosowanie bakterii typu MHB w wytwarzaniu i przygotowywaniu do użycia biopreparatów mikoryzowych z żywą grzybnią wegetatywną mogłoby mieć ważne znaczenie w praktyce leśnej.

Przypuszcza się też, że zastosowanie tych bakterii może znacznie oszczędzić ilość niezbędnie potrzebnego do szczepień *inokulum* grzyba mikoryzowego, a także wpłynąć na polepszenie jakości materiału szkółkarskiego i jego przydatności do zalesień, szczególnie gleb zdegradowanych. Tak więc hodowla bakterii typu MHB powinna się odbywać równolegle z produkcją biopreparatów i być włączona w technologię mikoryzacji. Problem polega na tym, że obecna wiedza o nich jest fragmentaryczna. W Polsce bada to, między innymi, prof. dr hab. Hanna Dahm z Uniwersytetu im. Mikołaja Kopernika w Toruniu. Według uzyskanej informacji, Zakład Mikrobiologii tegoż Uniwersytetu dysponuje już wyizolowanymi szczepami bakterii, które można byłoby użyć w procesie produkcji biopreparatów mikoryzowych i sterowanej mikoryzacji. Symbioza w glebowym środowisku leśnym zachodzi na wielu poziomach. Dlatego potrzebne są dalsze badania, a przede wszystkim ścisła współpraca specjalistów od mikoryzy z mikrobiologami i leśnikami.

14.4. Zarys technologii mikoryzacji sterowanej oraz podstawowe różnice w hodowli niemikoryzowanych i mikoryzowanych sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym

Szkółkarstwo kontenerowe otworzyło w Polsce drogę wdrożeniu technik i technologii szczepień sadzonek drzew leśnych biopreparatami mikoryzowymi. Dalszym, już rozpoczętym, etapem jest praktyczna i na dużą skalę uruchomiona hodowla mikoryzowanego materiału sadzeniowego.

W polskim leśnictwie na skalę gospodarczą stosowano dotychczas głównie biopreparaty z żywą grzybnią wegetatywną na bazie grzyba *Laccaria bicolor* oraz biopreparat z grzybem *Hebeloma crustuliniforme*. Testowane były też biopreparaty innych gatunków grzybów, które w najbliższym czasie zostaną wprowadzone do produkcji. Technologie mikoryzacji sadzonek w obu przypadkach, tj. zarówno przy użyciu biopreparatu z grzybem *Laccaria*, jak i *Hebeloma*, zostały dostosowane do technologii i cyklu hodowli sadzonek w szkółce kontenerowej. Biopreparat dodawany jest w odpowiedniej proporcji do substratu bezpośrednio przed napełnianiem i obsiewem kontenerów. Podjęto również próby hodowli sadzonek mikoryzowanych w różnego typu pojemnikach poza szkółkami kontenerowymi oraz szczepień mikoryzowych w inspektach, skrzyniach, tunelach foliowych i szklarniach. Pierwsze tego typu próby dały pozytywny wynik. Świadczy o tym duża udatność i dobra jakość sadzonek, a także zadowalający stopień zasiedlenia systemów korzeniowych przez grzyby podawane w szczepionce. Z dużym uogólnieniem (ze względu na ochronę know-how) można powiedzieć, że niezależnie od

wartości mikoryzogennych biopreparatu i jego żywotności, uzyskanie dobrych wyników zamierzonej mikoryzacji, tj. wysokiego procentu zmikoryzowania sadzonek oraz stopnia zmikoryzowania systemu korzeniowego, zależy w dużym stopniu od:

- utrzymania odpowiednich, ściśle założonych reżimów sanitarnych i technologicznych;
- odpowiedniej jakości oraz składu substratu hodowlanego, a szczególnie jego czystości mikrobiologicznej, pojemności powietrznej i wodnej oraz pH;
- terminu siewu, który jest zarazem terminem wprowadzania biopreparatu do substratu hodowlanego;
- właściwego nawożenia mineralnego;
- odpowiedniego nawadniania i utrzymania optimum temperatury, zwłaszcza w początkowej fazie hodowli sadzonek.

Do hodowli sadzonek mikoryzowanych używa się sterylizowanego torfu o ściśle określonych właściwościach (niski stopień rozkładu, wysoka pojemność wodna i powietrzna, stałe pH na poziomie 4,5). Jest to zatem torf zalecany do szkółek kontenerowych. W celu poprawy pojemności wodnej i powietrznej do surowego torfu dodaje się około 10% wermikulitu (dodatkowe 5% wprowadzane jest wraz z biopreparatem). Zalecany jest wermikulit o frakcji 3–8 mm. Wermikulit, dzięki swojej płytkowej strukturze i właściwościom fizycznym, poprawia warunki rozwoju grzybni. Strzępki grzybni dobrze rozwijają się pomiędzy płytkami wermikulitu. Jeśli 15% dodatek wermikulitu nie pozwoli uzyskać pojemności powietrznej substratu na poziomie 20%, dodawany jest perlit. Proporcje torfu oraz pozostałych komponentów substratu muszą być na bieżąco ustalane i monitorowane. Zalecany poziom kwasowości substratu to 4,5–5,0 pH. Trzeba pamiętać, że wermikulit o obojętnym odczynie podnosi nieznacznie pH substratu. Nie bez znaczenia pozostaje ponadto odczyn wody używanej do nawadniania. Zdecydowana większość



Owocniki grzyba *Laccaria bicolor* w sąsiedztwie sadzonki na uprawie rok po wysadzeniu – sadzonka była w szkółce celowo tym grzybem mikoryzowana (uprawa doświadczalna na gruntach po rekultywacji) – fot. K. A.



Sadzonka dębu szypułkowego poddana sterowanej mikoryzacji grzybem *Hebeloma crustuliniforme* – bryłkę korzeniową obficie przerasta grzybnia – fot. K. A.

grzybów mikoryzowych jest acydofilna. Poziom kwasowości substratu hodowlanego musi być systematycznie kontrolowany. Kwasowość substratu powinna przede wszystkim odpowiadać wymaganiom gatunku drzewa poddanego zabiegowi sterowanej mikoryzacji (Kowalski i inni, 2007). Stosowany w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie, do produkcji substratu torf z torfowisk wysokich w Estonii jest wolny od zarodników grzybów patogennych i może być używany do hodowli sadzonek mikoryzowanych grzybami z rodzaju *Hebeloma* sp. bez sterylizacji torfu parą wodną. Ważnym zagadnieniem jest nawożenie siewek poddanych mikoryzacji. Grzyby ektomikoryzowe, na początkowym etapie rozwoju symbiozy, są wrażliwe na wysoką zawartość związków azotowych. Hodowla siewek zmi-

koryzowanych wymaga specjalnego nawożenia przy użyciu nawozów wolno działających o przedłużonym okresie uwalniania związków mineralnych. Szczególnie ważne jest zachowanie odpowiednich proporcji pomiędzy składnikami nawozu i ich właściwe dawkowanie przez cały okres wegetacyjny. W przypadku stwierdzenia niedoboru składników mineralnych, objawiającego się chlorozą aparatu asymilacyjnego, konieczne jest zastosowanie nawożenia płynnego – dolistnego nawozem o odpowiednim składzie. Przy uzupełniającym nawożeniu dolistnym należy stosować małą koncentrację nawozu tak, aby roztwór nawozu nie przekraczał konduktywności 10 μ S. Przy nawożeniu roztworem nawozu o konduktywności 0,6–0,8 μ S zabieg powinien być powtarzany co 3–5 dni. Należy pamiętać, że częstotliwość i intensywność nawożenia zależy nie tylko od stadium rozwojowego siewek, ale także warunków pogodowych. Wysoka temperatura, częste nawadnianie bądź opady deszczu przyspieszają wymywanie nawozów z bryły korzeniowej. Ważnym elementem jest utrzymanie odpowiedniej wilgotności substratu hodowlanego. Szczegółowe warunki i zalecenia ujęte są w instrukcji, objętej klauzury

lą poufności. Personel w każdej szkółce, w której będzie rozpoczynana hodowla sadzonek mikoryzowanych, musi być odpowiednio przeszkolony.

Biopreparat z grzybem *Laccaria bicolor* produkowany jest z zastosowaniem technologii francuskiej firmy ROBIN, a biopreparat grzyba *Hebeloma crustuliniforme* według polskiej technologii, której głównym autorem jest prof. dr hab. Stefan Kowalski z Katedry Fitopatologii Leśnej Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Technologia ta jest nadal rozwijana i doskonalona. Dobrze rokują też udane testy „polowe” z innymi gatunkami grzybów mikoryzowych. Dotychczas pomyślnie testy przeprowadzono z sześcioma gatunkami grzybów z rodzaju *Hebeloma* sp. W Nadleśnictwie Rudy Raciborskie od kilku lat prowadzone są badania terenowe z użyciem sadzonek mikoryzowanych różnymi gatunkami grzybów. Badana jest ich przydatność na powierzchniach rekultywowanych. Przeprowadzono także udane próby (S. Kowalski) mikoryzacji sadzonek drzew leśnych kilkoma gatunkami grzybów z rodzaju *Rhizopogoni Suillus*. Instytut Badawczy Leśnictwa w Warszawie rozpoczął badania nad możliwością mikoryzacji sadzonek dębu rodzimymi gatunkami grzybów z rodzaju *Tuber* (trufla). W tym zakresie prowadzone są badania pod kierunkiem prof. M. Rudawskiej w Polskiej Akademii Nauk w Kórniku koło Poznania. Lasy Państwowe zamierzają wdrożyć 10-letni program rozwoju mikoryzacji. W programie zakładane jest opracowanie możliwości zakładania tzw. ogrodów grzybowych, m.in. na przydomowych działkach, co otworzy szkółkarstwu kontenerowemu drogę do drobnego odbiorcy indywidualnego. Do roku 2001 biopreparat wg technologii francuskiej był wytwarzany tylko w laboratorium szkółki kontenerowej w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie i tam stosowany przy hodowli sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym.

W 2001 roku powstały dwa nowe laboratoria do produkcji biopreparatów według polskiej technologii: w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie i Leśnym Banku Genów w Kostrzycy.

W ciągu dziesięciu lat (1998–2008) wyhodowano w szkółce kontenerowej w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie blisko dwanaście milionów sadzonek zmikoryzowanych oboma biopreparatami. Biopreparatu z grzybem *Laccaria* użyto do mikoryzacji 4 gatunków, tj. sosny zwyczajnej, modrzewia europejskiego, buka zwyczajnego oraz dębu szypułkowego, a z grzybem *Hebeloma* 7 gatunków – oprócz już wymienionych, także świerka pospolitego, brzozy brodawkowatej i lipy drobnołistnej uzyskując przeciętnie ponad 90% sadzonek zmikoryzowanych. Efektywność mikoryzacji była zdecydowanie większa przy użyciu biopreparatu z grzybem *Hebeloma* niż *Laccaria*. Również pierwszy z wymienionych grzybów dał większy, blisko 99%, stopień zmikoryzowania systemu korzeniowego. Bryłka korzeniowa sadzonek mikoryzowanych grzybem *Hebeloma crustuliniforme* jest bardzo mocno przerośnięta białą grzybnią, tworzącą zwartą całość. Korzenie, w odróżnieniu od sadzonek niemikoryzowanych, nie wyrastają poza pojemnik przez szczeliny boczne czy ażurowe dno. W 2008 roku, w Lasach Państwowych wyhodowano

Tabela 12. Porównanie kosztów mikoryzacji sadzonek w szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Rudy Raciborskie w 2000 r.

Wyszczególnienie	Technologia	
	francuskiej firmy ROBIN (zł/szt.)	polska, prof. S. Kowalskiego (zł/szt.)
Całkowity koszt produkcji przypadający na 1 sadzonkę (wraz z kosztami amortyzacji laboratorium i wyposażenia)	0,12	0,08
Koszty inokulacji dla 1 mln sadzonek: – sterylizacja substratu 5100 zł – komponenty 23 500 zł – robocizna 11 000 zł Razem 39 600 zł	0,04	0,04
Całkowity koszt mikoryzacji jednej sadzonki	0,16	0,12



Owocniki *Laccaria bicolor* w sąsiedztwie buka, które pojawiły się rok po wysadzeniu w uprawie mikoryzowanej sadzonki – fot. K. A.

ponad 10 milionów sztuk sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym, mikoryzowanych. W programie mikoryzacji brało dotychczas udział blisko 70 nadleśnictw.

Koszt mikoryzacji jednej sadzonki z zakrytym systemem korzeniowym, w cenach z roku 2000, w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie obrazuje tabela 12.

W 2008 roku koszty mikoryzacji grzybem *H. crustuliniforme* według technologii prof. S. Kowalskiego wynosiły średnio 0,10 zł na jedną sadzonkę. Z wyhodowanych dotąd sadzonek zmikoryzowanych w nadleśnictwach: Rudy Raciborskie, Świerklaniec i Chrzanów (RDLP Katowice) założone zostały, wg metodyki ówczesnego nadleśniczego dr. inż. Kazimierza Szabli, uprawy porównawcze na glebach o różnym stopniu degradacji oraz gruntach polnych. Wyniki tych badań zostały opublikowane (Szabla, 2005).

Należy mieć świadomość, że mikoryzacja sadzonek nie jest lekarstwem na wszystkie problemy związane z degradacją gleb leśnych oraz zalesianiem gruntów polnych, zwłaszcza wobec olbrzymiego bogactwa gatunkowego w środowisku naturalnym i złożoności życia biologicznego gleb oraz wzajemnych zależności organizmów. W naturalnych warunkach uczestniczą one aktywnie w obiegu materii i żyją we względnej równowadze, a przez to wpływają na zdrowie lasu. Przy wszelkiej zatem ingerencji w środowisko należy przewidywać możliwe skutki i mieć świadomość występowania zaburzeń w tak złożonym układzie, jakim jest środowisko leśne. Jednak ingerencja ta już nastąpiła i stwarza wiele problemów w zagospo-



Owocniki *Laccaria bicolor* w sąsiedztwie zmikoryzowanej sadzonki świerka posadzonej rok wcześniej w uprawie – fot. K. A.

darowaniu powierzchni z glebami w różnym stopniu zdegradowanymi. Wszędzie zatem tam, gdzie organizmy glebowe, warunkujące prawidłowe funkcjonowanie sadzonek, zostały zniszczone, zainicjowanie mikoryzacji sterowanej jest pożądane i korzystne, a często wręcz niezbędne do uzyskania pozytywnych rezultatów hodowlanych.

Na polskim rynku szkółkarskim w ostatnich latach pojawiło się w sprzedaży wiele biopreparatów z (jak zapewniają etykiety na opakowaniach) grzybami mikoryzowymi. Wrywkowe badanie niektórych biopreparatów wskazuje jednoznacznie na brak w nich gatunków grzybów tworzących ektomikoryzy. Aktualna wiedza z zakresu fizjologii niektórych gatunków grzybów, np. borowika (*Boletus* sp.) dowodzi, że reklamowane i rozprowadzane biopreparaty w zdecydowanej większości przypadków są przejawem nieuczciwej działalności.

15. Wyniki hodowlane z upraw doświadczalnych, zakładanych z sadzonek z odkrytym i zakrytym systemem korzeniowym, wyhodowanych różnymi technikami

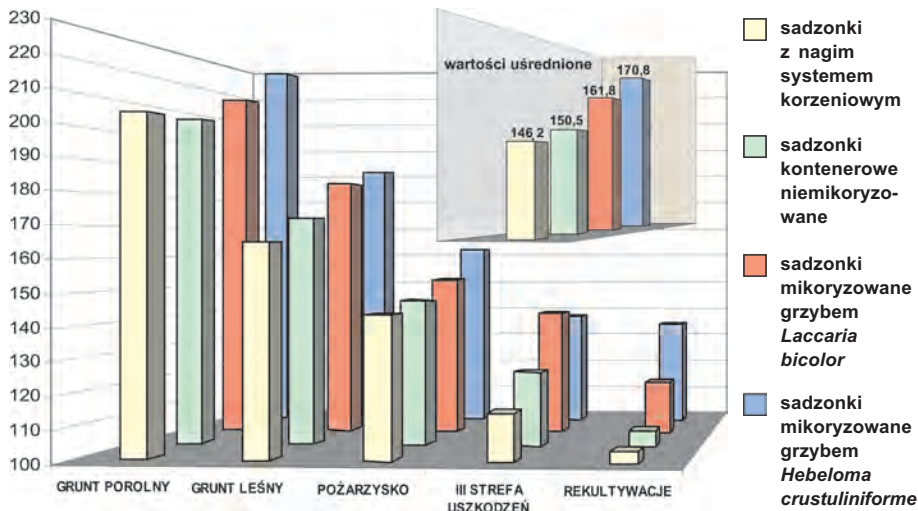
Do początków lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku w Lasach Państwowych w ponad 99% hodowano sadzonki w szkółkach gruntowych. Hodowla sadzonek w pojemnikach miała miejsce na niewielką skalę. Z chwilą powstania w dziewięćdziesiątych latach XX w. pierwszych szkółek kontenerowych w środowisku leśników dosyć często pojawiały się krytyczne opinie co do sensowności tych, stosunkowo kapitałochłonnych, inwestycji. W leśnictwie polskim nie było dotąd badań nad przyrodniczą i ekonomiczną zasadnością budowy szkółek kontenerowych oraz stosowania sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym. Po wdrożeniu w 1998 roku w szkółce kontenerowej w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie do praktyki leśnej technologii sterowanej mikoryzacji sadzonek, w 1999 roku rozpoczęto badania w tym zakresie (Szabla). W okresie od 1999 do 2002 roku założono ponad 20 upraw doświadczalnych w różnych warunkach siedliskowych, a mianowicie na:

- zrębach w I i II strefie uszkodzeń przemysłowych,
- powierzchniach leśnych w II i III strefie uszkodzeń przemysłowych,
- powierzchniach leśnych o dużym stopniu degradacji imisjami przemysłowymi w V strefie uszkodzeń przemysłowych,

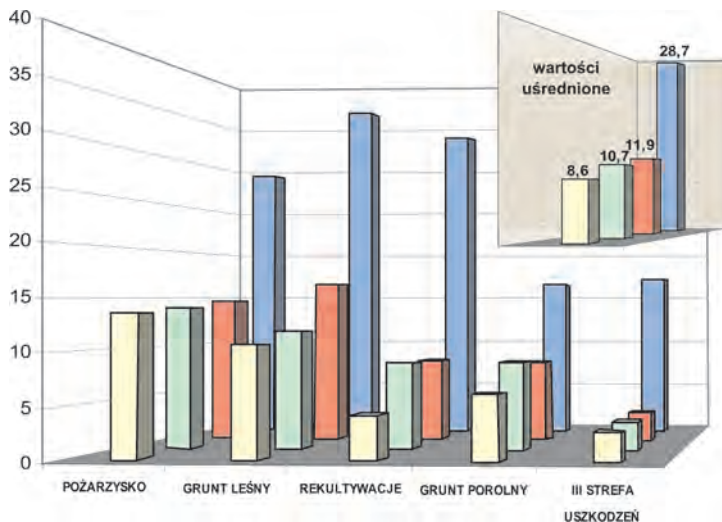
- powierzchniach leśnych po całkowitych pożarach,
- gruntach rekultywowanych po wyrobiskach piasków,
- gruntach porolnych.

Na uprawach posadzono sadzonki z odkrytym systemem korzeniowym oraz zakrytym systemem korzeniowym wyhodowane techniką kontenerową, niemikoryzowane i mikoryzowane dwoma gatunkami grzybów, specyficznych dla wczesnych stadiów rozwojowych drzew, a mianowicie *Laccaria bicolor* i *Hebeloma crustuliniforme*, takich gatunków drzew leśnych jak: sosna zwyczajna, dąb szypułkowy, buk zwyczajny, brzoza brodawkowata, modrzew europejski i świerk pospolity. Celem badań było uzyskanie odpowiedzi na pytanie, czy występują istotne różnice w cechach morfologiczno-rozwojowych oraz przeżywalności sadzonek głównych gatunków lasotwórczych między tymi rodzajami sadzonek w różnych warunkach środowiskowych oraz w jakich warunkach poszczególne rodzaje sadzonek powinny być stosowane.

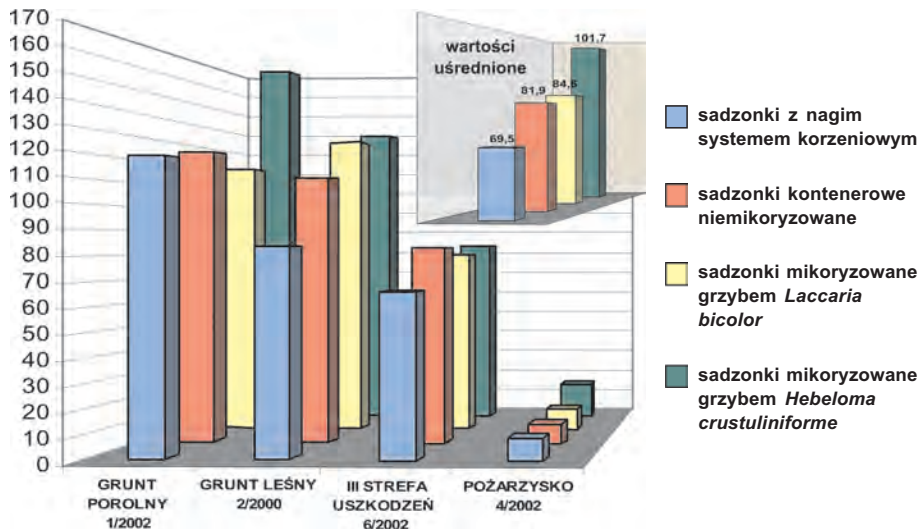
Badania prowadzono przez 5 lat na każdej uprawie. Corocznie, po zakończeniu okresu wegetacyjnego, mierzono i oceniano m.in. takie cechy jak: przyrost wysokości sadzonek, przyrost grubości w szyi korzeniowej, sumę przyrostu pędów bocznych ostatniego okółka u sosny oraz przeżywalność sadzonek w uprawach w różnych kombinacjach doświadczalnych. Szczegółowe wyniki badań opublikowane zostały w 2007 r., w podręczniku „Ektomikoryzy – Nowe biotechnologie w szkółkarstwie leśnym”. Z badań tych wynika, że sadzonki z zakrytym systemem korzeniowym wszystkich badanych gatunków, z wyjątkiem brzozy brodawkowatej, wykazywały większy przyrost zarówno wysokości jak i grubości w szyi korzeniowej, a różnice te, zwłaszcza w pierwszych trzech latach od wysadzenia, sięgały 50 i więcej procent. Sadzonki z zakrytym systemem korzeniowym w uprawach były zdrowsze, wyraźnie lepiej odżywione (zwłaszcza mikoryzowane), dynamiczne i żywotne. Zgryzane przez zwierzynę płową zdecydowanie lepiej się regenerowały. Przeżywalność w uprawach sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym wszystkich badanych gatunków w różnych warunkach środowiskowych była przeciętnie od 18 do 25% większa od sadzonek z odkrytym systemem korzeniowym ze szkółek gruntowych. Największą przeżywalnością w wszystkich uprawach cechowały się sadzonki mikoryzowane grzybem *Hebeloma crustuliniforme*. Po 5 latach maksymalne wypadki sadzonek szczepionych tym grzybem nie przekraczały 5–9% i były średnio o 5% mniejsze niż u sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym niemikoryzowanych. Tak więc przeżywalność sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym niepoddanych zabiegowi sterowanej mikoryzacji była średnio o 20–25% większa, a mikoryzowanych średnio o blisko 30% większa od sadzonek wysadzonych w uprawy z nagim systemem korzeniowym u wszystkich badanych gatunków z wyjątkiem brzozy. Na powierzchniach szczególnie trudnych, zwłaszcza zdegradowanych imisjami przemysłowymi czy rekultywowanych po eksploatacji kopalni, różnica w przeżywalności po 5 latach sięgała nawet 50 i więcej procent na korzyść mikoryzowanych sadzonek z zakry-



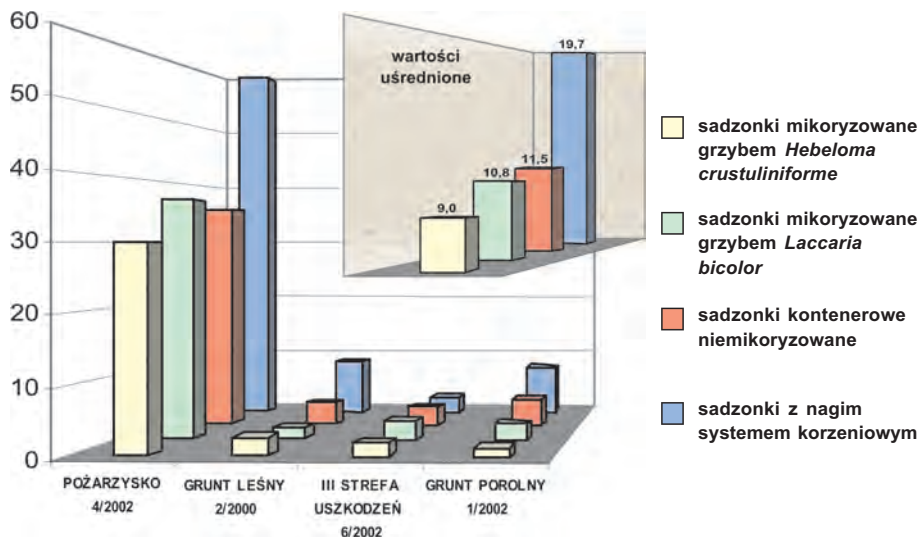
Średni przyrost wysokości (cm) sadzonek sosny po 5 latach w poszczególnych grupach upraw w zależności od kategorii gruntu



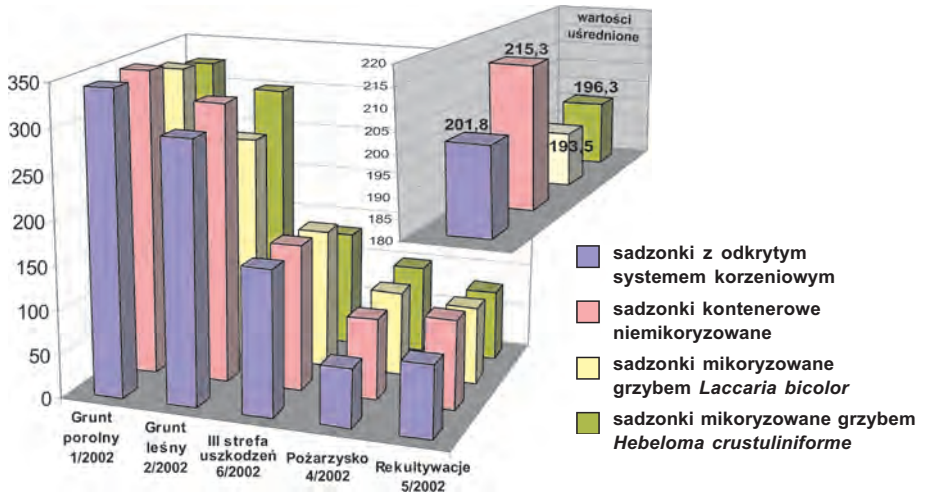
Wypady po pięciu latach (%) sadzonek sosny w poszczególnych grupach upraw w zależności od kategorii gruntu



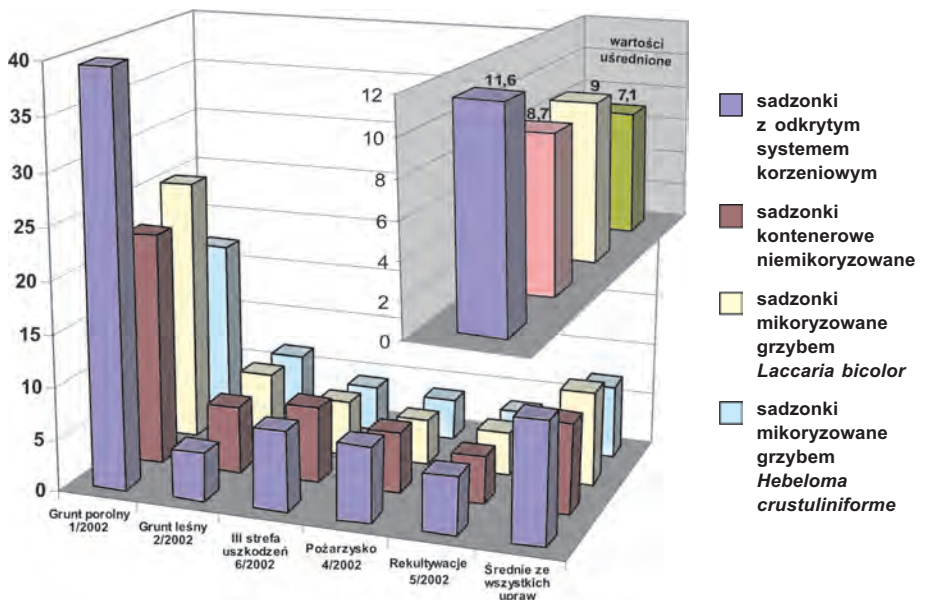
Średni przyrost wysokości (cm) pięcioletnich sadzonek dębu szypułkowego w poszczególnych grupach upraw z lat 1999–2002 w zależności od kategorii gruntu



Wypady po pięciu latach (%) sadzonek dębu szypułkowego w poszczególnych grupach upraw w zależności od kategorii gruntu



Średni przyrost średnicy w szyi korzeniowej (mm) pięcioletnich sadzonek brzozy brodawkowatej w poszczególnych grupach upraw w zależności od kategorii gruntu



Wypadki po pięciu latach (%) sadzonek brzozy brodawkowatej w poszczególnych grupach upraw w zależności od kategorii gruntu

tym systemem korzeniowym. Badania potwierdziły zatem szczególną przydatność sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym w trudnych warunkach glebowych. Wykazały także, że mikoryzacja sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym miała istotny wpływ na różnicowanie się parametrów wzrostowych i żywotności sadzonek w uprawach. Sadzonki sosny, dębu oraz buka, szczepione grzybami mikoryzowanymi, w każdych warunkach środowiskowych i na każdym etapie wzrostu w uprawach osiągały wyższe przyrosty na wysokość, a także grubość szyi korzeniowej.

Największe różnice w przyrostach występowały w pierwszych trzech latach i w przypadku sosny przyrost na wysokość był często ponad dwukrotnie większy u sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym mikoryzowanych, niż u sadzonek z odkrytym systemem korzeniowym. Zdecydowanie lepsze rezultaty w rozwoju i przeżywalności w uprawach środowiskowych uzyskiwały sadzonki mikoryzowane polskim biopreparatem z grzybem *Hebeloma crustuliniforme*. Istotnych różnic w przyrostach pomiędzy sadzonkami z odkrytym i zakrytym systemem korzeniowym, zarówno mikoryzowanych jak i niemikoryzowanych, nie stwierdzono jedynie u sadzonek brzozy brodawkowatej. Wyniki badań pokrywają się z oceną nadleśnictw stosujących na większą skalę sadzonki ze szkółek kontenerowych. Potwierdzeniem efektów stosowania mikoryzowanych sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym są wyniki z ocen 10-letnich upraw w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie, na których w ostatnich dziesięciu latach wysadzono ponad 10 mln sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym, w znacznym procencie mikoryzowanych. Rozmiar poprawek w tym nadleśnictwie nie przekracza 2% powierzchni upraw.

16. Terminy i technika sadzenia

Cykl hodowlany większości gatunków sadzonek w szkółkach kontenerowych trwa jeden okres wegetacyjny, więc mogą być wysadzone na uprawach jeszcze jesienią tego samego roku. Z gatunków iglastych najwcześniej kończy przrastać na wysokość sosna. Modrzew w sprzyjających warunkach rośnie nawet do końca października. Dąb, po drugim pędzeniu świętojańskim, w połowie lipca kończy przyrost na wysokość. Buk i grab nieco później, w sierpniu. Długo rośnie brzoza i olsza, a najdłużej klony – zwyczajny i jawor. Zakończenie przyrostu, wykształcenie pączków i zdrewnienie pędów zależy od warunków, w jakich hodowane są sadzonki – od dostępności wody i pokarmu, ale w największym stopniu od temperatury i długości dnia w stosunku do nocy. Istotnym warunkiem umożliwiającym sadzenie sadzonek hodowanych w kontenerach jest dostateczne przerośnięcie substratu przez system korzeniowy i związanie bryłki. Zależy to nie tylko od wa-



Kostur do sadzenia sadzonek z bryłką (produkcji fińskiej firmy LANNEN)

glebach sadzonki można sadzić praktycznie przez kilka miesięcy w roku, czyli jesienią od momentu związania bryłki korzeniowej, a wiosną do okresu 1–2 tygodni przed pędzeniem sadzonek na wysokość.

Aby nie zniszczyć bryłki korzeniowej, która jest główną zaletą tego typu hodowli sadzonek, nie wolno ich sadzić pod szpadel, ani żadną inną techniką, która może spowodować zniszczenie ukształtowanej bryłki. Najlepiej do tego celu używać różnego rodzaju kosturów. W krajach skandynawskich w powszechnym użyciu jest kostur rurowy, zakończony stożkiem, który po wbiciu w podłoże rozchyla glebę, tworząc przestrzeń dla sadzonki wpuszczanej przez rurę. Kostur wyciąga się, po czym nogami udeptyje otoczenie sadzonki.

Kostury te nadają się wyłącznie do gleb lekkich i murszowych, są więc u nas nieprzydatne. Dlatego w Polsce używa się innych kosturów. Jeden z modeli opracowano w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie (Jelocha, Fidyk). Za jego pomocą wykrawa się w glebie dołek o kształcie bryłki korzeniowej.

runków klimatycznych i gatunku, ale również od objętości pojemnika i intensywności nawożenia dolistnego. Stosunkowo najwcześniej przerastają substrat korzenie sosny i dębu, a najpóźniej buka i olszy. Najdogodniejszym terminem sadzenia jesiennego jest wczesna jesień, a nawet późne lato, gdyż wtedy korzenie sadzonek, które rosną dłużej niż część nadziemna, przerastają z bryłki wrastając w grunt, na którym zostały posadzone. Dobrą porą będzie koniec sierpnia lub wrzesień, pod warunkiem jednak, że sadzonki zostaną posadzone w gleby wilgotne, a w tym okresie w Polsce panują często długotrwałe susze. Nie należy natomiast sadzić jesienią w glebach wilgotnych murszowych lub torfowych, gdyż najczęściej w czasie mroźnych zim kończy się to wysadzeniem sadzonek przez wodę zamarzającą w substracie. Na innych



Kostur do sadzenia sadzonek kontenerowych, opracowany w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie



Kostur wycina w glebie jamkę o takim kształcie, jaki ma bryłka korzeniowa sadzonki

Następne wbicie kostura wypycha glebę, która pozostała w nim z wykrawania poprzedniego dołka itd. Bryłkę korzeniową sadzonki wkłada się do wyciętego dołka, przykrywa 1–2 cm warstwą gleby, po czym lekko przydeptuje.

Bryłka przylega ściśle do gleby. W Nadleśnictwie Oleszyce stosuje się kostury wykrawające dołek o innym kształcie, dostosowanym do wielkości bryłki korzeniowej z kontenera styropianowego. Do sadzenia sadzonek trzeba używać kosturów o takim kształcie, jaki ma bryłka korzeniowa. Zastosowanie kosturów znacznie usprawniło sadzenie. Pracochłonność, w stosunku do technik stosowanych głównie przy sadzonkach z odkrytym systemem korzeniowym, zmniejszyła się prawie o 50%. Warto podkreślić, że w Szwecji i Finlandii jednym z istotnych argumentów ekonomicznych, przemawiających na korzyść sadzonek z kontenerów, jest wzrost wydajności pracy, wynikający z zastosowania prostego oprzyrządowania do sadzenia. Są nim wspomniane kostury, a także nosidla i stelaże do przenoszenia sadzonek w kasetach na powierzchniach sadzenia. Z myślą o trudnych warunkach górskich, w Nadleśnictwie Oleszyce opracowano proste i funkcjonalne stelaże.

17. Zakres zastosowania sadzonek z bryłką

Jak już wcześniej zaznaczono, w Europie pionierami hodowli sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym byli leśnicy z krajów skandynawskich. Oprócz uwarunkowań ekonomicznych (stałe rosnące stawki za pracę fizyczną), główną motywacją były trudne warunki środowiskowe i poszukiwanie takich rozwiązań, które zwiększyłyby efektywność odnowień.

W Austrii, Francji czy Szwajcarii sadzonek z bryłką używa się od lat do odnowień w wysokich partiach Alp. Użycie tam sadzonek z odkrytym systemem korzeniowym jest bardzo mało efektywne i nieopłacalne. Dopiero sadzonki z bryłką, zaopatrzone w mikoryzę, pozwoliły na wprowadzenie lasu nawet w te partie gór, gdzie nie było to możliwe od kilkuset lat.

Wraz z niepohamowanym rozwojem przemysłu w wielu regionach doszło do daleko posuniętej degradacji gleb, nie tylko leśnych. Próby odnowień takich powierzchni były często mało efektywne. Sadzonki z odkrytym systemem korzeniowym wypadały w dużym procencie, już w pierwszym roku po posadzeniu, uprawy wymagały ciągłych poprawek lub przepadały całkowicie. Tak było np. w Górach Izerskich w latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku.

Obszar zastosowania sadzonek z bryłką to przede wszystkim tereny: trudne, położone wysoko w górach, zdegradowane emisjami przemysłowymi lub inną działalnością człowieka, zatrzciniczone i zadarnione, po pożarach, zwłaszcza



Trudne do odnowienia, rekultywowane tereny po działalności kopalni piasku



Trudne do odnowienia tereny przemysłowe Górnego Śląska



W takich warunkach mikoryzowane sadzonki z zakrytym systemem korzeniowym mają zdecydowanie większe szanse na przeżycie niż sadzonki tradycyjne

wielkoobszarowych i różnego rodzaju nieużytki. Grunty porolne z kolei to domena mikoryzowanych sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym.

Można zatem założyć, że sadzonki z zakrytym systemem korzeniowym powinny być stosowane wszędzie tam, gdzie użycie innych sadzonek nie przynosi pozytywnych efektów lub bardzo dużo kosztuje.

18. Zalety i wady hodowli sadzonek z bryłką metodą kontenerową

W Polsce dominują szkółki gruntowe, na otwartych powierzchniach, gdzie przeważa metoda hodowli sadzonek z odkrytym systemem korzeniowym. Tradycyjne szkółki w Lasach Państwowych są właściwie zorganizowane i wyposażone oraz kierowane przez dobrze przygotowaną kadrę szkółkarzy. Okazuje się jednak, że coraz częściej sadzonki z odkrytym systemem korzeniowym użyte do odnowień i zalesień przybywających powierzchni zdegradowanych źle rosną lub wypadają, co pociąga za sobą kosztowne poprawki i uzupełnienia. Stąd potrzeba dysponowania odporniejszymi sadzonkami (właśnie z bryłką korzeniową i mikoryzacją).

W związku z tym podejmuje się w Lasach Państwowych decyzje o budowie kolejnych szkółek kontenerowych. Najistotniejsze zalety, to:

- możliwość szybkiego reagowania (większość gatunków hodowanych w jednorocznym cyklu) na nieprzewidziane zwiększenie zapotrzebowania na sadzonki, np. w wyniku klęsk;
- możliwość precyzyjnego zaplanowania (tylko z jednorocznym, a często zaledwie kilkumiesięcznym, wyprzedzeniem) rozmiaru hodowli;
- intensywność produkcji sadzonek zwiększona około 6-krotnie w stosunku do technologii na szkółkach polowych (z 1 ara szkółki polowej uzyskujemy 4 tys. sadzonek, a z 1 ara kontenerowej od 14 do 30 tys. sadzonek);
- zapewnienie dużej udatności nasadzeń, zwłaszcza na powierzchniach trudnych (sadzonki z bryłką przyjmują się o wiele lepiej i nie przechodzą szoku posadzeniowego);
- znaczne zmniejszenie rozmiaru poprawek;
- skrócenie okresu pielęgnacji upraw co najmniej o jeden rok, z uwagi na znacznie silniejszą dynamikę wzrostu sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym w stosunku do upraw z sadzonek tradycyjnych;
- wyeliminowanie błędów sadzenia (podwijanie korzeni, za płytkie lub głębokie sadzenie);
- wyeliminowanie uszkodzeń i strat w wyniku przesuszania systemu korzeniowego (w szkółkarstwie tradycyjnym powstają one podczas wyjmowania sadzonek z gleby, sortowania, przewożenia i sadzenia);
- zmniejszenie kosztów sadzenia, nawet o 50%, dzięki użyciu specjalnych kosturów;
- lepsza adaptacja sadzonek po posadzeniu, dzięki powolnemu przerastaniu korzeni z bryłki do otaczającej gleby;
- zmniejszenie liczby sadzonych na hektar sadzonek, nawet o około 30%, z uwagi na dużą udatność;
- wydłużenie okresu sadzenia – z kilku tygodni do kilku miesięcy – co jest niezwykle istotne w wysokich partiach gór, czy przy dłuższym okresie niekorzystnej pogody;
- możliwość zabezpieczenia sadzonek repelentami w szkółce, jak również zastosowania preparatów chemicznych, chroniących sadzonki przed szkodnikami, co znacznie obniża koszty tych zabiegów;
- możliwość rezygnacji w niektórych przypadkach z przygotowania gleby;
- możliwość wyhodowania dobrze zmikoryzowanych sadzonek, gwarantujących przeżycie mikoryzy i jej dalszy rozwój w uprawie leśnej.

Hodowla sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym ma także wady. Oto najistotniejsze z nich:

- konieczność poniesienia bardzo dużych nakładów inwestycyjnych (co zależy od zaplanowanego wyposażenia i technologii – koszt od kilku do kilkunastu milionów złotych);



Mikoryzowane sadzonki z bryłką to optymalny materiał sadzeniowy do rekultywacji pożarzysk – fot. K. A.



Teren po kopalni piasku poddany rekultywacji leśnej – do tego celu użyto zmikoryzowanych sadzonek z bryłką



Sadzenie na gruntach porolnych sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym, poddanych sterowanej mikoryzacji, znacząco uefektywnia zalesienia (uprawa doświadczalna w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie) – fot. K. A.

- większy (często 2–3-krotnie) koszt jednostkowy sadzonek w stosunku do tych ze szkółek otwartych;
- bardzo duże wymagania jakości podłoża (substratów), drogie i coraz trudniej dostępne (substraty produkowane są głównie na bazie torfu wysokiego, a jego europejskie zasoby są coraz mniejsze i mniej dostępne);
- drogi transport sadzonek;
- zagrożenie trwałą deformacją systemu korzeniowego w przypadku stosowania nieodpowiednich pojemników.

Specyfiką szkółkarstwa kontenerowego jest konieczność zachowania dużej precyzji planowania oraz warunków hodowli. Zasadniczym jednak determinantem rozwoju hodowli sadzonek metodą kontenerową, przy zapewnieniu przyrodniczych wymagań sadzonek, jest ich ekonomiczna opłacalność. Wydaje się, że z uwagi na silną antropopresję w wielu regionach Polski będzie jednak stale rosnąć zapotrzebowanie na sadzonki z zakrytym systemem korzeniowym. Wprowadzenie tej technologii hodowli sadzonek w Lasach Państwowych zdynamizowało badania naukowe i praktyczne wdrażanie ich wyników, szczególnie w zakresie nasiennictwa leśnego. Są one wykorzystywane z sukcesem w całym szkółkarstwie leśnym.

19. Projektowanie szkótek kontenerowych

Charakterystyczną cechą szkótek kontenerowych są znaczące nakłady inwestycyjne, konieczne do poniesienia na etapie ich budowy. Według poziomu cen roku 2008 koszty budowy szkółki kontenerowej sięgają od kilku do kilkunastu milionów złotych. Wysokość nakładów inwestycyjnych znajduje swoje odbicie w późniejszym odpisie amortyzacyjnym. Z chwilą rozpoczęcia produkcji stanowi on istotny, stały składnik jednostkowego kosztu wyhodowania sadzonki. Stąd niezwykle istotne jest, aby nakłady inwestycyjne były wyważone, co pozwoli na zoptymalizowanie odpisu amortyzacyjnego i w konsekwencji jednostkowego kosztu produkcji.

W celu ustalenia odpowiedniej wysokości nakładów inwestycyjnych nieodzowne jest dokładne, rozważne zaplanowanie, a potem zaprojektowanie inwestycji. Z dotychczasowych doświadczeń wynika, że planowanie i projektowanie szkółki kontenerowej powinno odbywać się w czterech etapach.

Pierwszym etapem planowania budowy szkółki kontenerowej jest **decyzja lokalizacyjna**. Należy w tym etapie dokładnie rozpoznać warunki lokalizacyjne przyszłej szkółki kontenerowej. W tym celu powinno się zwrócić uwagę przede wszystkim na:

- potencjalne rynki zbytu sadzonek, w szczególności bliskość obszarów zastosowania sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym, tj. siedlisk zdegradowanych, terenów porolnych przeznaczonych do zalesień, a także przewidzianych do rekultywacji oraz pozostałych omówionych w rozdziale 17;
- odległość od osiedli ludzkich i dostępność siły roboczej;
- odległość od dróg publicznych i szlaków komunikacyjnych;
- warunki klimatyczne, a szczególnie wielkość opadów, pokrywy śnieżnej, wysokość nad poziomem morza i długość okresu wegetacyjnego;
- położenie i konfigurację terenu, a zwłaszcza jego spadki i nierówności, konieczne do niwelowania oraz występowanie terenów zalewowych;
- rodzaj gleby, a w szczególności stopień przepuszczalności gruntu, rzutujący na potrzebę melioracji;
- istniejące lub potencjalne źródła zaopatrzenia szkółki w wodę technologiczną;
- dostępność energii elektrycznej;
- odległość od obiektów specjalizujących się w przechowywaniu i przysposabianiu nasion do siewu;
- odległość od lasów będących naturalnym źródłem mikoryz;
- odległość od obszarów objętych ochroną, np. strefy ujęcia wód pitnych itp.;
- odległość od obszarów objętych koncesjami na wydobycie i ich zasięg.

Na etapie decyzji lokalizacyjnej każdy z wymienionych elementów powinien być oceniony według formuły „korzystnie/niekorzystnie”. Znaczny udział elemen-

tów ocenionych niekorzystnie, albo niekorzystna ocena najistotniejszych z nich stanowi przesłankę do odstąpienia od inwestycji w tej lokalizacji.

Drugim etapem planowania inwestycyjnego jest opracowanie przez inwestora lub przy jego udziale **założeń technologiczno-organizacyjnych** projektowanego obiektu. Założenia w sposób szczegółowy i precyzyjny określają zakres niezbędnych inwestycji i zakupów. Wielkości wyliczone i podane w założeniach technologiczno-organizacyjnych są podstawowym źródłem informacji do późniejszych prac projektowych. Aby prawidłowo opracować założenia technologiczno-organizacyjne, w pierwszej kolejności należy ustalić docelowy rozmiar produkcji i strukturę gatunkową sadzonek, jakie będą produkowane, cykl hodowlany poszczególnych gatunków, a następnie szczegóły procesu technologicznego, uwzględniające przyrodnicze uwarunkowania hodowli sadzonek. W następnej kolejności należy wybrać potrzebny rodzaj pojemnika (kontenera). Od jego rodzaju będzie zależał wyposaże- nie techniczne i rozwiązania technologiczne szkółki.

Po ustaleniu wielkości produkcji i rodzaju kontenera, jaki będzie używany w przyszłej szkółce kontenerowej, należy następnie dokładnie rozeznaczyć i wyliczyć następujące, pochodne elementy:

- liczbę potrzebnych kontenerów z uwzględnieniem nadmiaru siewu wynikającego z uzyskiwanej w praktyce udatności sadzonek w kontenerze,
- powierzchnię produkcyjną netto namiotów foliowych lub szklarni,
- powierzchnię produkcyjną netto otwartych pól hodowlanych,
- zapotrzebowanie na wodę technologiczną z uwzględnieniem średniego zapotrzebowania dobowego oraz ekstremalnego,
- zapotrzebowanie na rezerwę wody do nawadniania, czyli zapas wody na 4–5 dni,
- orientacyjne zapotrzebowanie na energię elektryczną,
- zapotrzebowanie na substraty hodowlane z uwzględnieniem współczynników ubicia (zagęszczenia),
- zapotrzebowanie na nasiona.

Należy też przyjąć ponadto technologię nawożenia sadzonek i w zależności od niej wyliczyć zapotrzebowanie na nawozy.

W następnej kolejności, na podstawie tych informacji, w założeniach technologiczno-organizacyjnych określa się:

- powierzchnię i orientacyjne wymiary hali lub budynku linii automatycznego napełniania kontenerów i (ewentualnie) siewu nasion,
- liczbę i orientacyjną powierzchnię pomieszczeń administracyjnych oraz gospodarczych z uwzględnieniem magazynu paliwa, jak też magazynu na środki chemiczne (pomieszczenia te muszą spełniać określone prawem wymagania),
- rodzaj, liczbę, konstrukcję i wyposażenie techniczne namiotów foliowych lub szklarni oraz propozycję lokalizacji i usytuowania namiotów w terenie,
- liczbę, wymiary i lokalizację otwartych pól hodowlanych z uwzględnieniem sposobu nawadniania pól i nawożenia zasiewów,

- sieć dróg technologicznych komunikacji wewnętrznej z uwzględnieniem koniecznych podjazdów i dojazdów do obiektów,
- potrzeby w zakresie odwodnienia pól hodowlanych i sposób odprowadzenia nadmiaru wody technologicznej oraz opadowych wód nawaalnych,
- sposób magazynowania rezerwy wody technologicznej z uwzględnieniem liczby i wielkości zbiorników wodnych,
- niezbędną powierzchnię magazynową (w tym powierzchnię zadaszoną) z uwzględnieniem powierzchni niezbędnej do okresowego składowania kontenerów i (lub) substratu,
- zakładany poziom mechanizacji i automatyzacji produkcji,
- kubaturę i powierzchnię komór chłodniczych do przechowywania i przygotowania nasion, o ile szkółka w tym zakresie nie będzie korzystała z usług innego podmiotu.

Założenia technologiczno-organizacyjne precyzują też potrzeby w zakresie oświetlenia terenu i dozoru elektronicznego.

Na podstawie podanych wyżej informacji, założenia technologiczne umożliwiają ponadto określenie potrzeb w zakresie wyposażenia technicznego, a w szczególności elementów linii napełniania kontenerów i siewu nasion, środków transportu wewnętrznego, elementów kontroli klimatu w namiotach foliowych, systemu monitoringu warunków wzrostu sadzonek, elementów systemu zabezpieczenia sadzonek przed szkodami od mrozu i in.

Pamiętając na każdym etapie o skutkach ekonomicznych, założenia technologiczno-organizacyjne powinny zawierać zakres prac i zakupów na poziomie minimalnym, niezbędnym do realizacji zakładanej produkcji bez ryzyka zakłóceń. Należy uwzględnić, że im większa planowana produkcja szkółki kontenerowej, tym większy stopień mechanizacji i automatyzacji znajduje swoje ekonomiczne i organizacyjne uzasadnienie. O stopniu wyposażenia szkółki kontenerowej decyduje również dostępność siły roboczej oraz lokalnego rynku pracy, a także możliwości finansowe.

Założenia technologiczno-organizacyjne pozwalają ostatecznie stwierdzić, czy wybrana lokalizacja szkółki kontenerowej jest odpowiednia pod względem technicznym. Na etapie opracowywania założeń technologicznych może się okazać, że w tym miejscu nie jest możliwe zaspokojenie niektórych potrzeb szkółki kontenerowej, np. w wodę (mało wydajne źródło wody), energię elektryczną (zbyt mała moc) lub powierzchnię do zabudowy. W takim przypadku należy poszukiwać innej lokalizacji, spełniającej opisane w założeniach wymagania.

Trzecim etapem projektowania szkółki kontenerowej jest opracowanie **koncepcji programowo-przestrzennej**, którą powinno wykonać biuro projektowe. Koncepcja programowo-przestrzenna zawiera w szczególności:

- opis procesu technologicznego opracowanego w założeniach technologiczno-organizacyjnych,
- założenia zagospodarowania terenu szkółki, zaprezentowane na mapie lub szkicu,

- koncepcję architektoniczną budynków oraz propozycję technik i technologii budowlanych do stosowania (rzuty kondygnacji i widoki elewacji),
- specyfikację i układ przestrzenny wszystkich pomieszczeń administracyjnych, gospodarczych, sanitarnych i magazynowych (rzuty kondygnacji),
- propozycję lokalizacji namiotów foliowych i otwartych pól hodowlanych z uwzględnieniem wymagań opisanych w założeniach technologiczno-organizacyjnych i topografii terenu,
- koncepcję nawadniania szkółki z uwzględnieniem proponowanych rozwiązań technologicznych w zakresie poboru, magazynowania, transportu wody i procesu podlewania sadzonek,
- koncepcję odwodnienia terenu szkółki i odprowadzenia wód,
- zapotrzebowanie na wodę,
- zapotrzebowanie mocy,
- zapotrzebowanie i rodzaj czynnika grzewczego,
- wielkość zrzutu ścieków,
- wytyczne w zakresie ochrony przeciwpożarowej,
- wytyczne w zakresie bhp,
- szkice i mapy obrazujące proponowane rozwiązania,
- harmonogram realizacji inwestycji,
- wstępny kosztorys inwestorski.

Koncepcja programowo-przestrzenna powinna być przez inwestora bardzo szczegółowo zanalizowana. Należy zwrócić uwagę na zgodność z założeniami technologicznymi oraz proponowane technologie budowlane, jak też rozwiązania architektoniczne i wnieść ewentualne uwagi. Ponieważ koncepcja programowo-przestrzenna zawiera wstępny kosztorys inwestycji, na tym etapie należy dokonać rachunku ekonomicznego i określić wysokość odpisu amortyzacyjnego w pierwszych 10 latach funkcjonowania szkółki (w tym okresie będzie największy). Jeśli będzie znaczny, na przykład przekroczy 30% spodziewanego kosztu jednostkowego, należy poszukiwać oszczędności w nakładach inwestycyjnych, rewidując zakres prac oraz zaproponowane rozwiązania i technologie budowlane. Z ekonomicznego punktu widzenia, w pierwszych latach funkcjonowania szkółki kontenerowej, wysokość odpisu amortyzacyjnego nie powinna przekraczać 30% jednostkowego kosztu produkcji. Gdy odpis będzie większy, produkowane sadzonki, ze względu na cenę, będą na rynku niekonkurencyjne.

Czwartym etapem projektowania szkółki kontenerowej jest **szczegółowy projekt (dokumentacja) techniczny**, sporządzony przez biuro projektowe. Oprócz części projektowej (opisy i rysunki) zawiera też szczegółowy kosztorys inwestorski. Na etapie projektu technicznego należy uzyskać wszystkie wymagane prawem pozwolenia – nie tylko związane z budową, ale i na: pobór oraz odprowadzenie wód (pozwolenie wodno-prawne), gospodarkę ściekową, program gospodarowania odpadami, korzystanie ze środowiska i inne.

20. Historia rozwoju szkółkarstwa kontenerowego w Polsce

Hodowlę sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym w Lasach Państwowych rozpoczęto z początkiem lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku. W wielu nadleśnictwach, w różnych pojemnikach, z reguły na niewielką skalę kilku tysięcy sztuk, hodowano sadzonki przeznaczone do odnowienia szczególnie trudnych powierzchni lub zadrzewień. Początkowo używano różnych pojemników oraz skrzynek dzielonych na pojedyncze cele. Z chwilą pojawienia się na rynku folii z tworzyw sztucznych, rozpoczęto ręcznie wytwarzać, zwykle pojedyncze, pojemniki.

Jednym z pierwszych, gdzie rozpoczęto hodowlę sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym, było Nadleśnictwo Nawojowa. Prekursorem hodowli sadzonek drzew leśnych z bryłką na skalę gospodarczą był ówczesny nadleśniczy mgr inż. **Jan Kosterkiewicz**, który wdrożył ją na szkółce w Łabowej już w 1968 roku. Był też jednym z tych, którzy najwcześniej dostrzegli problem deformacji systemu korzeniowego i wady pojemników okrągłych. Już na początku lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku całkowicie wyeliminował z użycia pojemniki okrągłe, zastępując je czworokątnymi. Z jego doświadczeń korzystali leśnicy i konstruktorzy pojemników, m.in. z krajów skandynawskich. Swym doświadczeniem i praktycznymi rozwiązaniami hodowli sadzonek z bryłką wyprzedzał wówczas Skandynawów, stosujących jeszcze do połowy lat osiemdziesiątych pojemniki okrągłe. Szkółka w Łabowej, z niewiele zmienioną od tamtej pory technologią, funkcjonuje do dziś, dając rocznie kilkaset tysięcy sadzonek z bryłką. Szacuje się, że przez ponad trzydzieści lat w Nadleśnictwie Nawojowa wyhodowano ponad 15 mln sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym. Użyto je do odnowień i zalesień szczególnie trudnych powierzchni w górach, głównie Beskidzie Sądeckim i Gorcach, a także – w mniejszym zakresie – na powierzchniach pokłęskowych w Górach Izerskich. Po przejściu J. Kosterkiewicza na emeryturę, hodowlę sadzonek w pojedynczych pojemnikach własnego wyrobu kontynuuje nadleśniczy **Zbigniew Gryzło**, stopniowo zwiększając jej rozmiar. W 2002 roku wyhodowano 500 tys. sadzonek. Przeciętnie szkółka w Łabowej daje rocznie około 350 tys. sztuk jodły i po około 25–40 tys. sztuk świerka, buka, modrzewia, a także po kilka tysięcy sztuk lipy, olchy, jaworu, jesionu oraz sosny. Sadzonki hodowane są w pojedynczych pojemnikach wykonanych ręcznie z grubej i sztywnej folii z tworzywa sztucznego. Mają przekrój kwadratu o bokach 5 x 5 cm i wysokość 18 cm, co daje objętość 450 cm³. Tak wykonane pojemniki napełniane są substratem, składającym się – pół na pół – z torfu i trocin z drewna gatunków iglastych (bez modrzewia). Do napełnionych substratem doniczek wysiewa się od jednego do kilku nasion. Jeśli wszędzie więcej niż jedno, pozostałe się wycina. Pojemniki transportowane są w drewnianych lub metalowych skrzynkach – zarówno wewnątrz szkółki, jak i na powierzchni, na których są sadzone. Po obsiewie umieszcza się je ściśle

obok siebie w szklarniach, inspektach lub korytach. Całość powierzchni produkcyjnej podzielona jest na pola ograniczone drewnianymi przegrodami (deskami). W tym samym pojemniku hoduje się sadzonki z nasion przez 2–3 lata. Według oceny nadleśniczego mgr. inż. Z. Gryźło, pomimo stosowania pojemnika, który obecnie uważany jest za niezbyt odpowiedni i trzyletniego cyklu hodowli w doniczce, w założonych uprawach nie zaobserwowano negatywnych oznak związanych z deformacją systemów korzeniowych. Nadleśniczy Gryźło twierdzi, że uprawy i młodniki (niektóre ponadtrzydziestoletnie) rozwijają się bardzo dobrze, wykazując znaczną przewagę nad uprawami założonymi z sadzonek z odkrytym systemem korzeniowym lub pochodzących z odnowień naturalnych. Korzenie tych drzewek po wykopaniu nie wykazują cech deformacji i są prawidłowo rozwinięte. Obserwacje te dotyczą takich gatunków jak jodła, modrzew, świerk, buk i pozostałe liściaste. Warto zatem zbadać w tych drzewostanach wpływ pojemnika na rozwój systemu korzeniowego drzew leśnych, czego dotąd w Polsce nie robiono. Byłaby to odpowiedź na wiele nurtujących pytań i wątpliwości. Jedyne w tym nadleśnictwie istnieją kilkadziesiątletnie już drzewostany, założone z sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym. W Nadleśnictwie Nawojowa nie ma doświadczeń z sosną.

W latach osiemdziesiątych ubiegłego stulecia wiele rozwiązań dla szkółkarstwa leśnego w zakresie hodowli sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym, możliwych do wdrożenia w polskim leśnictwie ze względów ekonomicznych i tech-



Szkółka w Nadleśnictwie Nawojowa

nicznych, opracowali – pod kierunkiem prof. dr. hab. **Andrzeja Gorzelaka** – pracownicy z Zakładu Hodowli Lasu Instytutu Badawczego Leśnictwa w Warszawie. Proponowane rozwiązania dotyczyły budowy i rodzaju pojemników oraz technologii hodowli. Wiele z nich wdrażanych było do praktyki leśnej. Między innymi przez nadleśniczego mgr. inż. **Lesława Mateję** z Nadleśnictwa Skierniewice.

W tym czasie w Europie szkółki kontenerowe zaczęły powstawać nie tylko w krajach skandynawskich, ale także w Czechosłowacji, Austrii i Francji. W drugiej połowie lat osiemdziesiątych i z początkiem lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku gwałtownie wzrosło w Polsce zapotrzebowanie na sadzonki z „bryłką”, głównie do odnowień powierzchni pokłeskowych. W wielu nadleśnictwach, na przykład: Szklarska Poręba, Śnieżka, Świeradów czy Kamienna Góra, hodowano już wtedy sadzonki z zakrytym systemem korzeniowym, w pojemnikach własnego pomysłu. W latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku w ponad 10% nadleśnictw hodowano rocznie od kilku do kilkudziesięciu tysięcy sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym – w różnych pojemnikach, stosując także zblokowane (kontenery) produkcji różnych firm. Nowoczesne szkółki kontenerowe w Polsce zaczęły jednak powstawać dopiero z początkiem lat dziewięćdziesiątych ubiegłego stulecia. Istotną rolę w transferze i wdrażaniu nowych technologii, a także w decyzjach o budowie nowoczesnych szkółek kontenerowych, odegrał naczelnik Wydziału Gospodarki Leśnej Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych. mgr inż. **Wojciech Fonder** i główny specjalista mgr inż. **Marek Berft**. To dzięki ich determinacji oraz uporowi polskie szkółkarstwo leśne unowocześniło się i nie ustępuje dzisiaj poziomem szkółkarstwa państw o najbardziej zaawansowanych technikach, technologiach i wiedzy. Wielu pracowników terenowych zapoznało się – w wielu miejscach świata – z najnowszymi rozwiązaniami w szkółkarstwie. W 2008 roku w polskich Lasach Państwowych funkcjonuje już siedem szkółek kontenerowych, a kolejne dwie są na etapie opracowania dokumentacji.

W roku 1994 rozpoczęto hodowlę sadzonek w pierwszej polskiej, nowoczesnej szkółce kontenerowej w Kostrzycy, w Nadleśnictwie Śnieżka (RDLP Wrocław). Szkółkę utworzono, by zapewnić mocne sadzonki do odnawiania powierzchni pokłeskowych w Górach Izerskich. Szkółka wyposażona jest w linię do automatycznego napełniania kaset substratem, siewnik do nasion drobnych oraz myjnię kaset. W szkółce znajduje się 10 tuneli foliowych okrywających powierzchnię 0,45 ha. Powierzchnia produkcyjna otwartych pól zraszania ma 2 ha. Stosuje się tam pojemniki o objętości 50, 120 i 370 cm³. Potencjalna możliwość hodowli, to 5,2 mln sadzonek rocznie. Szkółka nastawiona jest głównie na hodowlę sadzonek buka i świerka. W sumie hoduje się tam sadzonki 15 gatunków drzew leśnych (oprócz wspomnianych – buka i świerka, a także: modrzewia, brzozy, dębu, klonów, lipy, olch i innych). Szkółką od początku jej istnienia kieruje mgr inż. **Marek Rybak**.

W 1997 roku hodowlę sadzonek kontenerowych rozpoczęła druga w LP szkółka kontenerowa w Nędzy, w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie (RDLP Katowice).



Szkółka kontenerowa w Nadleśnictwie Śnieżka

Szkółka powstała po katastrofalnym pożarze lasów w 1992 roku w nadleśnictwach: Rudy Raciborskie, Rudziniec i Kędzierzyn. Jest to, jak do tej pory, największa i najlepiej wyposażona szkółka w Lasach Państwowych. Można w niej hodować rocznie 6–8 mln sadzonek. Szkółką, w okresie jej budowy i pierwszych lat produkcji, kierował zespół ludzi skupiony wokół nadleśniczego mgr. inż. Kazimierza Szabli.

W skład tej szkółki wchodzi doskonale wyposażony kompleks nasienny z linią do termoterapii żołądździ i zespołem chłodni do przechowywania oraz przysposobiania nasion, hala do produkcji substratów wyposażona w urządzenie do jego sterylizacji, dwanaście tuneli foliowych o wymiarach 9 x 50 m oraz 8 otwartych pól produkcyjnych, o długości 100–120 m i szerokości 24 m każde, z rampami deszczującymi. Powierzchnia pól produkcyjnych ma łącznie 2,20 ha. Wodę do nawadniania pompuje się ze studni głębinowej i magazynuje w dwóch otwartych zbiornikach wodnych. W szkółce funkcjonuje stacja oceny nasion oraz dwa oddzielne laboratoria do produkcji biopreparatów grzybów mikoryzowych.

W tej szkółce stosuje się pojemniki o objętości 50, 120 i 265 cm³. Hoduje się tam rocznie od 5 do 7 mln sadzonek wszystkich gatunków lasotwórczych, z przeznaczeniem do odnowień i zalesień terenów zdegradowanych oraz przemysłowych. Szkółką, od chwili jej powstania, kieruje mgr inż. **Samuel Śliwa**.



Szkółka kontenerowa w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie



Szkółka kontenerowa w Nadleśnictwie Jabłonna

W 2000 roku rozpoczęto hodowlę sadzonek w kontenerach, w Skierdach, w Nadleśnictwie Jabłonna (RDLP Warszawa) w trzeciej z kolei szkółce kontenerowej. Roczna zdolność produkcyjna tej szkółki to 3–3,5 mln sadzonek. Szkółka wyposażona jest w automatyczną linię do napełniania i obsiewu kaset oraz myjnię. W szkółce znajdują się trzy zblokowane tunele foliowe o powierzchni 0,28 ha oraz cztery pola produkcyjne o łącznej powierzchni 0,88 ha. Szkółka nastawiona jest na hodowlę sadzonek do zalesień gruntów porolnych, głównie sosny, ale i dębów, brzozy, olchy, modrzewia oraz świerka. Stosuje się w niej kontenery o pojemności 120 i 265 cm³. Woda do deszczowania pochodzi ze studni głębinowej i jest magazynowana w naziemnych cysternach. Kierownikiem szkółki jest **Jan Dudewicz**.

W 2002 roku rozpoczęto hodowlę w szkółce kontenerowej w Nadleśnictwie Oleszyce (RDLP Krosno). Technologicznie różni się znacznie od poprzednich. Zmiana technologii jest wynikiem specyficznych wymagań hodowanych tam gatunków, to jest dębu i jodły. Przede wszystkim używa się innych kontenerów, o wymiarach zewnętrznych 650 x 312 mm i wysokości 180 mm. Każdy z nich ma 53 pojemniki o górnej średnicy 53 mm i objętość 300 cm³. Świadomie i celowo zrezygnowano tam ze znacznej automatyzacji procesów hodowlanych, z uwagi na mniejszą skalę produkcji i specyfikę hodowanych gatunków. Kontenery ze styropianu przenoszone są ręcznie i ustawiane na gruncie na podkładkach drewnianych, bez użycia palet. Szkółka wyposażona jest w półautomatyczną linię do napełniania kontenerów. Zblokowane tunele foliowe mają powierzchnię 0,21 ha, zaś otwarte pola produkcyjne 1,50 ha. Sadzonki na polach otwartych nawadnia się stacjonarnymi deszczownicami, a nie ruchomymi rampami deszczującymi. Szkółka nastawiona jest głównie na hodowlę jodły, a także dębu i buka, do odnowień powierzchni trudnych, głównie w Bieszczadach. Dąb



Szkółka kontenerowa w Nadleśnictwie Oleszyce

i buk hoduje się w cyklu rocznym z nasion, jodłę natomiast w cyklu 2/1, szkółkując dwuletnie sadzonki z gruntu do pojemników o objętości 300 cm³. Jednostkowe koszty hodowli sadzonek, w porównaniu z poprzednimi szkółkami, są najmniejsze. W dużej mierze jest to wynikiem niewielkich kosztów amortyzacji i stosunkowo dużego udziału, relatywnie taniej w tym regionie, pracy ludzkiej. W szkółce wprowadzono wiele własnych, ciekawych rozwiązań technicznych. Szkółką kieruje **Józef Maksymowicz**.

W 2003 r. uruchomiona została hodowla sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym w Nadleśnictwie Gidle (RDLP Katowice). Sadzonki hodowane są w zblokowanych pojemnikach styropianowych. Początkowo były to pojemniki produkcji francuskiej. Obecnie większość pojemników jest polska. W szkółce stosowane są pojemniki V 200 cm³ i 300 cm³, o głębokości 18 cm, podobnie jak w Nadleśnictwie Oleszyce. Szkółka wyposażona jest w półautomatyczną linię do napełniania kontenerów substratem. Tunele foliowe mają powierzchnię 0,65 ha, zaś pola produkcyjne 2,50 ha. Nawadnianie odbywa się za pomocą ruchomych ramp deszczujących. Kontenery układane są na podkładkach drewnianych i styropianowych. W szkółce planuje się budowę chłodni do przechowywania sadzonek w okresie od jesieni do wiosny. Szkółka nastawiona jest głównie na hodowlę gatunków liściastych. W trakcie wdrożenia jest hodowla sadzonek jodły 2/1. Rozmiar produkcji w 2008 roku wynosił około 5 milionów sadzonek, z tego blisko 500 tys. mikoryzowanych. Jest to aktualnie największa po szkółce w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie produkcja sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym. Nasiona gatunków wymagających stratyfikacji dostarczane są do szkółki w stanie podkiełkowanym m.in. z Nadleśnictwa Rudy Raciborskie. Szkółką kieruje inż. **Bogdan Stanisław**.

W 2005 roku rozpoczęła produkcję szkółka kontenerowa w Nadleśnictwie Bielsko, która jest trzecią szkółką tego typu w RDLP Katowice. Hodowla sadzonek odbywa się w niej podobnie jak w Nadleśnictwie Gidle, w styropianowych kontenerach o pojemności pojedynczego pojemnika 300 cm³. Szkółka nastawiona jest głównie na hodowlę sadzonek buka, którego produkcja wynosi około 900 tys. sadzonek rocznie, w cyklu 1/0. Ponadto w szkółce hoduje się ok. 100 tys. sadzonek świerka pospolitego i 50 tys. sadzonek innych gatunków: jaworu, jedlicy, wiązu, jarzębiny i innych. Szkółkę prowadzi inż. **Marek Haczek**. Przy szkółce funkcjonuje przechowalnia nasion buka o zdolności długoterminowego przechowywania ponad 20 ton.

W związku z potrzebą przebudowy zamierających na dużych obszarach drzewostanów świerkowych w Beskidzie Śląskim i Żywieckim, w 2006 roku rozpoczęto budowę czwartej szkółki kontenerowej w RDLP Katowice, w Nadleśnictwie Ustroń. W 2007 roku w szkółce tej wyprodukowano 400 tys. sadzonek buka, z tego ok. 200 tys. mikoryzowanych grzybem *H. crustuliniforme*. W 2008 roku rozmiar hodowli podwojono – produkcja wyniesie 600 tys. sadzonek buka 1/0, 200 tys. sadzonek jodły zwyczajnej 2/1, kilka tysięcy sadzonek jaworu i innych gatunków w cyklu 1/0. Aktualnie (2008 r.) trwa budowa infrastruktury, a mianowicie: hali sie-



Szkółka kontenerowa w Nadleśnictwie Gidle



Szkółka kontenerowa w Nadleśnictwie Bielsko

wów, magazynów, chłodni na nasiona, pomieszczeń biurowych i innych. Docelowa produkcja to 1,5–2 mln sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym rocznie. Sadzonki hodowane są w pojemnikach styropianowych V 300 cm³. Szkółkę prowadzi mgr inż. **Łukasz Dyrda**.

Od kilku lat jest prowadzona i ciągle rozwijana hodowla sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym w Nadleśnictwie Babimost, RDLP Zielona Góra. Szkółka wyposażona jest m.in. w półautomatyczną linię napełniania i obsiewu kaset, trzy tunele foliowe o wymiarach 8 x 50 m oraz rampy deszczujące. Sadzonki hoduje się w kontenerach styropianowych o pojemności 200 i 300 cm³. Rozmiar produkcji w 2008 roku wyniósł około 600 tys. sadzonek, głównie takich gatunków jak: dąb szypułkowy, sosna zwyczajna, buk zwyczajny i modrzew europejski. Inicjatorem budowy szkółki kontenerowej był nadleśniczy mgr inż. **Stanisław Daszkiewicz**. Szkółkę prowadzi leśniczy mgr inż. **Marian Wiśniewski**.

We wszystkich zaprezentowanych szkółkach kontenerowych hoduje się sadzonki mikoryzowane. Najwcześniej, bo już w 1998 roku, mikoryzację sadzonek rozpoczęto w szkółce Nadleśnictwa Rudy Raciborskie. Tam znajdują się dwa, z trzech funkcjonujących w LP, laboratoria mikoryzowe, produkujące biopreparaty mikoryzowe. Trzecie laboratorium urządzono w Leśnym Banku Genów w Kostrzycy. Do mikoryzacji w szkółce w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie używa się dwóch gatunków grzybów mikoryzowych: *Laccaria* sp. i *Hebeloma crustuliniforme*. W pozostałych szkółkach używa się obecnie do mikoryzacji tylko drugiego gatunku grzyba.

Tabela 13. Przeciętny rozmiar rocznej hodowli sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym głównych gatunków lasotwórczych w szkółkach kontenerowych w Polsce, w 2006 r.

Gatunek	Wielkość hodowli (tys. sztuk)					
	Śnieżka	Rudy R.	Jabłonna	Oleszyce	Gidle	Bielsko
Sosna zwyczajna	250	3000	2700	20	392	
Świerk pospolity	700	150	40			18
Modrzew europejski	200	100	20			3
Jodła pospolita		15		480		
Dąb szypułkowy i leszczyna		1200	560	780	227	255
Buk zwyczajny	400	1200		15	230	
Brzoza brodawkowata	20	25	20		70	
Olcha czarna	40	100	30			
Klon jawor	40	25				
Klon zwyczajny	40	25				
Lipa drobnolistna	10	25				
Jesion wyniosły		10				
Razem	1700	5875	3370	1295	1280	276

Jak już wspomiano, wdrożenie do praktyki leśnej hodowli sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym oraz utworzenie szkółek kontenerowych było impulsem przyspieszającym postęp w nasiennictwie i szkółkarstwie. Umożliwiło także wdrożenie na skalę przemysłową sterowanej mikoryzacji. Przyczyniło się też do rozwoju badań naukowych.

Wdrożenie hodowli sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym, szczególnie gatunków liściastych, było możliwe dzięki pracom badawczym polskich uczonych, którzy na podstawie wyników badań rozwiewali wątpliwości nurtujące praktyków. W nasiennictwie szczególnie wiele nowych rozwiązań wniósł prof. dr hab. **Bolesław Suszka** z Instytutu Dendrologii PAN w Kórniku pod Poznaniem. Wdrożenie w polskim leśnictwie sterowanej mikoryzacji stało się możliwe głównie za sprawą prof. dr. hab. **Stefana Kowalskiego** z Katedry Fitopatologii Wydziału Leśnego UR w Krakowie. Ze specjalistów praktyków wymienić należy dysponujących największą wiedzą i doświadczeniem: mgr. inż. **Zenona Pietrasa**, dr. inż. **Grzegorza Pawłowskiego**, dr. inż. **Bogdana Szumowskiego**, a także magistrów inżynierów: **Andrzeja Kosa**, **Grażynę Zagrobelną** i **Tadeusza Maksymowicza**. Do sterowanej mikoryzacji duży wkład wnieśli: mgr inż. **Anna Bartoszek**, mgr inż. **Kornelia Arent**, mgr **Danuta Duda** oraz **Zbigniew Sobczak**, jak też wymieniani już kierownicy szkółek kontenerowych i wielu innych.

21. Krajowe szkółki kontenerowe

- **Nadleśnictwo Oleszyce (RDLP Krosno)** – rozmiar produkcji w 2008 roku wynosi 2339 tys. sadzonek, w tym 622 tys. sadzonek mikoryzowanych; Szkołka Kolonia, Stare Siodło, 37-630 Oleszyce, tel.: 016/6315157, 600326246 oleszyceszkołka@krosno.lasy.gov.pl
- **Nadleśnictwo Babimost (RDLP Zielona Góra)** – rozmiar produkcji w 2008 roku wynosi 502 tys. sadzonek, w tym 496 tys. mikoryzowanych; Szkołka Leśna Rogozińce, tel.: 068/3840307, 603585985, babimost@zielonagora.lasy.gov.pl
- **Nadleśnictwo Jabłonna (RDLP Warszawa)** – rozmiar produkcji w 2008 roku wynosi 3023 tys. sadzonek, w tym 904 tys. mikoryzowanych; Szkołka Kontenerowa w Skierdach, Bagno 6A, 05-110 Jabłonna, tel.: 022/7824116, 695340578, jablonna@warszawa.lasy.gov.pl

- **Nadleśnictwo Bielsko (RDLP Katowice)** – rozmiar produkcji w 2008 roku wynosi 1000 tys. sadzonek, w tym 150 tys. mikoryzowanych;
Gospodarstwo Nasiennie-Szkółkarskie Zapora, ul. Kopytko 13,
43-382 Bielsko-Biała,
tel.: 033/8183169 w. 26
m.haczek@katowice.lasy.gov.pl
- **Nadleśnictwo Ustron (RDLP Katowice)** – rozmiar produkcji w 2008 roku wynosi 780 tys. sadzonek, w tym 150 tys. mikoryzowanych;
Gospodarstwo Szkółkarskie Woleńsko, 43-436 Górk Wielkie 653,
tel.: 033/8539176,
ustron@katowice.lasy.gov.pl
- **Nadleśnictwo Gidle (RDLP Katowice)** – rozmiar produkcji w 2008 roku 5150 tys. sadzonek, w tym 600 tys. mikoryzowanych;
Gospodarstwo Szkółkarskie Sowin, ul. Partyzantów 13, 97-532 Żytno,
tel.: 034/3277147,
gidle@katowice.lasy.gov.pl
- **Nadleśnictwo Rudy Raciborskie (RDLP Katowice)** – rozmiar produkcji w 2008 roku 6518 tys. sadzonek, w tym 1050 tys. mikoryzowanych;
Gospodarstwo Szkółkarskie, ul. Myśliwska 6, 47-440 Nędza,
tel.: 032/4102037,
s.sliwa@katowice.lasy.gov.pl
- **Nadleśnictwo Śnieżka (RDLP Wrocław)** – rozmiar produkcji w 2008 roku 2820 tys. sadzonek, w tym 1296 tys. mikoryzowanych;
Szkółka Kontenerowa w Kostrzycy, Miłków 300,
tel.: 075/71131047,
sniezka@wroclaw.lasy.gov.pl

22. Literatura

- Badura L.**, 2000: Metale ciężkie w ekosystemach lądowych, a ekotoksykologia. Materiały Katedry Mikrobiologii Uniwersytetu Śląskiego.
- Berft M.**, 2000: Działania Lasów Państwowych na rzecz poznania i wdrożenia mikoryzacji sadzonek drzew leśnych. Postępy Techniki w Leśnictwie nr 76; 44–49.
- Fonder W., Berft M.**, 1988: Szkółkarstwo w Lasach Państwowych – stan oraz kierunki rozwoju. Postępy Techniki w Leśnictwie nr 65; 7–17.
- Gorzelał A.**, 1986: Badania warunków wzrostu i produkcji siewek niektórych gatunków drzew leśnych w namiotach foliowych. Prace IBL nr 653.
- Gorzelał A.**, 1998: Ogólne zasady hodowania sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym w niektórych pojemnikach. Postępy Techniki w Leśnictwie nr 65; 62–76.
- Gorzelał A.**, 2000: Zastosowanie inspektów, szklarni i namiotów foliowych w produkcji sadzonek drzew oraz krzewów leśnych i ozdobnych. Bogucki Wydawnictwa Naukowe s.c.
- Grzywacz A.**, 2000: Stan i potrzeby w zakresie mikoryzacji sadzonek drzew leśnych w Polsce. Postępy Techniki w Leśnictwie nr 76; 5–15.
- Hilszczańska D., Sierota Z.**, 1988: Możliwość stymulowania naturalnej mikoryzacji siewek w szkółkach leśnych. Postępy Techniki w Leśnictwie nr 65; 40–44.
- Hilszczańska D.**, 2000: Prezentacja metody szczepień mikoryzowych za pomocą zarodników. Postępy Techniki w Leśnictwie nr 76; 39–43.
- Dahm H.**, 2000: Mikroorganizmy stymulujące symbiozę ektomikoryzową. Postępy Techniki w Leśnictwie nr 76; 33–38.
- Kowalski S.**, 1997: Praktyczne aspekty mikotrofizmu w szkółkach leśnych. Sylwan nr 6.
- Kowalski S.**, 1998: Potrzeby i możliwości mikoryzowania sadzonek drzew leśnych w szkółkach kontenerowych. Postępy Techniki w Leśnictwie nr 65; 30–39.
- Kowalski S.**, 2000: Znaczenie mikoryzacji dla drzew leśnych oraz problemy związane z projektem wprowadzenia polskiej, kompleksowej technologii mikoryzacji. Postępy Techniki w Leśnictwie nr 76; 16–23.
- Kowalski S., Obłozja E.**, 1997: Badania mikotrofizmu samosiewu sosny zwyczajnej (*Pinus silvestris*) po pożarze lasu w Rudach Raciborskich. Zeszyty Naukowe AR w Krakowie, nr 326.
- Kowalski S., Ryba Z., Lonc K., Domański T.**, 1994: Możliwości poprawy mikotrofizmu sosny zwyczajnej wysadzonej w glebę zdegradowaną zanieczyszczeniami przemysłowymi. Materiały z krajowego sympozjum – Kórnik; 23–26.
- Kowalski S.**, 1996: Badania nad zróżnicowaniem zbiorowisk grzybów glebowych i ich wpływ na wzrost przyczepki falistej (*Rhizinia undulata*) po pożarze całkowitym lasu w Rudach Raciborskich. Acta Agraria et Silvestria, vol. XXXIV.

- Kowalski S., Jankowiak R.,** 1997: Badania mikotrofizmu modrzewia europejskiego (*Larix decidua*) na wybranych, rekultywowanych powierzchniach po pożarze całkowitym lasu w Rudach Raciborskich. Zeszyty Naukowe AR Kraków, nr 326.
- Kowalski S.,** 1998: Potrzeby i możliwości mikoryzowania sadzonek drzew leśnych w szkółkach kontenerowych. Materiały na sympozjum pt.: „*Nowoczesne technologie w produkcji szkółkarskiej na przykładzie Nadleśnictwa Rudy Raciborskie*” – Jaszowiec.
- Kowalski S.** i inni, 2007: Praca zbiorowa „*Ektomikoryzy. Nowe biotechnologie w szkółkarstwie leśnym*”. CILP, Warszawa.
- Krupa P.,** 1988: Wpływ mikoryzy ektotroficznej na pobieranie ołowiu przez sosnę zwyczajną (*Pinus silvestris*). Acta Biologica Silesiana. T 10 (27).
- Krupa P.,** 1999: Znaczenie ektomikoryz w ochronie roślin przed skażeniem metalami ciężkimi. Acta Biologica Silesiana. T 6 (7).
- Rudawska M.** i inni, 2000: Ektomikoryza, jej znaczenie i zastosowanie w leśnictwie. Instytut Dendrologii PAN, Kórnik.
- Rybak M.,** 1988: Produkcja materiału sadzeniowego z zakrytym systemem korzeniowym w niektórych pojemnikach. Postępy Techniki w Leśnictwie nr 65.
- Sabor J.,** 1998: Nasiennictwo, szkółkarstwo i selekcja drzew leśnych. Akademia Rolnicza w Krakowie. Skrypt do ćwiczeń.
- Sabor J.,** 1998: Szkółkarstwo leśne w programach selekcji drzew leśnych. Postępy Techniki w Leśnictwie nr 65; 18–29.
- Suszka B., Muller C., Bonnet-Masimbert M.,** 1994: Nasiona leśnych drzew liściastych – od zbioru do siewu. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Suszka B.,** 2000: Nowe techniki i technologie w nasiennictwie leśnym. Wydawnictwo Naukowe Bogucki s.c.
- Szabla K.,** 1999: Szkołka na 6 mln drzewek. Ekoprofit, Katowice.
- Szabla K.,** 2000: Efektywność ekonomiczna produkcji sadzonek w szkółce kontenerowej Rudy Raciborskie. Wydawnictwo Leśny Bank Genów.
- Szabla K.,** 2000: Cel, potrzeby i praktyczna realizacja hodowli sadzonek mikoryzowanych w szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Rudy Raciborskie. Postępy Techniki w Leśnictwie nr 76; 24–33.
- Szabla K.,** 2001: Cele, metody i znaczenie stosowania mikoryzacji sadzonek w szkółkach. Materiały na szkolenie SITLiD w Janowie Lubelskim.
- Szabla K.,** 2002: Ekonomická efektivita produkce sazenic v kontejnerove školce Nadleśnictwa Rudy Raciborskie. Lesnicka prace. Brezen.
- Szabla K., Pabian R.,** 2002: Problemy produkcji sadzonek górskich gatunków domieszkowych w szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Rudy Raciborskie. Zeszyty naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie, nr 394.
- Szabla K.,** 2002: Symbioza roślin i grzybów – mikoryzy. Scenariusz i komentarz do filmu. Wyd. CILP, Warszawa.

- Szabla K.**, 2004: Wpływ biopreparatów z grzybami ektomikoryzowymi na kształtowanie się mikoryz, wzrost i rozwój sadzonek wybranych gatunków drzew leśnych w szkółce kontenerowej i uprawach w różnych warunkach środowiska, praca doktorska, AR w Krakowie, Wydz. Leśny, s. 1–206.
- Szabla K.**, 2005: Mikoryzacja sadzonek a efekty hodowlane w uprawach, Wyd. CILP, Warszawa.
- Toka K.**, 1998: Szkółka kontenerowa Kostrzyca – tradycja i nowoczesność. Postępy Techniki w Leśnictwie nr 65; 45–54.
- Wesoły W.**, 1998: Produkcja sadzonek w kontenerach typu Hico. Postępy Techniki w Leśnictwie nr 65; 58–61.

