

BOLESŁAW SUSZKA

## ROZMNAŻANIE GENERATYWNE

### WSTĘP

Najważniejsze dla gospodarki leśnej brzozy krajowe — brzoza brodawkowata (*Betula pendula* Roth) i brzoza omszona (*B. pubescens* Ehrh.) zaczynają w drzewostanie obradzać nasiona w 20 - 30 roku życia, w silnym zwarciu nawet później. Pojedynczo stojące drzewa wchodzą w okres owocowania wcześniej. Nasiona brzoź można pozyskiwać co roku, jednak obfite obradzenie nasion przypada raz na 2 - 3 lata (T y s z k i e w i c z 1952).

Brzozy są w zasadzie jednopienne i rozdzielнопłciowe. Kwiatostany męskie tworzą się u większości gatunków na końcach długopędów, kotki żeńskie natomiast na krótkopędach poniżej wierzchołków. Kotki męskie zjawiają się na końcach gałązek już w roku poprzedzającym kwitnienie, kotki żeńskie wyrastają dopiero na wiosnę wraz z rozwojem liści (T y s z k i e w i c z 1952). Okresem powstawania pąków kwiatowych jest zwykle czerwiec, natomiast kwitnienie przypada w Polsce na kwiecień, niekiedy również na maj roku następnego, przy czym brzoza brodawkowata kwitnie około 10 - 12 dni wcześniej niż brzoza omszona.

W budowie kwiatostanów można niekiedy obserwować u brzoź różne anomalie. U brzozy brodawkowatej i omszonej opisali je Dellingshausen i Stern (1958), przy czym na szczególną uwagę zasługuje fakt powstawania kwiatostanów obupłciowych o różnych proporcjach liczby kwiatów żeńskich i męskich. Możliwe są również zaburzenia morfologiczne i fizjologiczne kwiatów męskich, prowadzące aż do sterylności męskiej drzew. Autorzy ci

obserwowali na szczepach klonów wcześniej wchodzących w okres kwitnienia silny wpływ warunków zewnętrznych na porę formowania się pąków kwiatowych. W warunkach szklarniowych pąki te formowały się już w kwietniu, a nie w czerwcu, jak to się dzieje w warunkach naturalnych. Część tych kwiatów, zwłaszcza w kwiatostanach obupłciowych kwitnie w tym samym sezonie wegetacyjnym, w tym samym sezonie mogą również powstawać nasiona.

#### PRZYSPIESZANIE DOJRZAŁOŚCI GENERATYWNEJ

Okazy brzozy brodawkowatej, wyjątkowo wcześniej wchodzące w okres kwitnienia i obradzania nasion, wykorzystał do selekcji Stern (1961), który przez ich krzyżowanie uzyskał w trzeciej generacji brzozy kwitnące w szklarni już w pierwszym roku życia. Rośliny te posiadały pąki tylko generatywne, na pędach bocznych żeńskie, a na pędzie głównym męskie, produkujące jednakże niekiedy również kwiaty żeńskie. Rośliny takie nie były zdolne do wegetatywnego wzrostu i dopiero zastosowanie techniki kultur tkankowych umożliwiło wegetatywne rozmnożenie i dalszy wzrost siewek, bez utraty właściwości wczesnego wchodzenia w okres owocowania (Huhtinen i Yahyaoglu 1974). Pierwszy pyłek i pierwsze nasiona można było pozyskać z takich roślin już w pierwszym roku po rozmnożeniu (Huhtinen 1976).

Do przyspieszenia dojrzałości generatywnej siewek przyczyniają się również warunki sprzyjające ich ciągłemu wzrostowi. Longman i Wareing (1959) umieścili siewki brzozy brodawkowatej zaraz po wejściu w szklarni w 15-20°C przy dniu długim lub przy oświetleniu ciągłym. Siewki te osiągały w ciągu 10-12 miesięcy pobytu w takich warunkach wysokość 1,9-2,7 m, przy czym u połowy siewek uformowało się w tym okresie do 75 kotek męskich i żeńskich na jednym drzewku. Nie formowały kotek w ogóle siewki kontrolne i siewki rosnące w tych samych warunkach co powyżej opisane, jednakże zahamowane we wzroście przez zastosowanie dnia krótkiego i przez następujące po tym chłodzenie w 0-5°C trwające 6 tygodni. Szczepy powsta-



łe z zaszczepienia podkładek zrazami drzewek kwitnących w opisanych powyżej warunkach w pierwszym roku życia, kwitły również w pierwszym sezonie po zaszczepieniu. Wyniki badań Longmana i Wareinga dostarczyły dowodu na to, że inicjacja pączków kwiatowych następuje u brzozy pod wpływem czynnika fotoperiodycznego w warunkach dnia długiego. Wnioskowi temu przeczyłyby omówione powyżej wyniki badań Dellingshause na i Sterna (1958), gdyby autorzy ci mogli dowieść, że podędzanie brzoź w szklarni rozpoczynane w ich doświadczeniach w lutym przebiegało rzeczywiście przy dniu naturalnie jeszcze krótkim. Takiego wyjaśnienia brak jednak w opisie ich badań.

Tworzenie się kwiatów męskich można, jak się wydaje, wykonać przez zabieg pierścieniowania. Arnborg (1946) zapierścieniował jeden z dwu pni rozwidlonego okazu brzozy. Na pniu tym uformowało się pomimo wolniejszego wzrostu 450 kotek męskich, wobec 6 kotek na silniej rosnącym pniu nie pierścieniowanym. Wareing i Longman (1960) stwierdzili, że na obrączkowanych gałązkach dziesięcioletniego drzewa i trzyletnich siewek brzozy pojawiły się bardzo liczne kotki męskie i żeńskie, w przeciwieństwie do nielicznych kotek na gałązkach kontrolnych.

#### ROZSIEWANIE SIĘ PYŁKU

Pylenie jest u brzoź wczesne i bardzo obfite, podobnie jak u innych gatunków wiatropylnych. Przebieg pylenia brzozy brodawkowatej i omszonej badał w Finlandii Sarvas (1952, 1956) za pomocą samorejestrujących urządzeń, mierzących zawartość pyłku w powietrzu. Okazało się, że okres maksymalnego pylenia trwa u obydwu gatunków 2 - 3 dni i przypada na początek kwietnia. Z pylników wydostaje się wtedy 70 - 80% pyłku. W ciągu doby maksymalne pylenie przypada na godzinę 16. Obserwowano również różnice w obfitości pylenia w poszczególnych latach, przy czym jako wartości skrajne ustalono 2 i 125 ziaren pyłku w 1 m<sup>3</sup> powietrza. Pylenie brzoź było w większości przebadanych sezonów wystarczające dla produkcji nasion, przy czym wpływ warunków pogody na jego przebieg był stosunkowo nieznaczny. Stwier-



dzono przy tym wyraźną korelację dodatnią między obfitością kwitnienia a procentowym udziałem zdolnych do kiełkowania nasion w tym samym sezonie wegetacyjnym.

Związek między obfitością pylenia a urodzajem nasion brzoź był przedmiotem wieloletnich badań w Wielkiej Brytanii (Hyde 1951). Okazało się, że i między tymi zjawiskami zachodzi dodatnia korelacja. Poziom obfitości pylenia może więc być ważną wskazówką przy przewidywaniu spodziewanego w danym roku urodzaju nasion.

Różnice zachodzące w poszczególnych latach pod względem pory kwitnienia brzoź dochodzą w NRD do 2 tygodni, co jest następstwem warunków pogody w ostatnich 30 dniach poprzedzających okres pylenia (Scamoni 1955). Od czynników tych zależy według Sarvasa (1956) również nasilenie pylenia i ilość pyłku.

Aż 70 - 90% ziarn pyłku brzozy brodawkowatej i omszonej kiełkuje na znamionach kwiatów żeńskich swego gatunku. Zapłodnienie zalążków możliwe jest jednak jedynie po przeniknięciu łagiewek pyłkowych przez tkanki słupka do zalążka (Eifler 1964). W przypadkach, w których brzoza brodawkowata była partnerem męskim i dostarczała pyłku stwierdzano w krzyżówkach między obydwooma gatunkami wzrost łagiewek pyłkowych. Tłumaczy to łatwość z jaką dochodzi w warunkach naturalnych do powstawania mieszańców brzozy omszonej z brzozą brodawkowatą, jeżeli podczas kwitnienia kwiatów żeńskich pierwszej z nich możliwe jest jeszcze zapylenie pyłkiem drugiej, pylącej wcześniej (Jentys-Szaferowa 1938).

Pyłek brzoź jest przenoszony przez wiatr i turbulencyjne prądy powietrza. Sarvas (1955) stwierdził obfity opad pyłku brzozy brodawkowatej i omszonej na statku-laterniowcu zakotwiczonym na Zatoce Fińskiej w odległości 20 km od brzegu w rejonie Helsinek. Hesselman (1919, w: Scamoni 1955) stwierdzał obecność pyłku brzoź na latarniowcach zakotwiczonych na Zatoce Botnickiej w odległości 30 i 55 km od lądu. Na Wyspach Szetlandzkich\* odległych o 250 km od najbliższych szkockich i o 340 km

\* Na Wyspach Szetlandzkich znajduje się tylko jedno odosobnione stanowisko *B. pubescens*, brak *B. pendula* i *B. nana*.



od norweskich stanowisk brzozy brodawkowatej i omszonej stwierdził Tyldesley (1973) w maju i czerwcu 1970 r. i w kwietniu i maju 1971 r. występowanie pyłku brzozy w liczbie 20 ziaren w  $1 \text{ m}^3$  powietrza na dobę w porze szczytowego nalotu pyłku. W liczbie 30 ziarn na dobę w  $1 \text{ m}^3$  powietrza występował też pyłek sosny, której na Szetlandach brak całkowicie. Na Wyspach Brytyjskich stwierdzono podobne zagęszczenie pyłków, co świadczy o bardzo intensywnym transporcie pyłku nad morzami na dalekie odległości. Erdtmann (1937, w: Scamoni 1955) stwierdził nawet na środku Oceanu Atlantyckiego pomiędzy Europą a Ameryką Północną występowanie pyłku brzozy w liczbie 18 ziarn na  $10\,000 \text{ m}^3$  powietrza.

Nad lądem pyłek brzozy i sosen oraz innych wiatropylnych roślin drzewiastych nie jest przenoszony tak daleko jak nad morzem, a to ze względu na występowanie, niezależnie od poziomego przyływu mas powietrznych, również pionowych ruchów powietrza (wznoszenia i opadania) i prądów turbulencyjnych. W okresie przed listnieniem, szybkość wiatru w drzewostanach jest redukowana do około 20% szybkości nad drzewostanem, po rozwoju liści spada ona do 12 - 15%. Ułatwia to opadanie pyłku roślin wiatropylnych, pochodzącego zarówno z tego samego drzewostanu, jak i nadlatującego spoza niego (Andersen 1975).

Problem udziału niepożądanego pyłku w zapyleniu ma wielkie znaczenie dla drzewostanów i plantacji nasiennych, w których chodzi o produkcję nasion łączących w sobie cechy dziedziczne określonych rodziców. W Niemczech i Finlandii badano to zagadnienie i stwierdzono, że już odległość 300 m chroni dość skutecznie plantację nasienną brzozy przed nalotem obcego pyłku (Dellingshausen 1954), a przy odległości 400 m tylko 5% nasion brzozy brodawkowatej i omszonej pochodzi z zapylenia pyłkiem obcym spoza tego dystansu (Sarvas 1957).

Do sztucznego zapylenia kwiatów żeńskich brzozy należy używać pyłku z kotek męskich zebranych jak najpóźniej, tuż przed wydłużeniem się i otwarciem. Pyłek z kotek wcześniej zebranych i przechowywanych w temperaturze pokojowej ulega szybkiemu zepsuciu. Pyłek należy więc starannie chronić przed wilgocią, a

samo zapylenie na wolnym powietrzu można przeprowadzać tylko przy suchej pogodzie (S a r n j o k i 1941).

Warunki przechowywania pyłku brzozy brodawkowatej i omszonej badał W e r f f t (1951), który stwierdził, że w ciemności pyłek zachowuje żywotność przez 20-48 dni, natomiast ośmiodzinne naświetlenie światłem słonecznym obniża ją silnie. Jeszcze szybciej redukuje tę żywotność światło ultrafioletowe, bo już po 3-6 godzinach oddziaływania. V á c l a v (1958) podaje, że do prób wzrostu łagiewek pyłkowych nadaje się najlepiej 0,0005% roztwór boranu sodu lub 10% roztwór sacharozy w wodzie destylowanej. Zaleca on przechowywanie pyłku brzozy w eksykatorze w 0°C w obecności CaCl<sub>2</sub>. Jeżeli pyłek ma być użyty w ciągu 3 tygodni po pozyskaniu, wtedy w tej temperaturze stosowanie środka suszącego jest zbędne.

Pyłek brzozy brodawkowatej przechowywano (J e n s e n 1964) przez długie okresy w 5°C i w temperaturze pokojowej w szklanych ampulkach, zatapianych po zredukowaniu ciśnienia do 0,015 mm Hg. Okazało się, że w obniżonej temperaturze i w częściowej próżni można było żywotność i zdolność kiełkowania pyłku zachować przez 2½ roku, w niskiej temperaturze przy dostępie powietrza już tylko przez jeden rok (378 dni). Pyłek pozyskuje się zazwyczaj ze ściętych gałązek, umieszczonych w suchym, zamkniętym pomieszczeniu w słojach z wodą dla rozwinięcia się kotek męskich i wypylenia. Zachowany musi być przy tym warunek dobrej izolacji pozyskiwanego pyłku od nalotu niepożądanego pyłku innych drzew lub klonów brzozy. Według L a r s o n a (1958) potraktowanie ran, po przycięciu wstawionych do słoików gałązek z kwiatami kwasem giberelowym (GA<sub>3</sub>) w lanolinie w stężeniu 0,25% lub 1,0% przyspiesza o 16 dni pylenie kwiatów męskich północnoamerykańskiej brzozy *B. papyrifera*. Z jednego cztero-, pięcioletniego drzewa brzozy brodawkowatej, rosnącego w tunelu foliowym pozyskiwano w Finlandii średnio 250 ml pyłku (A n o n i m 1972).

Zapylenie się brzozy badała w Związku Radzieckim F r o l o v a (1956). Autorka ta doszła do wniosku, że udatność zapylenia obcym pyłkiem zależy w warunkach naturalnych od pogody, której



pewne układy mogą zdecydowanie ograniczyć ilość wolnego pyłku w powietrzu. W takich warunkach powstają według Frolovej owoce partenokarpiczne. W warunkach naturalnych drzewa brzozy brodawkowatej i omszonej są samosterylne, pomimo to można uzyskać obfity plon nasion praktycznie z każdego drzewa przez samozapylenie. Jest ono możliwe wtedy, gdy zapylenie przebiega w obniżonej temperaturze (10 - 12°C), która na tym poziomie utrzymuje się przez pewien czas. Na porę zapylenia trzeba wybrać późną fazę gotowości kwiatów żeńskich do zapłodnienia. Przed obcym pyłkiem można się przy tym zabezpieczyć najlepiej przez dokonywanie takich samozapyleń zimą w szklarni (H a g m a n 1963, S t e r n 1963). Stopień depresji rozwojowej związanej z wsobnością jest przy takim postępowaniu zróżnicowany, z reguły powstają nasiona zdolne do dalszego rozwoju. W warunkach naturalnych nasiona brzozy powstają jednak z reguły przez zapylenie pyłkiem obcym.

#### POWSTAWANIE, DOJRZEWANIE I ROZSIEWANIE SIĘ NASION

Po wypyleniu kotki męskie opadają, a kwiatostany żeńskie przekształcają się w walcowate, gęsto zbite szyszeczkę, rozpadające się dopiero po dojrzeniu. Nasiona brzozy brodawkowatej dojrzewają w Polsce w zależności od siedliska i warunków pogody w okresie od lipca do sierpnia, natomiast nasiona później dojrzewającej brzozy omszonej dopiero w sierpniu lub we wrześniu. Szyszeczki uszkodzone rozpadają się niekiedy wcześniej lub trwają w całości do późnej jesieni — zawierają one przeważnie bezwartościowe nasiona (T y s z k i e w i c z 1952). Rozpadanie się szyszerek rozciąga się na stosunkowo długi okres, niekiedy nawet wczesną zimą obserwować można na śniegu świeży opad uskrzydłonych orzeszków (nasion) i łusek owocowych. Łuski owocowe — skórzaste, trójklapowe twory — powstają ze zrośnięcia przykwiatków, ich obrys jest charakterystyczną cechą gatunkową. Owocami brzozy są małe, jednonasienne, żółto-brązowe orzeszki, objęte z dwóch stron błoniastymi skrzydełkami. Bardzo cienki i odporny na działanie wody perykarp (owocnia) składa się według M o r k a (1944) z trzech warstw komórek impregnowanych substancjami tłuszczo-

wymi. Przepuszczalność okryw nasiennych jest dodatkowo jeszcze obniżona przez pokrycie ich zewnętrznej warstwy kutikulą. Właściwości te umożliwiają pływanie nasion brzoź na wodzie całymi miesiącami bez tonięcia. Jeżeli temperatura wody osiąga poziom około 30°C, to nasiona mogą kiełkować zupełnie normalnie na powierzchni wody.

Długość okresu tworzenia się i dojrzewania nasion brzoź jest według Morka (1944) w wysokim stopniu uzależniona od warunków klimatycznych. Okres ten trwa w Norwegii na stanowiskach nizinnych w lata bardzo ciepłe około 2 miesiące, natomiast w latach ze względnie chłodnym okresem wegetacji dojrzewanie nasion przedłuża się do 3<sup>1/2</sup> miesięcy.

Niektóre orzeszki brzoź zawierają nasiona bliźniacze. Występowanie takich nasion stwierdzono w 0,12% orzeszków północnoamerykańskiego gatunku *B. alleghaniensis* (Maini i Wang 1967).

Orzeszki brzoź opadające w październiku i listopadzie lub jeszcze później zawierają nasiona niskiej jakości. Jest ich o tej porze roku już tak niewiele, że zbiór jest bezcelowy. W Ameryce Północnej stwierdzono na przykładzie *B. papyrifera*, że do końca października rozsiewa się do 96% orzeszków (Bjorkbom i inni 1965).

Mały ciężar i obecność skrzydełek umożliwia przenoszenie orzeszków brzoź przez wiatr na pewną odległość od drzewa macierzystego. W Ameryce Północnej stwierdził Benzie (1959), że ze zwartego drzewostanu klonowo-brzozowego orzeszki *B. alleghaniensis* są roznoszone w ilości umożliwiającej efektywne odnowienie naturalne na odległość nie większą niż 100 m.

#### PRODUKCJA NASION

Według Kantora (1950) około 5500 dojrzałych szyszeczek waży 1 kg. Jedna szyszeczka zawiera około 450 nasion, tak więc z 1 kg szyszeczek można pozyskać ok. 2 780 000 nasion. Kantor stwierdził jednak, że na pochodzące z całej Czechosłowacji 182 partie nasion brzoź, zbadane w latach 1947 - 48, średnio 11% nasion było opanowanych przez owada *Oligotrophus betulae*.



Jednonasienne orzeszki brzóz zwane potocznie nasionami są niezwykle lekkie, ciężar 1000 orzeszków brzozy brodawkowatej i omszonej wynosi ok. 0,15 g (Tyszkiewicz 1952), co oznacza, że w 1 g znajduje się około 6700 nasion. Według Arnborga (1947) jedno wielkie drzewo brzozy produkuje w Szwecji w jednym sezonie około 10 000 000 orzeszków.

W owocowaniu brzóz zaznacza się w Polsce na obszarze całego kraju wyraźna przemienność. Co dwa lata przeciętnie urodzaj jest wyższy, wyższa jest wtedy również energia i zdolność kiełkowania nasion i czystość plonu, większy jest zatem udział wyższych klas jakości nasion (klasy I i II) w ogólnej masie nasiennej (Antosiewicz 1975). Na Alasce, a więc w znacznie trudniejszych dla wegetacji roślin warunkach klimatycznych stwierdzono (Zasada i Gregory 1972), że w drzewostanie *B. papyrifera* urodzaj nasion i udział w plonie nasion żywotnych umożliwia najwyżej raz na 4 lata naturalne odnowienie tego gatunku na zrębach zupełnych. Niezależnie od naturalnych cykli intensywności obradzania nasion (co 2 lub 3 lata) zdarzają się czasem lata niezwykle obfitego urodzaju. W Kanadzie w prowincji Ontario obradzanie nasion *B. alleghaniensis* i *B. papyrifera* było w roku 1967 tak silne, że w najintensywniej owocujących częściach koron rozmiary liści były zredukowane lub też liście w ogóle się nie rozwijały. Na pędach owocujących nie powstawały pąki, a w roku następnym końce pędów zasychały na odcinkach 20 - 50 cm długości. W roku obradzania nasion uległ też redukcji przyrost pędów na grubość i długość, u *B. alleghaniensis* redukcja ta uwidoczniła się również w roku następnym (Gross 1972). Opisane powyżej zjawisko obserwowano w tym samym roku również w północnoamerykańskich stanach Michigan i Wisconsin u *B. alleghaniensis* (Kessler 1969).

#### ZBIÓR NASION

Zbioru nasion brzóz dokonuje się, gdy zielone początkowo owocostany zaczynają żółknąć, a po lekkim ściśnięciu palcami nie łamią się już, lecz rozsypują (Tyszkiewicz 1952). Zbioru do-

konuje się z drzew stojących przez osmykiwanie owocostanów z gałązek w możliwie dobrze naświetlonych częściach korony do woreczka zawieszzonego na ramieniu zbieracza. Na zbiór należy wybierać dni ze słoneczną pogodą, aby od samego początku nasiona były możliwie jak najbardziej suche (A n t o s i e w i c z 1975). W przypadku zbioru z drzew leżących należy wybrane drzewa ścinać zaraz po deszczu, szyszeczki są wtedy bardziej odporne na rozpadanie się (A r n b o r g 1947).

Nasiona brzozy brodawkowej przeznaczone do wysiewu letniego lub jesiennego można zebrać wcześniej — w końcu, a czasem nawet na początku lipca (T y s z k i e w i c z 1952). Nasiona przeznaczone do przechowywania można zbierać później.

#### PODSUSZANIE I PRZECHOWYWANIE NASION

Szyszeczki brzozy rozłożone w suchym miejscu w warstwie grubości 3 - 4 cm i często (co najmniej 5 razy dziennie) przegarniane, rozsypują się całkowicie (T y s z k i e w i c z 1952). Można je rozłożyć w grubszej dziesięciocentymetrowej warstwie na płachcie lnianej rozpiętej na ramie i podwieszanej w miejscu przewiewnym, lecz zacisznym. W takim przypadku wskazane jest tym bardziej częste przegarnianie szyszek aż do całkowitego rozsypania się. Otrzymuje się mieszaninę łusek owocowych i orzeszków, przy czym czystość plonu waha się w granicach 35 - 38%. W latach wysokiego urodzaju czystość dochodzi do górnej granicy tego przedziału ze względu na wyższy wtedy ciężar orzeszków.

Zawartość wody w świeżej masie dojrzałych orzeszków brzozy dochodzi według V i n c e n t a (1948) do 13 - 14%, niekiedy bywa ona jednak wyższa. Nasiona przeznaczone do przechowywania wymagają zatem podsuszenia. Nasiona brzozy brodawkowej i omszonej pozyskane w październiku w okolicach Moskwy, podsuszone do 10 - 11% zawartości wody i przechowywane w papierowych torebkach w temperaturze pokojowej kiełkowały na pierwszą, drugą i trzecią wiosnę po zbiorze w 97%, 99% i 32% wyjściowej zdolności kiełkowania świeżo zebranych nasion czystych (P r i v a



lov 1960). Od trzeciej wiosny począwszy obserwowano bardzo silny spadek energii kiełkowania (do 0,7%), osiągającej w pierwszych dwu sezonach wiosennych 94,8% i 98,5%.

Nasiona brzoź można bardzo silnie podsuszać. Joseph (1929) podsuszał orzeszki *B. papyrifera* do 0,6%, a orzeszki *B. populifolia* do 5,8% zawartości wody bez jakichkolwiek ujemnych następstw. Udowodnił on również, że w obniżonej temperaturze można przechowywać nasiona brzoź podsuszone stosunkowo nieznacznie, co zostało potwierdzone przez Holmesa i Buszewicza (1956), którzy orzeszki *B. pendula* przechowywali przez 4 lata w temperaturze  $-4^{\circ}\text{C}$  i  $2^{\circ}\text{C}$  przy 12% zawartości wody. Zdolność kiełkowania obniżyła się w tym czasie z początkowych 27% do 18 - 19%. Nasiona przechowywane w worku w chłodnym pomieszczeniu traciły całkowicie żywotność w ciągu 2 lat (Holmes i Buszewicz 1959). W Czechosłowacji przechowywał Vincent (1958, 1960) nasiona brzozy brodawkowatej po podsuszeniu przez 48 godzin w  $30^{\circ}\text{C}$  do 6 - 8% zawartości wody przez 4 lata w  $2 - 4^{\circ}\text{C}$  w szczelnie zamkniętych butelkach. Zdolność kiełkowania nasion nie ulegała zmianie przez pierwsze 3 lata, w czwartym roku obniżyła się do 50 - 65% wyjściowego poziomu. Nasiona przechowywane w tych samych warunkach bez podsuszenia charakteryzowała po 4 latach zdolność kiełkowania o połowę przeszło niższa. Nasiona przechowywane w woreczkach były po 4 latach w 100% martwe. Bardzo silnie podsuszał nasiona brzozy brodawkowatej Schönborn (1964), używając do tego celu prądu powietrza osuszonego higroskopijnym żelem krzemionkowym. Po kilku tygodniach uzyskał on całkowite odwodnienie orzeszków, co nie wpłynęło ujemnie na zdolność kiełkowania nasion ani bezpośrednio po wysuszeniu ani po sześciomiesięcznym przechowywaniu. Nasiona brzoź cechuje według Schönborna niezwykła odporność na działanie niskich temperatur i to przy stosunkowo wysokiej zawartości wody. Obniżenie poziomu uwodnienia orzeszków do 15% wody w świeżej masie chroni nasiona całkowicie przed uszkodzeniem przez mróz nawet w  $-70^{\circ}\text{C}$ . Jeżeli orzeszki mają być przechowywane krócej niż przez 2 lata, wtedy wystarcza według Schönborna ich podsuszenie do 16% zawartości wody i przecho-

wywanie ich w temperaturze dowolnej zakresu od  $-4^{\circ}$  do  $-10^{\circ}\text{C}$ . Do przechowywania wieloletniego zaleca Schönborn podsuszenie orzeszków do poziomu zawartości wody niższego od 4% i stosowanie całkowicie szczelnych pojemników. Temperatura przechowywania może wtedy być taka sama lub jeszcze niższa niż powyżej podana. Zalecenia te odnoszą się również do nasion brzozy omszonej.

Nasiona *B. alleghaniensis* i *B. papyrifera* przechowywane po podsuszeniu w temperaturze pokojowej w zamkniętych pojemnikach w temperaturze  $2 - 4^{\circ}\text{C}$  kiełkowały średnio po 4 latach w 60,6% i 78,4%, a po 8 latach w 26,4% i 31,5%. Pomiedzy poszczególnymi partiami nasion uwidaczniała się jednak duża zmienność zdolności kiełkowania (Clausen 1965, 1970). Doskonale wyniki uzyskał w Szwecji Sinko (1973) przy przechowywaniu nasion brzozy brodawkowatej i omszonej w  $3 - 8^{\circ}\text{C}$  w zamkniętych szczelnie pojemnikach, na których dnie znajdował się  $\text{CaCl}_2$  jako środek suszący. Po 5 latach spadek zdolności kiełkowania nie przekraczał 4%, jednak w miarę upływu czasu silniej obniżała się energia kiełkowania, podobnie jak w badaniach Privalova (1960).

#### CZYSZCZENIE NASION

Orzeszków nie oddziela się zazwyczaj od łusek owocowych, lecz po podsuszeniu wysiewa się ich mieszaninę. W latach dobrego urodzaju nasion udział wagowy orzeszków w takiej mieszaninie wynosi w Polsce średnio 37,9%, w latach urodzaju słabego 35,2% (Antosiewicz 1975). W jednym kilogramie mieszaniny łusek i orzeszków znajduje się zwykle ponad 500 000 zdolnych do kiełkowania nasion (Tyszkiewicz 1952).

Do oddzielania orzeszków od łusek owocowych używane są precyzyjne wialnie-czyszczalnie. Możliwe są jednak i inne rozwiązania techniczne do oczyszczania nasion. W Szwecji skonstruowano czyszczalnię oddzielającą orzeszki od łusek, po czym same orzesz-



ki są spławiane za pomocą 80% i 96% etanolu lub czterochlorku węgla i heksanu, co umożliwia oddzielenie orzeszków pełnych od pustych. Nasiona czyste po dwóch miesiącach przechowywania w szczelnie zamkniętych butelkach w temperaturze pokojowej lub w  $-20^{\circ}\text{C}$  kiełkowały w 98 - 99% (Björkroth 1973). Dokładne oczyszczenie umożliwiło otoczkowanie orzeszków, a nasiona kiełkowały w sprzyjających warunkach nie gorzej od materiału nie otoczkowanego (Björkroth 1972).

#### SPOCZYNEK NASION

Zarodki brzozy brodawkowatej i omszonej wyjęte z nasion kiełkują bez zwłoki na świetle i w ciemności (Black 1956, Black i Wareing 1959). Nasiona obydwu gatunków pozostawione w nienaruszonych orzeszkach, nie poddane działaniu obniżonej temperatury, wymagają światła do skiełkowania w temperaturze pokojowej. W ciemności nasiona takie zaczynają kiełkować z opóźnieniem, a przebieg kiełkowania jest bardzo powolny. Zadrapanie, nakłucie lub inne naruszenie okryw nasiennych podwyższa procent nasion zdolnych do kiełkowania w ciemności, być może dzięki lepszemu dostępowi tlenu do nasion. Wymienieni powyżej autorzy wykstrahowali wodą z całych orzeszków brzozy inhibitor, posiadający własność hamowania kiełkowania i narzucania izolowanym zarodkom brzozy takich samych wymagań świetlnych jakie charakteryzują nasiona w orzeszkach całych. Istota działania tego inhibitora mogłaby więc polegać na podwyższaniu zapotrzebowania zarodka na tlen, którego dostęp jest utrudniony przez okrywy nasienne. Z drugiej znów strony, udostępnienie dopływu tlenu do wnętrza nasion może przyczyniać się do inaktywacji inhibitora na drodze utleniania. Hamowanie w ciemności kiełkowania napeczniałych nasion *B. alleghaniensis* i *B. papyrifera* i stymulacja kiełkowania przy oświetleniu sztucznym dowodzi, że również u geograficznie odległych gatunków mechanizm regulacji kiełkowania może być podobny jak u gatunków europejskich (Yelenosky 1961).



Wymuszony przez obecność okryw nasiennych spoczynek nasion brzoź można przewyciężyć przez oddziaływanie na napeężniałe orzeszki obniżoną temperaturą przy dostępie powietrza, a więc przez ich chłodną stratyfikację. Obecność podłoża stratyfikacyjnego (np. piasek lub piasek z torfem) jest wskazana, ale nie jest konieczna.

Nasiona brzozy brodawkowatej traktowane temperaturą 0 - 10°C przez 30 - 60 dni kiełkują energicznie na świetle i w ciemności (A n o n i m 1948).

Spoczynek nasion *B. papyrifera* i *B. occidentalis* (V a a r t a j a 1957) można również przewyciężyć skutecznie kwasem gibberelowym (GA<sub>3</sub>), znajdującym się w stężeniu 50 - 250 ppm w podłożu agarowym (1‰ w wodzie wodociągowej). Nasiona wysiane na takie podłoże kiełkują w ciemności i w stosunkowo niskiej temperaturze, bo w 13°C, podczas gdy brak światła i temperatura poniżej 20°C hamuje kiełkowanie nie traktowanych gibereliną nasion kontrolnych.

Ogrodnicy-praktycy od dawna zdawali sobie sprawę ze spoczynku nasion brzoź, który przewyciężali przez wysiew nasion przed zimą i pokrywanie skrzynek z wysiewami śniegiem na całą zimę (W r ó b l e w s k i 1931).

#### JAKOŚĆ NASION I JEJ OCENA

Nasiona brzoź wysokiej jakości cechuje odpowiedni ciężar nasion czystych i zadowalająca energia i zdolność kiełkowania. Uzyskanie wartościowego materiału nasiennego zależy od poprawnego postępowania od momentu wyboru drzew mających dostarczyć nasiona i zerwania szyszeczek aż do przystąpienia do wysiewu orzeszków. T y s z k i e w i c z (1952) wymienia następujące błędy popełniane w pozyskiwaniu i postępowaniu z nasionami brzoź: nierozróżnianie gatunków i mieszanie nasion, przedwczesny zbiór, dopuszczanie do zaparzenia się nasion bezpośrednio po zbiorze a przed rozsypaniem się szyszeczek, ubijanie nasion przy pakowaniu przed wysyłką lub przed przechowywaniem. Zapobiec można



szkodom powodowanym przez niewłaściwe obchodzenie się z materiałem nasiennym przez przechowywanie nasion luzem w wąskich workach lub w skrzynkach (przez 1 zimę), przez unikanie ścisłego ich pakowania i przez przekładanie warstw nasion co 10 cm arkuszem papieru lub też przez ich przechowywanie w szczelnie zamkniętych, niewielkich butlach szklanych. Po otrzymaniu tak przechowywanych nasion należy je zaraz rozpakować i rozsypać warstwą grubości 3 - 4 cm.

Jakość nasion brzoź jest wyższa w latach wysokiego urodzaju; dotyczy to zarówno energii, jak i zdolności kiełkowania (Antosiewicz 1975).

W Polsce nasiona brzoź są w zależności od poziomu energii i zdolności kiełkowania zaliczane do różnych klas jakości. Według obowiązującej obecnie normy branżowej (Anonim 1976a) kryteria podziału nasion krajowych brzoź na klasy są następujące:

|                          | Klasa I | Klasa II | Klasa III |
|--------------------------|---------|----------|-----------|
| Zdolność kiełkowania w % | 41      | 26       | 10        |
| Energia kiełkowania w %  | 31      | 14       | 5         |
| Czystość w % wag.        | 30      | 30       | 30        |

Podane wyżej wartości procentowe są dolną dopuszczalną granicą poziomu zdolności i energii kiełkowania oraz czystości.

Do wydzielenia orzeszków pełnych w próbie czystości można używać diafanoskopu (podświetlacza), wyposażonego w szybę ze szkła mlecznego, podświetloną silnym źródłem światła skupionego na szybie za pomocą odpowiedniej soczewki. Na diafanoskopie można z pewnym przybliżeniem oddzielić nasiona pełne od pustych. Przejrzystość orzeszków brzozy można zwiększyć przez moczenie ich w alkoholu i glicerynie (Minin 1934, w: Holmes 1951). Tą metodą można oprócz nasion pustych wydzielić też nasiona z niedorozwiniętymi zarodkami (Patterson i Bunce 1951).

Próbki nasion brzozy pobiera się do oceny z partii wyjściowej, w której orzeszki są zwykle zmieszane z łuskami. Ciężar połączonych próbek pobranych losowo lub według pewnego schematu z



różnych warstw i miejsc partii wyjściowej powinien wynosić według norm polskich co najmniej 50 g. Z tej próbki nasion pobierana jest próbka średnia o ciężarze 10 g, która nie może reprezentować więcej niż 30 kg partii wyjściowej. Do stacji oceny nasion wysyła się próbkę średnią, z której pobierana jest tam próbka ścisła o ciężarze 0,5 g. Służy ona do wykonania oceny zawartości wody i próby czystości. Z nasion czystych wydzielonych podczas próby czystości pobiera się nasiona do próby kiełkowania. Według norm polskich wyróżnia się na podstawie wyniku próby czystości 3 poziomy czystości nasion brzoź, określające udział procentowy ciężaru nasion czystych w łącznym ciężarze nasion, łusek i zanieczyszczeń. Kryteria tego podziału są następujące: 20<sup>0</sup>/<sub>0</sub> — poziom dopuszczalny, 30<sup>0</sup>/<sub>0</sub> — poziom średni (normalny), 50<sup>0</sup>/<sub>0</sub> — poziom wysoki.

Próby kiełkowania nasion brzoź przeprowadza się w Polsce na kiełkowniku Jacobsena na wilgotnej bibule i przy naturalnym świetle dziennym. Każdą próbę kiełkowania wykonuje się w 4 powtórzeniach po 100 nasion każde. Temperatura podłoża (bibuły) powinna być w ciągu doby zmienna w zakresie 23 - 27°C, przy czym wyższa temperatura powinna oddziaływać na nasiona przez 2 godziny. Energię kiełkowania wyraża średni procent nasion normalnie kiełkujących w ciągu 7 dni, natomiast zdolność kiełkowania ocenia się po 14 dniach.

Normy ISTA \* dotyczące prób kiełkowania nasion brzoź odbiegają nieco od norm polskich. Temperatura ma wprawdzie być również zmienna, lecz w zakresie 20 - 30°C. Czas trwania poszczególnych faz cieplnych cyklu dobowego powinien wynosić 16 i 8 godzin. Energię i zdolność kiełkowania oznacza się po 7 i 21 dniach. Wysiewa się przy tym na bibule kiełkownika nie określoną liczbę nasion w każdym z 4 powtórzeń, lecz określony ich ciężar (0,02 g) — można jednak wysiewać również 4×100 nasion czystych. W czasie trwania próby kiełkowania należy zapewnić oświetlenie nasion na kiełkowniku o intensywności 750 - 1250 lx, przez co najmniej 8 godzin w ciągu doby (A n o n i m 1976b).

\* ISTA — International Seed Testing Association.



Normy oceny nasion powstają dzięki uzgadnianiu pomiędzy różnymi stacjami wypróbowanych empirycznie dla poszczególnych gatunków sposobów postępowania, które często są uzupełniane przez celowo przeprowadzane badania porównawcze. W przypadku nasion brzoź niewiele badań metodycznych poprzedziło sformułowanie zasad przeprowadzania prób kiełkowania. Konieczny według przepisów ISTA dwudziestojednodniowy okres oznaczania zdolności kiełkowania nasion brzozy brodawkowatej i omszonej był przyjmowany najpierw na zasadzie wieloletniego doświadczenia w stacjach zachodnioeuropejskich (Rohmeder 1938), a później znalazł potwierdzenie w wynikach doświadczeń (Rohmeder 1951). W Polsce, na podstawie własnych doświadczeń, uznano za wystarczający czternastodniowy okres próby kiełkowania (Tyszkiewicz 1939). Konieczność normalizacji oświetlenia nasion podczas prób kiełkowania wynikała najwcześniej w krajach północnych, charakteryzujących się krótkim dniem zimowym. Dlatego też dopiero Sarvas (1951) stwierdził w Finlandii, że nasiona brzozy brodawkowatej i omszonej kiełkują szybciej na świetle niż w ciemności, chociaż poziomy zdolności kiełkowania są podobne. Stosowana empirycznie temperatura 20°C znalazła uzasadnienie w przeprowadzonych w Norwegii badaniach Morka (1952), który ustalił doświadczalnie, że minimalna temperatura kiełkowania nasion brzozy brodawkowatej świeżo pozyskanej lub przechowywanej w temperaturze pokojowej wynosi 20°C. Autor ten stwierdził również, że nasiona tej brzozy wysiane jesienią, zimujące wprawdzie pod działaniem temperatur dochodzących do -10°C, a pozostające aż do końca zimy pod śniegiem, charakteryzowało obniżenie poziomu minimalnej temperatury kiełkowania do 10°C. Nasiona te zachowały pełną zdolność kiełkowania, która uwidoczniła się najlepiej w próbie kiełkowania przebiegającej w 15°C, jednakże dopiero po 29 - 33 dniach. Przebieg kiełkowania jest więc modyfikowany silnie przez czynniki środowiska naturalnego.

Do oceny nasion brzoź można również wykorzystać metodę rentgenograficzną (Björkroth 1973, Smirnova 1975), która pozwala na wydzielenie orzeszków pełnych, pustych, opanowa-



nych przez owady i orzeszków z niedorozwiniętymi nasionami. Orzeszki te po posegregowaniu mogą być użyte do próby kiełkowania.

#### KIEŁKOWANIE NASION

Nasiona brzoź charakteryzuje spoczynek wymuszony, warunkowany przez obecność okryw nasiennych. W okrywkach tych zlokalizowany jest inhibitor będący przypuszczalną przyczyną tego spoczynku. Wskazują na to wyniki badań przeprowadzone nad nasionami *B. pendula* i *B. pubescens* (Black 1956, Black i Wareing 1954, 1959) i *B. alleghaniensis* (Redmond i Robinson 1954). Spoczynek ten objawia się w powstrzymaniu się niestratyfikowanych nasion od kiełkowania w ciemności, nawet w podwyższonych temperaturach. Na świetle uniemożliwia on kiełkowanie nasion w temperaturach niższych od 12 - 15°C, zanika jednak w miarę wzrostu temperatury kiełkowania do optimum w 24°C.

Wyniki nowszych badań uwiaryściły możliwość zastąpienia obniżonej temperatury, przyczyniającej się do ustąpienia spoczynku napełnionych nasion, oddziaływaniem światła. Gdy próby kiełkowania niestratyfikowanych nasion brzoź przebiegają przy dniu długim lub przy oświetleniu ciągłym, wtedy przestaje być konieczne uprzednie chłodzenie nasion, czyli ich stratyfikacja zwłaszcza wtedy, gdy kiełkowanie przebiega w temperaturach niższych od 20°C (Black i Wareing 1954, 1955, Vaartaja 1956, 1959, Wareing 1959, Valanne 1973).

Podobnie jak światło działa również na zarodki spoczynkowych nasion brzoź podwyższenie ciśnienia tlenu w otaczającym je powietrzu, co umożliwia szybkie przezwycięzenie przyczyn wywołujących stan spoczynku (Black 1956). Kiełkowanie nasion *B. nana* można w tym samym stopniu co przez chłodną stratyfikację zintensyfikować przez traktowanie kwasem gibberelowym (Junttila 1970).

Podane powyżej przykłady uwiaryściwiają złożoność oddziaływań różnych czynników wewnętrznych i zewnętrznych na kieł-



kowanie nasion brzoź i jego przebieg. Poniżej omówiono, o ile to było możliwe, ich wpływ na kiełkowanie bez omawiania innych czynników współdziałających.

#### CZYNNIKI ŚRODOWISKA NATURALNEGO

##### Odczyn podłoża glebowego

Wpływ odczynu gleby na kiełkowanie nasion brzozy brodawkowej badał Rudnicki (1953). Punktem wyjściowym w tych badaniach było stwierdzenie, że brzoza nie odnawia się na glebach o pH niższym od 5,0. Wyniki badań potwierdziły tę obserwację, gdyż w miarę wzrostu pH od 5,0 do 7,0 wzrastała również liczba nasion kiełkujących z 20% do 66% poziomu laboratoryjnej zdolności kiełkowania, wynoszącej 31%. Odczyn gleby optymalny dla kiełkowania znajduje się prawdopodobnie przy pH 6,5.

##### Oddziaływanie obniżonych temperatur dodatnich

W warunkach naturalnych nasiona brzoź rozsiane jesienią na powierzchni gleby pęczniają pod wpływem opadów i wilgoci glebowej, a po pokryciu śniegiem znajdują w temperaturze bliskiej 0°C warunki, w których może ustąpić ich spoczynek. Warunkiem prawidłowego przebiegu tego procesu jest temperatura niska, lecz dodatnia. Nasiona brzoź wysiewane w szkółkach wiosną można przed wysiewem poddać sztucznej stratyfikacji, trwającej 4-8 tygodni i przebiegającej w stałej temperaturze, nieco wyższej od 0°C (Brinkman 1974). Sztuczna stratyfikacja imituje więc warunki panujące zimą pod śniegiem i późną jesienią i wczesną wiosną na niepokrytej śniegiem, wilgotnej powierzchni gleby.

W ZSRR Nekrasov (1960) opracował dla rejonu Moskwy sposób przedsięwziętego traktowania nasion brzozy brodawkowej, równoznaczny z naturalnym chłodzeniem napełnianych nasion pod śniegiem. Polega on na moczeniu nasion w pierwszych dniach marca przez dobę w wodzie, a następnie na ich przetrzymaniu w temperaturze pokojowej do pierwszych objawów rozpoczynające-



go się kiełkowania. Po tym powinno nastąpić zmieszanie nasion w drewnianym naczyniu z objętościowo pięciokrotnie większą ilością śniegu i pokrycie tego naczynia w miejscu ocienionym kopcem śniegu metrowej wysokości. Chłodzenie napęczniałych nasion w śniegu może trwać 20 - 60 dni. W odpowiednim momencie po stopieniu śniegu można wysiać nasiona na zagonie w szkółce.

Nasiona brzoź można stratyfikować w chłodni w szklanych słojach czy plastikowych pojemnikach, same lub zmieszane z wilgotnym piaskiem, miałem torfowym lub z mieszaniną tych dwu składników. Wysiewać należy stratyfikowane nasiona wraz z tym materiałem, jeżeli zastosowano taki sposób stratyfikacji. Przed wysiewem wiosennym wskazana jest stratyfikacja chłodna w 0 - 10°C, trwająca dla nasion *B. pendula* 30 - 40 dni, dla *B. pubescens* 30 - 60 dni (Anonim 1948, Brinkman 1974).

#### Temperatura okresu kiełkowania

Black i Wareing (1954, 1955) stwierdzili, że kiełkowanie nasion *B. pubescens* nie poddanych po napęcznieniu działaniu obniżonej temperatury, zależy zarówno od fotoperiodu i rodzaju oświetlenia, jak i od temperatury. Przy długim dniu procent nasion kiełkujących w 15°C jest wysoki, a przy dniu krótkim niski. Po podwyższeniu temperatury do 20°C wpływ fotoperiodu zanika, a zdolność kiełkowania pozostaje wysoka, bez względu na długość dnia. Stratyfikowane w chłodzie nasiona *B. pubescens* nie potrzebują w ogóle światła do skiełkowania. Vaartaja (1956) udowodnił, że również nasiona *B. pendula* są wrażliwe na długość fotoperiodu, a wyraźna korelacja zachodzi między ich zdolnością kiełkowania a intensywnością oświetlenia.

W Finlandii badano wpływ temperatur stałych zakresu 6 - 36°C na kiełkowanie nasion *B. pendula* przy szesnastogodzinnym dniu (Vaarama i Valanne 1970, Valanne 1973). Do 17 dnia próby nasiona kiełkowały w następującym procencie:

|      |       |      |       |
|------|-------|------|-------|
| 6°C  | 0,0%  | 16°C | 86,0% |
| 8°C  | 0,5%  | 26°C | 87,3% |
| 10°C | 83,5% | 36°C | 54,5% |



Okazało się, że poniżej pewnego progu termicznego ( $8^{\circ}\text{C}$ ) nasiona brzozy nie mogły skielkować na świetle w czasie przeznaczonym na próbę kiełkowania, pomimo wystarczająco silnego oświetlenia. W  $6^{\circ}\text{C}$  nie obserwowano kiełkowania nasion nawet po 2 miesiącach. Pomiędzy  $26$  a  $36^{\circ}\text{C}$  uwidocznił się drugi próg termiczny, powyżej którego następował silny spadek zdolności kiełkowania nasion.

V a a r a m a i V a l a n n e (1970) badali również kiełkowanie nasion *B. pendula*, *B. pubescens* i *B. alleghaniensis*, przechowywanych uprzednio w  $6^{\circ}\text{C}$  w workach z folii polietylenowej. Próby kiełkowania przebiegały przy oświetleniu ciągłym o intensywności  $2000\text{ lx}$ , w różnych temperaturach zakresu  $8 - 20^{\circ}\text{C}$ . Nasiona obydwu gatunków europejskich kiełkowały najintensywniej, bo w  $80\%$  już w  $14^{\circ}\text{C}$  w ciągu 2 tygodni, nasiona brzozy amerykańskiej w  $20^{\circ}\text{C}$  i w ciągu 3 tygodni. Odmienny był dla poszczególnych gatunków poziom temperatury, przy którym w podanych powyżej warunkach świetlnych kiełkował już pewien choćby procent nasion, a mianowicie  $8 - 10^{\circ}\text{C}$  dla *B. pendula*,  $10 - 12^{\circ}\text{C}$  dla *B. pubescens* i  $16 - 18^{\circ}\text{C}$  dla *B. alleghaniensis*. W temperaturach  $8, 10$  i  $12^{\circ}\text{C}$ , a więc niższych od temperatury optymalnej procent kiełkujących w ciągu 2 tygodni nasion *B. pubescens* i *B. pendula* malał ze spadkiem temperatury. Przez przeniesienie tych nasion na następne 2 tygodnie do stałej temperatury  $24^{\circ}\text{C}$  uzyskał Vaarama i Valanne silne podwyższenie zdolności kiełkowania do poziomu  $70 - 80\%$ . Nasiona *B. alleghaniensis*, które w ciągu 3 tygodni pobytu w podanych powyżej temperaturach niskich nie kiełkowały w ogóle, po przeniesieniu do  $24^{\circ}\text{C}$  osiągały w ciągu następnych 3 tygodni zdolność kiełkowania na poziomie  $78 - 83\%$ .

Nasiona brzozy kiełkują znacznie lepiej w temperaturze zmiennej w cyklu dobowym niż w temperaturze stałej. W warunkach naturalnych temperaturę powierzchniowej warstwy gleby cechują tego rodzaju zmiany o dużej amplitudzie. Z tego też powodu przepisy ISTA (A n o n i m 1976) zalecają stosowanie w próbach kiełkowania nasion brzozy temperatury cyklicznie zmiennej ( $20 - 30^{\circ}\text{C}$ ,  $16+8$  godzin).

V a a r a m a i V a l a n n e (1970) badali również wpływ chłó-



dzenia w wodzie w 6°C na kiełkowanie nasion *B. pendula* po wysiewie na bibule w 26°C przy szesnastogodzinnym oświetleniu na dobę o intensywności 2000 lx. Chłodzenie nasion w wodzie przedłużano stopniowo od 7 do 17 dni. Podczas moczenia nasion nie obserwowano żadnych oznak kiełkowania, natomiast w ciągu następnych 10 dni w 26°C nasiona kiełkowały szybko do 86 - 91%. Najlepszy wynik próby kiełkowania w 26°C uzyskano po najkrótszym, bo siedmiodniowym okresie chłodnego moczenia. Chłodzenie nasion w wodzie odgrywa więc podobną rolę co chłodna stratyfikacja. Nie jest również wykluczone, że w wodzie wymywane są z okryw orzeszków inhibitory kiełkowania nasion.

### Światło

Niektóre zagadnienia związane z oddziaływaniem światła na kiełkowanie nasion brzoź poruszono z konieczności przy omawianiu wpływu temperatury na ten proces. U podstaw oddziaływań świetlnych leżą zjawiska odkryte przez Blacka i Wareinga (1954, 1955) i Wareinga (1959), którzy stwierdzili między innymi, że najbardziej aktywna okazała się przy stymulacji kiełkowania nasion brzoź czerwona część widma świetlnego.

Gruntowne studia nad wpływem światła na kiełkowanie nasion *B. pendula* i *B. pubescens* prowadzono w Finlandii (Vaarama i Valanne 1970, Valanne 1973) i w Norwegii (Junttila 1976). Vaarama i Valanne (1970) stwierdzili, że nasiona *B. pendula* uzyskują zdolność do maksymalnego kiełkowania w 24°C w ciemności, w której normalnie nie kiełkują lub kiełkują w niskim procencie, po naświetleniu przez 3 godziny (2000 lx) w stanie napeężniałym. Pęcznienie nasion przebiegało też w ciemności i w tej samej temperaturze 24°C. Nasiona te kiełkowały w ciągu 5 - 7 dni w 86,5%, ale naświetlane tylko przez 1 godzinę kiełkowały w 22,3% do 7 dnia, a w 32,3% do 13 dnia. Nie naświetlane w ogóle nasiona kontrolne kiełkowały w tym doświadczeniu w zaledwie 3,5%, nasiona innej partii w 17%. W warunkach naturalnych nasiona są naświetlane światłem dziennym w okresie rozsywania się szyszeczek, dlatego też fakt ich wrażliwości na dzia-



lanie światła długo nie docierał do świadomości biologów nasion. Ci sami fińscy badacze próbowali ustalić czas trwania świetlnej indukcji kiełkowania nasion *B. pendula* i *B. pubescens* w zależności od intensywności światła. Nasiona były naświetlane przez coraz bardziej wydłużane okresy (od 20 minut do 27 godzin) światłem różnej intensywności od 400 do 50 000 lx. Okazało się, że trzygodzinne naświetlenie nasion obydwu gatunków światłem o intensywności 2000 lx pozwalało osiągnąć maksymalny poziom zdolności kiełkowania w ciemności, dochodzący w przypadku nasion *B. pendula* do 80,5<sup>0</sup>%, a nasion *B. pubescens* do 73,3<sup>0</sup>%. Przy zastosowaniu oświetlenia o intensywności 400 lx osiągnano w przypadku *B. pendula* prawie ten sam efekt również po 3 godzinach, natomiast nasiona *B. pubescens* musiały być naświetlane aż 27 godzin, a mimo to kiełkowały tylko w 65,3<sup>0</sup>%. Wyniki tych badań unaocznily fakt, że światło o stosunkowo niskiej intensywności wystarcza już do likwidacji inhibicji kiełkowania, znamionującej nasiona brzoź, które po napęcznieniu nie znalazły się nigdy pod działaniem światła. Nie chodzi tu bynajmniej o określoną dawkę energii świetlnej, skoro godzinne naświetlenie nasion *B. pubescens* lub dwudziestominutowe nasion *B. pendula* światłem o intensywności 50 000 lx nie przyczyniło się wcale do podwyższenia procentu nasion kiełkujących w ciemności.

Wpływ światła na kiełkowanie nasion brzoź został poznany jeszcze lepiej dzięki badaniom nad efektywnością promieniowania elektromagnetycznego w różnych pasmach widma w zakresie widzialnym. Stwierdzono bowiem (Black i Wareing 1956, Wareing 1959), że światło niebieskie nie aktywizuje kiełkowania nasion, światło czerwone silnie stymuluje ten proces, a promieniowanie w zakresie dalekiej czerwieni anuluje efekty uzyskane za pomocą światła czerwonego. Wyniki te wskazywałyby na obecność i funkcjonowanie w nasionach brzoź kontrolowanego przez światło systemu fitochromowego.

Długość fali świetlnej aktywnie indukująca zdolność do kiełkowania w napęczniałych w ciemności nasionach *B. pendula* i *B. pubescens* po ich ponownym przeniesieniu do ciemności, była przedmiotem badań prowadzonych w Finlandii przez Vaaramę i



Valanne (1970). Nasiona przebywały zawsze w temperaturze  $24^{\circ}\text{C}$ , a intensywność światła wynosiła przy każdej długości fali świetlnej około 1000 lx. Okazało się, że światło niebiesko-zielone (490 nm) i jeszcze bardziej światło czerwone (650 nm) przyczynia się u obydwu gatunków do silnego wzrostu zdolności kiełkowania. Silniejsze efekty osiągnęto, gdy czas naświetlania był stosunkowo krótki, od 1 do 4 godzin. Przewaga światła czerwonego nad zielono-niebieskim zanikała, gdy czas naświetlania nasion wydłużano od 6 do 24 godzin. Przy czasie naświetlania wynoszącym 24 godziny uzyskiwano przez zastosowanie światła zielonego (545 nm) efekty tego samego prawie rzędu co przez naświetlanie światłem czerwonym. Efektywne powstrzymanie nasion od kiełkowania stwierdzano natomiast po naświetleniu światłem niebieskim (650 nm lub 665 nm, w zależności od źródła światła), przy czym czas trwania naświetlania nie odgrywał większej roli. Ten sam efekt otrzymano po poddaniu nasion napromieniowaniu w zakresie dalekiej czerwieni przez czas krótszy przy 710 nm lub dłuższy przy 734 nm. We wszystkich tych badaniach nasiona naświetlane po całodobowym pęcznieniu w ciemności kiełkowały średnio o około 100% lepiej niż nasiona naświetlane w stanie podsuszonym. Ujawnia to fakt pewnej wrażliwości na działanie światła nasion stosunkowo silnie odwodnionych.

Badania nad wpływem światła czerwonego i światła z zakresu dalekiej czerwieni na kiełkowanie nasion *B. pendula* i *B. pubescens* prowadził Junttila (1976). Do badań swych użył on nasion pochodzących z różnych szerokości geograficznych z Finlandii i Norwegii, a wszystkie badania przeprowadzał w temperaturze  $24^{\circ}\text{C}$ . Ich celem było ustalenie najkrótszego czasu naświetlania, koniecznego do wywołania indukcji świetlnej, ustalenie poziomu energetycznego naświetlania oraz warunków odwracalności efektu uzyskanego przez zastosowanie światła czerwonego. Okazało się, że już minutowa ekspozycja nasion *B. pendula* na światło czerwone (660 nm) o intensywności promieniowania  $4,24 \mu\text{W} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$ , przyczyniła się do skiełkowania w ciemności 80% zdolnych do kiełkowania nasion. W zakresie intensywności promieniowania od 0,64 do  $4,24 \mu\text{W} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$  dawka energii świetlnej w świetle czer-



wonym rzędu  $100 - 170 \mu\text{W} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1} \cdot \text{s}$  wystarczała do skielkowania 50% żywotnych nasion. Nasiona *B. pubescens* reagowały w niewielkim procencie na krótkotrwałe naświetlenie światłem czerwonym, a większość nasion kiełkowała dopiero po naświetleniu długotrwałym, dochodzącym do 48 godzin i to przy różnej intensywności promieniowania świetlnego.

Przedmiotem badań Junnttili (1976) było również zagadnienie odwracalności sterowanej przez system fitochromowy reakcji nasion *B. pendula* i *B. pubescens*. Okazało się, że efekt uzyskany przez naświetlenie napęczniałych w ciemności nasion obydwu gatunków światłem czerwonym przez 15 - 60 minut był całkowicie anulowany przez naświetlenie daleką czerwienią, trwające 5 - 200 sekund. Objawiało się to utratą nabytej na świetle czerwonym zdolności do pełnego kiełkowania. Ponowne naświetlenie takich nasion światłem czerwonym przez 5 minut przywracało im zdolność do kiełkowania w ciemności. Po przedłużeniu ponad 6 godzin czasu oddziaływania światła czerwonego z następującym po nim poddaniem nasion działaniu dalekiej czerwieni efektywność tej ostatniej stopniowo zanikała. Inaktywacja formy  $P_{fr}$  fitochromu następowała jednakże nie tylko pod działaniem promieniowania w zakresie dalekiej czerwieni, ale też w ciemności, tyle że bardzo powoli. W przypadku *B. pendula* nasiona traciły wrażliwość na działanie dalekiej czerwieni po 28 godzinach pobytu w ciemności, co wyrażało się utrzymywaniem poziomu wyjściowej zdolności kiełkowania.

#### CZYNNIKI DZIAŁAJĄCE NA NASIONA W WYNIKU INGERENCJI CZŁOWIEKA

##### Zasolenie gleby

Stosowane obecnie zimą na szeroką skalę posypywanie jezdni dróg publicznych solą (NaCl) przyczynia się do wzrostu koncentracji tego związku w glebie po obydwu stronach dróg i na niżej od nich położonych zboczach. W Stanach Zjednoczonych (Bicknell i Smith 1975) badano w związku z tym w warunkach szklarnio-



wych wpływ obecności soli w glebie na kiełkowanie nasion różnych gatunków drzew. Zastosowano przy tym stężenia 0,05 - 0,2% NaCl w stosunku do ciężaru gleby w wazonach. Brzozy były w tych badaniach reprezentowane przez *B. alleghaniensis*. Przy stężeniu 0,2% NaCl, co odpowiada 2 g soli w 1 kg gleby, obserwowano silną redukcję zdolności kiełkowania nasion tej brzozy.

Niemutagenne organiczne i nieorganiczne związki chemiczne (z wyjątkiem pestycydów i regulatorów wzrostu)

Johnson (1946) porównywał kiełkowanie nasion czterech północnoamerykańskich gatunków brzoź po chłodnej stratyfikacji, po moczeniu w wodzie i po moczeniu w roztworach azotanu potasu ( $KNO_3$ ), mocznika i etylenochlorhydryny oraz po traktowaniu tlenkiem miedziawym ( $Cu_2O$ ) i tlenkiem cynkowym ( $ZnO$ ). Zadowalający poziom zdolności kiełkowania został zapewniony przez następujące sposoby przedsięwziętego traktowania:

- B. alleghaniensis* stratyfikacja 50 - 70 dni;
- B. lenta* stratyfikacja 30 - 40 dni, moczenie w 1,4%  $KNO_3$ , moczenie w 1% etylenochlorhydrynie;
- B. papyrifera* stratyfikacja 50 dni, moczenie w 2%  $KNO_3$ , moczenie w wodzie, traktowanie  $ZnO$ ;
- B. populifolia* stratyfikacja 50 - 70 dni.

Podane powyżej sposoby traktowania nasion uszeregowano w kolejności odpowiadającej ich malejącej efektywności.

Związki chemiczne o działaniu mutagennym

Schröck (1951) uzyskał w toku swych badań przeprowadzonych w NRD nad traktowaniem nasion *B. pendula* i *B. pubescens* kolchicyną wyraźną stymulację wzrostu siewek, widoczną jeszcze po 18 miesiącach. Nasiona moczone w tych badaniach w roztworze



kolchicyny o stężeniu 0,2% przez 48 godzin. Po takim traktowaniu nie ulegała obniżeniu zdolność kiełkowania nasion świeżo zebranych i nasion przechowywanych przez 5 miesięcy. Podobne badania nad efektami traktowania kolchicyną podkiełkowanych nasion różnych gatunków brzoź, w tym również nasion *B. pendula* i *B. pubescens* prowadzono w Finlandii (Vaarama i Valanne 1969, Valanne 1972). Stwierdzono przy tym, że istnieją progowe wartości stężenia kolchicyny, poniżej których następowała u siewek stymulacja wzrostu i to bez względu na wywołanie poliploidalności lub brak takiej reakcji. Po przekroczeniu tej wartości w kierunku stężeń wyższych następowało zahamowanie wzrostu siewek i pojawiały się różne deformacje morfologii pędu, liści i korzeni.

Podczas badań nad mutagennym działaniem związków chemicznych (Vaarama i Valanne 1968) moczono nasiona brzozy brodawkowatej pochodzenia fińskiego w pierwszych dniach kiełkowania w roztworach następujących związków:  $H_2O_2$ , akryflawina, etylmetansulfonat (EMS), siarczan dwuetylowy (dES), ponadto w roztworach związków mutagennych o charakterze antymetabolitów kwasów nukleinowych: 2-aminopuryna (AP), 6-azauracyl (AzUR), 5-bromodeoksyurydyna (BUDR), 5-bromouracyl (BU) oraz sulfotlenek dwumetylu (DMSO). Efektem oddziaływania tych związków na nasiona był zahamowany wzrost siewek, przy czym reakcja była zależna od koncentracji, temperatury i czasu traktowania. Skrócenie długości siewek było wywoływane przez  $H_2O_2$  w stężeniu 0,1% i 1% oraz przez akryflawinę w stężeniu 0,002% i wyższym. Antymetabolity kwasów nukleinowych hamowały wzrost siewek po zastosowaniu wyższych stężeń AzUR i BUDR ( $10^{-3}$ %,  $10^{-1}$ %), efekt działania AP i BU był w tych stężeniach znacznie słabszy. Okazało się, że AzUR jest aktywnym inhibitorem kiełkowania nasion brzoź. Również DMSO blokował całkowicie kiełkowanie w stężeniach 5 - 10%, a w 1 - 2% następowało wyraźne skrócenie długości siewek kilkunastodniowych. Żaden z tych związków nie wywołał spodziewanych anomalii morfologicznych u siewek.

Na szczególną uwagę zasługuje obserwacja, że po traktowaniu nasion brzoź akryflawiną w najwyższych stężeniach 0,02% i



0,002% młode drzewa wyrosłe z tak traktowanych nasion powstrzymywały się od kwitnienia w przeciwieństwie do drzew uzyskanych z nietraktowanych nasion kontrolnych.

### Pestycydy

W Kanadzie (P o m b e r i inni 1974a, 1974b) badano wpływ fenitrotonu w stężeniu 10 i 1000 ppm na pęczniejące i stratyfikowane nasiona *B. alleghaniensis*. Związek ten w wyższym stężeniu powodował podczas stratyfikacji redukcję szybkości i zdolności kiełkowania oraz wywoływał silne anomalie rozwojowe, prowadzące do szybkiego zestarzenia się siewek. Stężenie niższe, stosowane do zwalczania z samolotów owadzych szkodników świerków, przyczyniało się do anormalnego wzrostu brzozy. Opryski fenitrotonem wykonywane w warunkach polowych nie hamowały jednak kiełkowania nasion brzozy i nie zakłócały wzrostu siewek.

### Regulatory wzrostu (giberelina)

Kwas giberelowy ( $GA_3$ ) działający nieprzerwanie na nasiona brzozy brodawkowatej obniża według S o k o l o v a (1963) zdolność kiełkowania. Suche i napęczniałe nasiona tego gatunku, wysiane na bibule zwilżonej roztworem  $GA_3$  o stężeniu 20 i 200 ppm kiełkowały gorzej niż nasiona kontrolne. Skądinąd wiadomo jednak, że za pomocą  $GA_3$  można osłabić inhibicję kiełkowania nasion brzozy, spowodowaną obecnością w okrywach nasiennych rozpuszczalnego w wodzie inhibitora kiełkowania. Inhibitor ten został wykryty w orzeszkach *B. pubescens* i *B. alleghaniensis* (Black i Wareing 1954, 1955, 1959, Redmond i Robinson 1954). Wywołany przezeń spoczynek nasion *B. pubescens* udało się w Finlandii przełamać częściowo przy użyciu  $GA_3$  (V a a r t a j a 1957). Nasion *B. nana* użył J u n t t i l a (1970) do swych badań nad wpływem stratyfikacji chłodnej, gibereliny i temperatury na kiełkowanie. Stwierdził on, że u niestratyfikowanych i stratyfikowanych nasion tego gatunku zdolność kiełkowania jest,



podobnie jak i u innych gatunków brzoź, funkcją temperatury kiełkowania. W przypadku *B. nana* prawidłowość ta uwidoczniła się przy ciągłym oświetleniu w tym, że nasiona kiełkowały najslabiej w temperaturze 12°C (najniższej z zastosowanych), a coraz lepiej w miarę podwyższania temperatury aż do 24°C. Ten wymuszony, bo uwarunkowany termicznie spoczynek nasion udało się Junttili przełamać w niskich temperaturach kiełkowania, bo w 12 i 15°C, traktowaniem w ciemności nasion rozłożonych na bibule przez 24 godziny w 27°C wodnymi roztworami soli potasowej GA<sub>3</sub>. Identyczny prawie efekt uzyskał Junttila bez gibereliny przez zastosowanie przed wysiewem pięcio- lub dziesięciodniowej stratyfikacji w 3°C. Po dwudziestodniowej chłodnej stratyfikacji nasiona *B. nana* kiełkowały w wysokim procencie bez potrzeby traktowania gibereliną w temperaturach od 12 do 24°C.

### Promieniowanie jonizujące

Podsuszone nasiona brzozy brodawkowatej znoszą bez obniżenia zdolności kiełkowania dawki promieniowania rentgenowskiego rzędu 250 - 30 000 R. Tak napromieniowane nasiona kiełkują według Scholza (1957) zawsze lepiej, niż nietraktowane nasiona kontrolne. Dawki promieniowania rzędu 20 000 i 30 000 R powodowały pewne uszkodzenia liścieni i pierwszych 3 - 5 liści, liście następne były już całkowicie normalne. Nasiona brzoź pęczniejące po skropieniu wodą w temperaturze 22 - 24°C przez 72 godziny i podkiełkowane w takich warunkach, napromieniowane dawką 500 i 1000 R kiełkowały po wysiewie podobnie jak nasiona kontrolne (500 R) lub lepiej od nich (1000 R).

Do oceny nasion drzew leśnych metodą rentgenograficzną stosowane jest powszechnie promieniowanie tzw. miękkie, a dawka promieniowania, którą otrzymują nasiona nie przekracza 10 R (Simak i Gustafsson 1957). Autorzy ci zaproponowali metodę rentgenowską również do oceny nasion brzozy, co zostało praktycznie zrealizowane przez Björkrotha (1973) i Smirnovą (1975).



## Bardzo niskie temperatury

— Odporność nasion brzozy na działanie krańcowo niskich temperatur była w NRD przedmiotem badań Z e n t s c h a (1967), który nasiona pochodzące z Saksonii zanurzał w ciekłym azocie o temperaturze  $-196^{\circ}\text{C}$  na  $5\frac{1}{2}$  minuty. Obydwie badane przez niego partie nasion były przed zamrażaniem przechowywane przez 6 lat przy 5,0 i 4,6% zawartości wody. Energia i zdolność nasion pierwszej partii wynosiła 42 i 64%, partii drugiej odpowiednio 6 i 28%. Po przeprowadzeniu mrożenia w azocie zdolność kiełkowania tych nasion uległa nieznacznemu tylko obniżeniu do 57 i 24%, przy silnym spadku energii kiełkowania, bo do 6 i 0%.

Schönborn (1964) stwierdził, że obniżenie zawartości wody w świeżo pozyskanych orzeszkach brzozy brodawkowatej i omszonej do poziomu 15% (w świeżej masie) chroni je już skutecznie przed uszkodzeniami mrozowymi w temperaturze dochodzącej do  $-70^{\circ}\text{C}$ . Wyjątkowa odporność nasion brzozy na niskie temperatury pozwala, przy możliwości ich prawie całkowitego odwodnienia, na długoterminowe przechowywanie w chłodni w zamkniętych szczelnie zbiornikach. Odporność ta jest również niewątpliwie jednym z czynników umożliwiających brzozom istnienie w skrajnie trudnych warunkach klimatycznych dalekiej północy i na dużych wysokościach.

## WYSIEW NASION I PIELEGNACJA SIEWEK

### WYSIEWY W SZKÓŁCE I ICH PRZYGOTOWANIE

Nasiona brzozy można wysiewać latem, jesienią lub wiosną ręcznie sposobem rzutowym na powierzchnię gleby lub wytłaczanych w niej pasów. Można je również wysiewać siewnikami. Dobre rezultaty zapewnia wysiew zimowy na śnieg. Poza siewem w szkółce możliwy jest również wysiew w inspektach, w szklarni czy w tunelach foliowych ogrzewanych lub nieogrzewanych. Można siać nasiona brzozy na powierzchnię odpowiednio przygotowanej gleby



albo też, zwłaszcza w szklarniach czy tunelach foliowych — w skrzynki, doniczki papierowe lub na zwoje torfowe systemu Nisula. Skrzynki lub palety z doniczkami papierowymi można po wysiewie zimowym umieścić w chłodni, a wczesną wiosną przenieść je do tunelów foliowych, wydłużając w ten sposób pierwszy okres wegetacji. W warunkach naturalnych najlepszym podłożem kiełkowania nasion brzozy okazało się w Stanach Zjednoczonych butwiejące drewno choiny (*Tsuga*), wykazano to na przykładzie nasion *B. alleghaniensis* (Brown i inni 1960).

Jako normę wysiewu nieoddzielonych od łusek nasion brzozy przyjmuje Tyszkiewicz (1952) 0,5 - 1,0 kg/ar powierzchni użytkowej roszadnika, w czym mieści się olbrzymia rezerwa. Po zbyt gęstych wschodach konieczne jest więc szybkie przerzedzenie siewek.

Wysiew letni udaje się, gdy gleba jest sprawna, przebieg pogody pomyślny, a przelotne deszcze sprzyjają siewkom w pierwszym okresie wzrostu. Wysiew jesienny przeprowadza się późno w październiku, aby nasiona nie wzeszły przed zimą. Wysiew wiosenny powinien być wczesny, bo w marcu — kwietniu, wysiewać należy nasiona całkowicie dojrzałe, a więc możliwie późno zebrane (Tyszkiewicz 1952).

Przy ręcznym siewie rzutowym na zagony roszadnika lub w wytłoczone w glebie pasy nie przykrywa się nasion ziemią. Dobrym sposobem jest natomiast ich wymieszanie przed wysiewem z piaskiem, a następnie przyklepanie deseczką miejsc obsianych. Zagony roszadnika należy przykryć matami lub cieniówkami, albo też gałązkami drzew iglastych (Tyszkiewicz 1952), siewki brzozy wymagają bowiem lekkiego ocienienia przez pierwsze 2 - 3 miesiące. Niektórzy autorzy zalecają przykrycie nasion brzozy po wysiewie warstwą piasku albo gleby 1,5 - 5 mm grubości, co staje się całkowicie zbędne, gdy wysiewom można zapewnić stałą wilgotność podłoża (Brinkman 1974). Również Kantor (1950) twierdzi, że pokrycie nasion warstwą choćby milimetrowej grubości obniża zdolność ich kiełkowania. Za nieprzykrywaniem wysianych nasion przemawia również wątpliwość siewek po skielkowaniu. Nasiona brzozy kiełkują epigeicznie to znaczy, że ich liścienie



rozwijają się ponad powierzchnią gleby. Koniec kiełkowania przypada na 4 - 6 tydzień po wiosennym wysiewie.

Do wysiewu nasion brzoź skonstruowano w Związku Radzieckim specjalne siewniki. Jeden z nich wysiewa nasiona i pokrywa je piaskiem, glebą lub sproszkowanym torfem (Spigla z o v 1972), jego wydajność wynosi 0,38 ha/godz. Za pomocą siewnika innego typu (Chajnovskij 1966) można nasiona brzoź wysiewać same lub zmieszane z piaskiem na powierzchni 2,0 - 2,5 ha/dniówkę. Jeszcze inny sposób zmechanizowanego wysiewu nasion brzozy (Simonenko i Mattis 1974) polega na ich zmieszaniu z płynną zawiesiną wodną, sporządzoną z 10 000 l wody, 100 kg podkiełkowanych nasion, 1 m<sup>3</sup> próchnicy, 1 m<sup>3</sup> mykoryzowej gleby z drzewostanu brzożowego i 4 kg nawozu azotowego. Zbiornik o pojemności 600 l zamontowany na ciągniku jest wyposażony w mieszalnik i pompę tłoczącą papkę z nasionami w dwie radlice, które ją rozlewają pasami szerokości 15 cm. Pomimo wysiewania na jednostkę powierzchni bardzo wielkich ilości nasion wydajność siewu jest niska. Kantor (1950) obliczał ją w szkółce na 0,10/o, tłumacząc takie wyniki wysokim procentem nasion zaszuszonych i opanowanych przez choroby i szkodniki. Vaartaja (1954) przyczynę niskiej wydajności siewu dostrzega w wyjątkowo niekorzystnych warunkach cieplnych powierzchniowej warstwy gleby, zwłaszcza ciemnej gleby próchnicznej, która może w Finlandii nagrzać się na słońcu do 54 - 65°C. Na glebach piaszczystych jedynie silne podsiąkanie może zredukować możliwość strat powodowanych we wschodach przez nadmierną insolację. Najbardziej wrażliwe na uszkodzenia od upału okazały się kiełkujące już nasiona *B. pendula* i *B. pubescens*, których korzeń osiąga już długość 5 - 10 mm.

Na podstawie wieloletniego doświadczenia Hedeman - Gade (1945) podał sposób postępowania z nasionami brzoź, zapewniający w Szwecji dobre rezultaty po wiosennym wysiewie. Obejmuje on czynności, które należy wykonać w następującej kolejności: na powierzchni poprawnie przygotowanego, lekko zwałowanego zagonu siewnego rozsypuje się mieszaninę popiołu drzewnego i gleby grubości co najmniej 1 cm, zagon zrasza się przez 3 godziny



tak, aby ilość wody odpowiadała 50 - 60 mm opadu, czyli 50 - 60 l wody na każdy m<sup>2</sup>. Po podoschnięciu glebę wala się ponownie i lekko grabi. Nasiona wysiewa się rzutowo tak gęsto, aby odstępy między nasionami wynosiły średnio 1 - 2 mm, po czym należy je pokryć bardzo cienką warstwą gleby, a cały zagon dodatkowo jeszcze igliwem świerkowym i jeszcze raz zwałować. Zraszać trzeba zagony 3 razy na dobę, każdorazowo po 1,5 l wody na 1 m<sup>2</sup>. Siewki pojawiają się po 8 - 10 dniach, wymagają one jednorazowego lub dwukrotnego zraszania na dobę aż do początku rozwoju liści. Szkołki takie można zakładać na glebach piaszczystych, na otwartym stanowisku. Również Heikinheimo (1940) donosił, że w Finlandii najlepsze wyniki zapewnia spośród wszystkich możliwych terminów wysiew wiosenny, połączony z przysypaniem nasion półmilimetrową warstwą popiołu drzewnego. Przy dobrym nawilżeniu gleby potrzeba cieniowania siewek zachodzi według Heikinheimo tylko w szkołkach założonych na suchych stanowiskach. Pozostawianie gęstych wysiewów na zimę jest niebezpieczne, ponieważ grozi to wysadzeniem przez mróz siewek rosnących w gęstych kępach, dlatego też najlepszym materiałem do ostatecznego sadzenia jest według Heikinheimo brzoza jednoroczna (1/0), wyjęta ze szkołyki przed zimą.

Innym, rzadko spotykanym, ale w określonych warunkach ekologicznych skutecznym sposobem jest wysiew nasion brzozy na śnieg. Wypróbowano go z dobrym skutkiem w Finlandii w latach 1934 - 36 (Kolehmainen 1957) przy próbie odnowienia lasu na pożarzysku o obszarze 600 ha. Również w Związku Radzieckim (Kuznetsov 1966) wysiewano nasiona brzozy w rejonie Saratowa w grudniu-styczniu na śnieg dziesięcio-, piętnastocentymetrowej grubości, przy zastosowaniu siewnika ciągnikowego do rzutowego siewu nasion sypkich. Zasiewy pokrywano słomą, a wiosną, po stajaniu śniegów, zraszano za pomocą deszczowni. Z wysiewów zimowych uzyskano 2 330 000 sztuk/ha siewek jednorocznych (1/0) z hektara szkołyki, a 712 000 sztuk standardowych sadzonek dwuletnich (2/0). Z siewów wiosennych otrzymano gorsze wyniki, bo maksymalnie 583 000 sztuk/ha sadzonek (siewek) jednorocznych. Natomiast z wysiewów letnich uzyskano do jesieni bardzo wiele



siewek małych wysokości 0,7 - 1,5 cm, które pozostawione w szkółce wymarzyły do wiosny roku następnego w 72<sup>0</sup>/o.

Wysiewy letnie nasion brzoź świeżo zebranych i wysiewy jesienne w polu przed zimą zalecał dla warunków polskich Wróblewski (1931). Gleba powinna być równo zwałowana lub lekko ubita, a nasiona powinno się według Wróblewskiego pokrywać cienko, tak aby nie pozbawić ich dostępu światła, piaskiem lub trocinami. Zasiewy powinny być często zraszane aż do wzejścia nasion, a podczas upałów istotne jest cieniowanie siewek i gleby gałązkami lub płótnem. Siewki z wysiewów letnich dorastają w dobrych warunkach do jesieni do wysokości około 5 cm. Po zimowym wysiewie nasion brzoź na śnieg polecał Wróblewski pokrycie jego powierzchni gałązkami drzew iglastych, które należy usunąć wiosną w okresie kiełkowania nasion.

Według Tyszkiewicza i Obmińskiego (1963) do sadzenia nadają się najbardziej siewki brzoź wysokości 25 - 50 cm. W korzystnych warunkach rozmiary takie mogą siewki osiągnąć już w pierwszym roku życia. Bardziej wyrosnięte siewki przyjmują się gorzej, a to na skutek rozwlekłego systemu korzeniowego. Udatność sadzenia brzozy jest najwyższa po wczesnym, najlepiej marcowym terminie. Sadzonki zalecają wyjąć i dołować późną jesienią, a na glebach późno odmarzających radzą oni wykopywać w tym samym terminie dołki do wiosennego sadzenia. Brzozowe szkółki siewne (rozsadniki) należy według Tyszkiewicza i Obmińskiego (1963) zakładać na glebie piaszczystej o dużej zawartości próchnicy i wysokim poziomie wody gruntowej, około 0,5 m na wiosnę i nie niższym od 1,0 - 1,2 m podczas suszy letniej. W warunkach polskich najlepszym terminem polowego wysiewu nasion brzoź jest według wymienionych powyżej autorów późna jesień lub wczesna wiosna. Dobre wyniki zapewnia wiosenny wysiew nasion podkiełkowanych w wilgotnym piasku w temperaturze pokojowej. Zbyt gęste siewy przyczyniają się do osłabienia wzrostu siewek, które trzeba pozostawiać w szkółce na cały następny sezon wegetacji.

Za najbardziej korzystną liczbę siewek na 1 m<sup>2</sup> rozsadnika uważa się 270 - 480 sztuk (Brinkman 1974). Według danych



niemieckich (Wappes 1932, według Brinkmana 1974) i irlandzkich (Deasy 1954, tamże) tylko 15 - 20<sup>0</sup>/o nasion *B. pendula* i *B. pubescens* wydaje dorodne jednoroczne siewki. Według Tyszkiewicza i Obmińskiego (1963) przeciętna wydajność siewu brzozy wynosi w Polsce 3 - 10<sup>0</sup>/o, w korzystnych warunkach może dojść do 20<sup>0</sup>/o. Według Krüssmanna (1964) siewki brzóz dorastają w pierwszym roku życia w szkółce siewnej na otwartym terenie średnio do 10 - 15 cm.

#### PRODUKCJA SIEWEK POD SZKŁEM LUB FOLIĄ PLASTIKOWĄ

Poza wysiewem do gruntu można nasiona brzóz siać również, zwykle ze znacznie lepszym skutkiem w inspektach, szklarniach czy w tunelach foliowych. Udatność siewu nasion *B. pendula*, *B. pubescens* i *B. carpatica* była w badaniach Kantora (1950) pod koniec pierwszego sezonu wegetacyjnego w szklarni 33 razy wyższa niż po wysiewie w szkółce (w szkółce 0,1<sup>0</sup>/o, w szklarni 3,3<sup>0</sup>/o).

Wymagania pokarmowe siewek brzozy są bardzo wysokie. Arnborg (1947) określił je na 25 kg/ar superfosfatu i 15 kg/ar soli potasowej po uprzednim nawożeniu organicznym i posypaniu zagonów miałem węgla drzewnego. Na tym tle zrozumiałe stają się wielkie różnice we wzroście jednorocznych siewek, stwierdzone przez Kantora (1950) po wysiewie na glebie silnie próchnicznej, na wapniowanej ziemi kompostowej i na zwykłej glebie w szkółce. Średnia wysokość tych siewek wynosiła na tych typach gleb odpowiednio: 23, 15 i 4,4 cm przy średniej długości korzenia 15, 23 i 14 cm.

Częste w ogrodach botanicznych czy arboretach wysiewy szklarniowe nasion brzóz na małą skalę radził Wróblewski (1931) wykonywać w połowie grudnia w dobrze zdrenowane skrzynki, wypełnione lekko ubitą ziemią wrzosową z dodatkiem piasku. Nasiona należy po wysiewie pokryć lekko mchem lub starymi trocinami, po czym skrzynki wystawia się na działanie mrozu i śniegu. Skrzynki należy pokryć śniegiem warstwą 25 cm, a kopiec śniegowy pokrywa się dodatkowo matami lub gałązkami drzew iglastych dla osłony przed zbyt wczesnym roztopieniem. W mar-



cu skrzynki przenosi się do szklarni o temperaturze 15°C, gdzie przy częstym zraszaniu nasiona wschodzą w ciągu 5 - 8 dni. Jeżeli nasiona zaraz po zbiorze lub wkrótce po tym zmieszano z miłym piaskiem i przechowywano wraz z nim aż do grudniowego wysiewu, w chłodnym miejscu o równomiernej temperaturze, to zdolność kiełkowania nasion czystych dochodziła do 75%. Siewki brzoź z takich wysiewów radzi Wróblewski po rozwinięciu się liścieni i pierwszego listka przepikować w nowe skrzynki lub wprost do inspektu pokrytego oknami. Po rozwinięciu się kilku listków, zwykle w początkach maja, przesadza się siewki do gruntu w więźbie 15×15 cm, gdzie pozostają do jesieni.

Obecnie coraz częściej produkuje się siewki brzoź w tunelach foliowych. Porównując wyniki wysiewów *B. alleghaniensis* w polu z wysiewami w tunelach foliowych sztucznie ogrzewanych lub nieogrzewanych i pokrywających zagony siewne od marca lub maja do września, Phipps (1969) uzyskał najwyższą wydajność siewu (siewki 1/0) w nieogrzewanym tunelu foliowym pokrywającym zagon od marca. W Szwecji przeprowadzono podobne badania (Björkroth i Hultén 1973) nad udatnością siewu *B. pendula* w tunelach foliowych przy różnej gęstości siewu, bo przy 400 - 2500 nasion czystych na 1 m<sup>2</sup>, wysiewanych w maju i czerwcu. Zdolność kiełkowania nasion przekraczała 90%, a wydajność siewu wyrażona przez produkcję siewek 1/0 nadających się do sadzenia była też bardzo wysoka. Siewek było 80 - 85% w stosunku do liczby wysianych nasion, jednakże tylko wtedy, gdy ich liczba na 1 m<sup>2</sup> nie przekraczała 1200 - 1300 sztuk. Okazało się, że nawet w północnej Szwecji można otrzymać w tunelach foliowych dwie kolejne generacje siewek w jednym sezonie wegetacyjnym przy średniej ich wysokości 8 - 10 cm. Każda z nich wymaga 45 - 50 dni do osiągnięcia tych rozmiarów. Jest to osiągalne, gdy pierwszy wysiew przypada na drugą połowę marca. Znakiem podłożem wysiewu nasion brzoź w tunelach foliowych okazał się torf wzbogacony w składniki mineralne, pokryty warstwą grubego piasku (Anonim 1963). Jednym ze sposobów zapewnających w Finlandii (Anonim 1970) doskonałe wyniki jest wysiew nasion *B. pendula*, zebranych w plantacji nasiennej znaj-



dującej się również w tunelu foliowym, wprost na powierzchnię zwojów torfowych (torf wzbogacony) systemu Nisula, ustawionych w tunelu na ziemi. Podobnie dobrym sposobem okazał się tam wysiew nasion na powierzchnię doniczek papierowych, wypełnionych tym samym podłożem. Wysiewy nasion przeprowadza się od kwietnia. Doniczki z siewkami wysadza się w czerwcu do gruntu, do września siewki te osiągną wysokość 40 - 80 cm. Po wyjęciu z ziemi i posortowaniu przechowuje się je do wiosny w chłodni aż do wiosennego sadzenia. Z nasion zebranych w tunelach w czerwcu, wysianych na zwoje torfowe w lipcu, można siewki sadzić do szkółki wraz z przekorzenionym podłożem już w sierpniu.

#### WZROST SIEWEK

Hultén i Björkroth (1974) doszli do wniosku, że z biologicznego i ekologicznego punktu widzenia lepiej jest produkować małe siewki brzoź i sadzić je potem w dobrze przygotowaną glebę za pomocą mechanicznych sadzarek. Jest to możliwe przy użyciu materiału roślinnego produkowanego w jednym sezonie wegetacyjnym, natomiast półtoraroczne siewki brzoź są już zbyt wysokie i do mechanicznego sadzenia się nie nadają. W Finlandii stwierdzono (Leikola i Raulo 1973), że siewki brzozy przyrastają na wysokość głównie na początku lata, a na grubość w szyi korzeniowej od początku do połowy lata. Przyrost masy siewek odbywa się przez całe lato.

Wzrost siewek pod szkłem lub w tunelach foliowych przewyższa znacznie wzrost w szkółce na wolnym powietrzu. W Stanach Zjednoczonych (Pinney i Peotter 1967) porównywano pod tym względem wzrost siewek *B. papyrifera*, *B. populifolia* i *B. alba* (= *B. pendula* + *B. pubescens*). Najszybszym wzrostem wyróżniała się *B. papyrifera*, której siewki osiągały w pierwszym sezonie wegetacji średnią wysokość 75 cm. Wzrost brzoź w tunelach foliowych można wzmoczyć jeszcze bardziej, jak to stwierdził w Szwecji Hårdh (1966), przez podwyższenie stężenia CO<sub>2</sub> w powietrzu tuneli na cztery godziny dziennie do 0,1% i przez doświetlanie siewek światłem czerwonym w ciągu dnia lub nocą przez 15 go-



dzin, aby uzupełnić w ten sposób naturalne światło dnia. Dalsze dodatkowe efekty wzrostowe zapewnia dwu-, czterokrotne w sezonie traktowanie silniej rosnących siewek roztworem GA<sub>3</sub> o stężeniu 100 - 200 ppm. Już wcześniej była mowa o przyspieszaniu wzrostu siewek *B. pendula* aż do 2,7 m w ciągu 40 miesięcy przez zastosowanie w szklarni przy 15 - 20°C oświetlenia ciągłego (Longman i Wareing 1959). Po 2 latach wzrostu w takich warunkach wysokość siewek doszła do 5,10 m (Wareing i Longman 1960).

W warunkach całkowicie kontrolowanych można uzyskać jeszcze bardziej nieoczekiwane efekty wzrostowe. Badacze amerykańscy Krizek i Zimmerman (1973) oddziaływali na siewki *B. papyrifera* od stadium liścieniowego począwszy przez 8 tygodni światłem lamp jarzeniowych „cool white” o intensywności 26 900 lx, uzupełnionym światłem lamp żarowych. Zastosowali oni przy tym szesnastogodzinny dzień z temperaturą 25°C, przy 18°C w pozostałych 8 godzinach nocy. Stężenie CO<sub>2</sub> w powietrzu komory wzrostowej wynosiło 0,035%. Siewki rosnące w takich warunkach osiągały średnią wysokość 68,4 cm. Były one 40 razy cięższe od siewek kontrolnych, które rosnąc w szklarni osiągały 10,9 cm wysokości w podobnych warunkach termo- i fotoperiodycznych z tą tylko różnicą, że naturalne światło dnia było uzupełniane oświetleniem jarzeniowym tego samego typu „cool white”, lecz o intensywności 2160 lx. Siewki z komory wzrostowej były nie tylko wyższe, lecz miały również dwa razy większą liczbę liści, a sucha masa ich pędów bocznych była 17 razy większa. Zastosowanie silnego oświetlenia stwarza więc w odpowiednich warunkach cieplnych i fotoperiodycznych wielkie możliwości w produkcji silnie rosnącego materiału roślinnego w ciągu zaledwie 2 miesięcy.

Zastosowanie systemu uprawy w pojemnikach (Ok i 1963) pozwoliło w Stanach Zjednoczonych na wyhodowanie siewek *B. pendula* i *B. pubescens* o wysokości 2,40 m w okresie krótszym od 10 miesięcy. W Kanadzie (Anonim 1959) użyto do produkcji siewek *B. alleghaniensis* i *B. papyrifera* małych pojemników o objętości 100 - 300 ml i wysokości 22 cm, przy czym celem badań było zredukowanie poniżej 12 miesięcy okresu koniecznego do wyprodu-



kowania silnych roślin nadających się do wysadzenia na miejsce stałe wraz z nienaruszoną bryłą korzeniową. Podłożem dla wzrostu siewek w pojemnikach był perlit wzbogacany w podstawowe pierwiastki mineralną pożywką, długość dnia przedłużano do 20 godzin dzięki sztuczemu oświetleniu. Zupełnie zadowolające wyniki uzyskano dzięki zastosowaniu pojemników o górnym przekroju poprzecznym nie mniejszym niż 6 cm<sup>2</sup>. Siewki z takich pojemników wysadzano do gruntu na miejsce stałe w pełni lata w porze suchej, lecz pomimo to wzrost był kontynuowany, a rozmiary osiągnięte przez siewki były zadowolające.

Wysokość siewek brzozy decyduje w znacznym stopniu o dalszym ich wzroście na miejscu stałym. Clausen (1963) sadził trzyletnie (3/0) siewki *B. pendula* i *B. pubescens*, podzielone na grupy wzrostowe: niskie, średnie i wysokie. Po 8 latach różnice między drzewami były nadal bardzo wyraziste, co za Clausenem przedstawiono poniżej.

| Gatunek, typ siewek | Przeżywalność [%] | Śr. wysokość [cm] | Śr. grubość w pierśnicy [cm] |
|---------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|
| <i>B. pendula</i>   |                   |                   |                              |
| niskie              | 38                | 227               | 1,5                          |
| średnie             | 42                | 286               | 2,9                          |
| wysokie             | 83                | 381               | 4,4                          |
| <i>B. pubescens</i> |                   |                   |                              |
| niskie              | 68                | 198               | 1,4                          |
| średnie             | 90                | 265               | 2,7                          |
| wysokie             | 98                | 393               | 5,4                          |

#### PRODUKCJA NASION O WYSOKIEJ WARTOŚCI GENETYCZNEJ

Dla uzyskania doborowego materiału nasiennego zakładane są w niektórych krajach plantacje nasienne brzoź, składające się z drzew rozmnożonych na drodze wegetatywnej lub pochodzących z wysiewu, wybranych na podstawie cech fenotypowych (drzewa doborowe), lub sprawdzonych metodą oceny potomstwa i efektu krzyżowania (drzewa elitarne). Plantację nasienną *B. pubescens*



założono w Bawarii na wolnym powietrzu (Dimpfelmeyer 1971), natomiast w Finlandii założono i prowadzi się takie plantacje wyłącznie w wielkich tunelach foliowych (Lepistö 1973, Koski 1975). Plantacje nasienne na wolnym powietrzu powinny być odizolowane przestrzennie od innych drzewostanów brzozowych czy pojedynczych nawet brzoź, natomiast w tunelach foliowych drzewa zakwitają tak wcześnie wiosną, że zapylenie pyłkiem z zewnątrz tunelu nie jest możliwe. U podstaw decyzji założenia w Finlandii plantacji nasiennych brzozy pod folią leżą według Lepistö (1973) idee Longmana i Wareinga (1959). Pierwszą plantację założono w roku 1967 z jednorocznych siewek w nieogrzewanym tunelu o rozmiarach  $16 \times 45 \times 6$  m. Siewki wyselekcjonowane w badaniach nad jakością potomstwa drzew doborowych wyróżniały się przyrostem na wysokość i dominacją nad pozostałymi siewkami populacji. Pierwsze kotki męskie formowały się na siewkach już w roku następnym, a liczący się plon nasion uzyskano w roku 1969. W opisanych powyżej warunkach siewki *B. pendula* okazały się zdolne do produkcji pyłku i nasion już w 3 roku życia. Lepistö (1973) donosi na podstawie ustnej relacji H. R. Zimmermana, że w Instytucie Badawczym w Beltsville w Stanach Zjednoczonych uzyskano kotki męskie w 9 miesięcy po wysiewie. Siewkom tym zapewniono w szklarni nieprzerwany wzrost w powietrzu wzbogaconym w  $\text{CO}_2$ .

Korzystając z tych osiągnięć założono w Finlandii w roku 1970 (Lepistö 1973) nową plantację nasienną *B. pendula* w tunelu foliowym o powierzchni  $900 \text{ m}^2$ , zaopatrzonym w silne wentylatory. Posadzono w nim we wzbogacone w składniki mineralne podłoże torfowe jedno- do trzyletnie siewki, które nawadniano przez zraszanie i nawożono. Zawartość  $\text{CO}_2$  w powietrzu tunelu podwyższano codziennie w okresie od rozchylania się listków do formowania się kotek męskich do poziomu  $0,2 - 0,25\%$ . Osiągnano to przez spalanie propanu. Palniki propanowe wyłączano w momencie uruchamiania wentylatorów przewietrzających tunele. Brzozy rosnące w tunelach nie były doświetlane, pamiętać jednak należy o znacznie większej długości dnia letniego w Finlandii niż w środkowej Europie. W opisanych powyżej warunkach kwitnienie



drzew i ich wzrost rozpoczyna się 2 miesiące wcześniej niż na wolnym powietrzu, a samo kwitnienie przebiega w marcu, gdy drzewa rosnące na wolnym powietrzu znajdują się jeszcze w stanie spoczynku. W okresie kwitnienia włączane są w tunelach silne wentylatory wewnętrzne, wielce pomocne jest również dla lepszego zapylenia potrząsanie drzewami. Nadmiernie wysokiej temperaturze w tunelach przeciwdziała się w okresie wzrostu drzew przez wentylację chłodzącym powietrzem z zewnątrz i przez zraszanie przez dysze silnie rozpylające wodę. W takich warunkach drzewka osiągają w ciągu 3 lub 4 sezonów wegetacyjnych wysokość 6 - 7,5 m, zachodzi więc potrzeba przycinania lub przyginania i przywiązywania do pnia ich wierzchołka. W opisywanej tu plantacji obserwowano już w roku 1970 pierwsze pąki męskie, a latem 1971 roku zebrano z 24 drzewek 1,5 kg nasion czystych, czyli 500 000 sztuk, o zdolności kiełkowania 21<sup>0</sup>/. W roku 1972 zebrano w początkach lipca z 55 już drzew 23 kg nasion, to jest 47 000 000 sztuk, o zdolności kiełkowania 51<sup>0</sup>/, kiełkujących w wyższym procencie niż nasiona pozyskane tego roku w warunkach naturalnych. W roku 1973 zebrano już 29 kg nasion, czyli 54 000 000 sztuk o zdolności kiełkowania 65<sup>0</sup>/.

Wobec tak pomyślnych wyników założono (L e p i s t ö 1973) w roku 1972 nową plantację nasienną brzozy w tunelu foliowym o rozmiarach 20×100×7,5 m. Składa się ona z 125 wyselekcjonowanych siewek, przy czym przyjmowano, że po 4 - 6 latach roczna produkcja nasion powinna wynosić 50 - 100 kg, czyli około 200 000 000 sztuk. Powinno to zaspokoić potrzeby leśnictwa całej południowej i środkowej Finlandii. W roku 1975, a więc w czwartym okresie wegetacji, zebrano w tej plantacji 63 kg nasion, a więc około 125 000 000 sztuk. Potomstwo krzyżówek wszystkich 125 drzew poddano ocenie i na tej podstawie wyselekcjonowano 2 drzewa, które krzyżowane ze sobą w obydwu kierunkach produkują siewki górujące wzrostem nad siewkami z innych kombinacji. W roku 1975 rozmnożono te dwa drzewa przez szczepienie z zamiarem założenia w tunelu foliowym nasiennej plantacji dwuklonowej, produkującej wyłącznie nasiona tej jedynej, dwukierunkowej krzyżówki międzyosobniczej.



Metody zastosowane obecnie w Finlandii zmierzają do bardzo szybkiej i masowej produkcji doborowego materiału sadzeniowego brzozy. Imponuje konsekwentna realizacja zamierzeń, stanowiących przykład szybkiego i prawidłowego zastosowania osiągnięć genetyki i fizjologii roślin na skalę produkcyjną.

Instytut Dendrologii PAN  
ul. Parkowa 5  
63-120 Kórnik

## LITERATURA

- Andersen S. T. 1974. Wind conditions and pollen deposition in a mixed deciduous forest. I. Wind conditions and pollen dispersal. II. Seasonal and annual pollen deposition 1967 - 1972. *Grana* 14(2/3): 57 - 77.
- Anonim 1948. Woody-plant seed manual. U. S. Department of Agriculture, Forest Service. Misc. Publ. No. 654. Washington D.C., s. 416.
- Anonim 1959. Growing planting stock in tubes in the greenhouse. Rep. For. Res. Glendon Hall Fac. For. Univ. Toronto 1958/59, s. 9 - 11.
- Anonim 1963. Seedling production. Versamhet Stift. Rasförädl. Skogsträd, Helsinki 1962. Str. 9 - 12, 23 - 24, 27 - 28. (Wg For. Abstr. 1964, 25, Nr 563).
- Anonim 1970. Metsänjalostussäätio 1970. (The Foundation for Forest Tree Breeding in Finland 1970, s. 1 - 48.
- Anonim 1972. Metsänjalostussäätio 1972. (The Foundation for Forest Tree Breeding in Finland 1972), s. 1 - 48.
- Anonim 1975. Metsänjalostussäätio 1975. (The Foundation for Forest Tree Breeding in Finland 1975), s. 1 - 48.
- Anonim 1976a. Materiał siewny. Nasiona drzew i krzewów leśnych i zadrzewieniowych. Norma branżowa BN-76/9211-02. Wydawnictwa Normalizacyjne, Warszawa.
- Anonim 1976b. International rules for seed testing. Rules 1976. I.S.T.A. Seed Science and Technology 4: 3 - 177.
- Antosiewicz Z. 1975. Zbiór i przechowywanie nasion brzozy. *Las Polski* (13/14): 15 - 16.
- Arnborg T. 1946. Ett par lyckade resultat av barkringning och strangulering. *Skogen* 33(5): 84 - 85.
- Arnborg T. 1947. Insamling och sådd av björkfrö samt några synpunkter på björkskogsskötsel. *Skogen* 34(18): 243 - 245.
- Benzie J. W. 1959. Sugar Maple and Yellow Birch seed dispersal from a fully stocked stand of mature northern hardwoods in the upper peninsula of Michigan. Techn. Note Lake St. For. Exp. Sta. No. 561, s. 1.
- Bicknell, S. H., Smith, W. H. 1975. Influence of soil salt, at levels



- characteristic of some roadside environments, on the germination of certain tree seeds. *Plant and Soil* 43 (3) : 719 - 722.
- Björkbom J. C., Marquis D. A., Cunningham F. E. 1965. The variability of Paper Birch seed production, dispersal and germination. U. S. For. Serv. Res. Pap. Ntheast. For. Exp. Sta. No. NE-41, s. 1 - 8.
- Björkroth G. 1972. Behandling av björkfrö inför precisionssädd. Rapporter och Uppsatser, Institutionen för Skogsföringring. No. 39, s. 1 - 24.
- Björkroth G. 1973. Separation of Birch seeds in liquids according to density. Intern. Symposium of Seed Processing, Bergen, Norway 1973. IUFRO. Working Party S2.01.06 „Seed Problems”. Vol. I. Paper No. 3, s. 1 - 5.
- Björkroth G., Hultén H. 1973. Production av fröplantor av björk (*Betula verrucosa*) i växthus — redovisning av två försök. Rapporter och Uppsatser, Institutionen för Skogsföringring. No. 47, s. 1 - 40.
- Black M. 1956. Interrelationship of germination inhibitors and oxygen in the dormancy of seed of *Betula*. *Nature*, Lond. 178 (4539) : 924 - 925.
- Black M., Wareing P. F. 1954. Photoperiodic control of germination in seed of Birch (*Betula pubescens* Ehrh.). *Nature*, Lond. 174 (4432) : 705 - 706.
- Black M., Wareing P. F. 1955. Growth studies in woody plants. VII. Photoperiodic control of germination in *Betula pubescens* Ehrh. *Physiol. Plantarum* 8: 300 - 316.
- Black M., Wareing P. F. 1959. The rôle of germination inhibitors and oxygen in the dormancy of the light-sensitive seed of *Betula* spp. *J. Exp. Bot.* (10)28: 134 - 145.
- Brinkman K. A. 1974. *Betula* L. Birch. S. 252 - 257. W: Seeds of woody plants in the United States. C.S. Schopmeyer ed. *Agric. Handb.* No. 450. Forest Service U.S.D.A. Washington, D.C., s. 883.
- Brown R. T., Woerpel L. S., Wood R. D. 1960. Influence of the substratum on the germination of *Betula alleghaniensis* and possible successional significance. *Abstr. w: Bull. Ecol. Soc. Amer.* 41 (3) : 87.
- Chajnovskij E. J. 1966. Sejalka dlja krylatych lesnych semjan. *Lesn. Choz.* 19(8): 70 - 72.
- Clausen K. E. 1963. Nursery selection affects survival and growth of birch. U. S. Forest Service. Lake St. For. Exp. Sta. Res. Note No. LS-31, October 1963, s. 1 - 2.
- Clausen K. E. 1965. Yellow and Paper Birch seeds germinate well after 4 years' storage. U. S. Forest Service. Lake St. For. Exp. Sta. Res. Note No. LS-69, s. 1 - 2.
- Clausen K. E. 1970. Germination of Yellow and Paper Birch seeds after 8 years' storage. U.S. Forest Service. Nth. Cent. For. Exp. Sta. Res. Note No. NC-87, s. 1 - 2.



- Dellingshausen M. 1954. Der Anteil fremden Pollens bei der Befruchtung in einer Birkensamenplantage. Z. Forstgenet. 3(3): 52 - 53.
- Dellingshausen M., Stern K. 1958. Über einige besondere Blütenformen der Birke. Silvae Genet. 7(6): 181 - 188.
- Dimpfmeyer R. 1971. [Tree seeds from seed orchards (in Bavaria)]. Monti e Boschi 22(2): 13 - 20. (Wg For. Abstr. 1971, 32, Nr. 5854).
- Eifler J. 1964. Untersuchungen zum Bestäubungsvorgang und der Samenentwicklung bei Birkenartkreuzungen. Züchter 34(8): 305 - 312.
- Frolova G. D. 1956. Voprosy biologii cvetenija nekotorych berez. Bot. Žurn. 41(6): 885 - 889.
- Gross H. L. 1972. Crown deterioration and reduced growth associated with excessive seed production by Birch. Canad. Journ. Bot. 50(12): 2431 - 2437.
- Hagman M. 1963. Incompatibility in *Betula verrucosa* Ehrh. and *Betula pubescens* Ehrh. Abstr. w: Genetics today. Pergamon Press, Oxford. Vol. 1, s. 211.
- Hårdh J. E. 1966. Trials with carbon dioxide, light and growth substances on forest tree plants. Acta for. Fenn. 81(1): 1 - 10.
- Hedemann-Gade E. 1945. Sædd av björkrö i plantskolor. Skogen 32: 40.
- Heikinheimo O. 1940. [Experiments in tree nurseries.]. Commun. Inst. for Fenn. 29: 1 - 97. (Wg For. Abstr. 1943, 5, s. 178 - 179).
- Holmes G. D. 1951. Methods of testing the germination quality of forest tree seed, and the interpretation of results. Forestry Abstracts 13(1): 5 - 15.
- Holmes G. D., Buszewicz G. 1956. Forest tree seed investigations. Rep. For. Res., For. Comm. London. 1955, s. 13 - 16.
- Holmes G. D., Buszewicz G. 1959. Forest tree seed investigations. Rep. For. Res. For. Comm., London. 1957/58, s. 17 - 20.
- Huhtinen O. 1976. Early flowering of Birch and its maintenance in plants regenerated through tissue cultures. Acta Horticulturae 56: 343 - 349. (Juvenility in Woody Perennials).
- Huhtinen O., Yahyaoglu Z. 1974. Das frühe Blühen von aus Kalluskulturen herangezogenen Pflänzchen bei der Birke (*Betula pendula* Roth) Silvae Genetica 23 (1 - 3): 32 - 34.
- Hultén H., Björkroth G. 1974. [The production of Birch planting stock and the growing of Birch on abandoned agricultural land.]. Skogen 61(5): 174 - 176. (Wg For. Abstr. 1974, 35, Nr 6046).
- Hyde H. A. 1951. Pollen output and seed production in forest trees. Quart. J. For. 45(3): 172 - 175.
- Jensen C. J. 1964. Pollen storage under vacuum. Årsskr. Vet.-Landbohøjsk. S. 133 - 146.
- Jentys-Szaferowa J. 1938. Z badań biometrycznych nad zbiorowym



- gatunkiem *Betula alba* L. II. O możliwości krzyżowania się gatunków *B. verrucosa* Ehrh. i *B. pubescens* Ehrh. Inst. Bad. Leśn. Rozprawy i sprawozdania. Ser. A, No. 40, s. 84.
- Johnson L. P. V. 1946. Effect of chemical treatment on the germination of forest tree seed. For. Chron. 22(1): 17 - 24.
- Joseph H. C. 1929. Germination and vitality in birch seeds. Bot. Gaz. 87: 127 - 151.
- Junttila O. 1970. Effects of stratification, gibberellic acid and germination temperature on the germination of *Betula nana*. Physiol. Plantarum 23: 425 - 433.
- Junttila O. 1976. Effects of red and far-red irradiation on seed germination in *Betula verrucosa* and *B. pubescens*. Zeitschr. f. Pflanzenphysiologie 80 (5) : 426 - 435.
- Kantor J. 1950. Příspěvek k pěstění břízy. Lesn. Práce 29 (9/12) : 397 - 478.
- Kessler K. J. 1969. Top-dying of Yellow Birch associated with seed production. Plant Diss. Repr. 53 (9) : 694 - 697.
- Kolehmainen V. A. 1957. Vehkatallinmaa. Silva fenn. 90 (4) : 1 - 18.
- Koski V. 1975. Broadleaved seed orchards. Part. A. Notes on temperate broadleaved species including intensive methods for small-seeded species. S. 128 - 130. W: Seed orchards. Form. Comm. Bull. No. 54. R. Faulkner ed. London.
- Krizek D. T., Zimmerman R. H. 1973. Comparative growth of Birch seedlings grown in the greenhouse and growth chamber. Journ. Am. Soc. Hort. Sci. 98 (4) : 370 - 373.
- Krüssmann G. 1964. Die Baumschule. Verlag Paul Parey, Berlin—Hamburg.
- Kuznecov A. P. 1966. Zimnij posev berezy v pitomnikach. Lesn. Choz. 19 (11) : 29 - 31.
- Larson P. R. 1958. Effect of gibberellic acid on forcing hardwood cuttings for pollen collection. Lake St. For. Exp. Sta. Techn. Note No. 538, s. 1 - 2.
- Leikola M., Raulo J. 1974. [Investigations on the basis for grading nursery stock. III. Changes in morphological characteristics of nursery stock during the growing period.] Folia Forestalia, Inst. For. Fenniae No. 178, s. 1 - 19. (Wg For. Abstr. 1974, 35, Nr 4371).
- Lepistö M. 1973. Accelerated Birch breeding — in plastic greenhouses. For. Chron. 49 (4) : 172 - 173.
- Longman K. A., Wareing P. F. 1959. Early induction of flowering in Birch seedlings. Nature, Lond. 184 (4704) : 2037 - 2038.
- Maini J. S., Wang B. S. P. 1967. Twin seedlings and abnormal germination in the Yellow Birch, *Betula alleghaniensis* Britton. Canad. Fid. Nat. 81 (2) : 128 - 134.
- Mork E. 1944. Om bjørkefruktens bygning, modning og spiring. Medd. norske Skogsforsøksv. 8 (No. 30) : 423 - 471.



- Mork E. 1952. Faktorer som virker på spireevnen hos furu-gran- og bjørkefrø. Medd. norske Skogsforsøksv. 11 (No. 33) : 159 - 173.
- Nekrasov V. I. 1960. Predposevnaja obrabotka semjan lesnych drevesnych porod ponižennymi temperaturami. Akad. Nauk SSSR, Moskva, s. 106.
- Oki G. S. 1963. Systems and mechanization in a container nursery. W: Nursery practice and allied subjects. Proc. Plant Prop. Soc. (Eastern Region), Cincinnati, & (Western Region), San Dimas 1962, s. 1 - 228.
- Patterson C. F. i Bunce A. C. 1931. Rapid methods of determining the percentages of fertility and sterility in seeds of the genus *Betula*. Scientific Agriculture, Ottawa 11 : 704 - 708.
- Phipps H. M. 1969. The germination of several tree species in plastic greenhouses. U. S. Forest Service. Nth. Cent. For. Exp. Sta. Res. Note No. NC-83, s. 1 - 2.
- Pinney T. S., Peotter G. W. 1966. The propagation of Birch. Proc. Pl. Prop. Soc. (Eastern Region), Newport, R. I. 16 : 193 - 202.
- Pomber L., Weinberger P., Prasad R. 1974. The phytotoxicity of fenitrothion as assessed by the germination and early growth of *Betula alleghaniensis* Britt. Information Report, Chemical Control Research Institute, Canada. No. CC-X-79, s. 1 - 20.
- Pomber L. A., Weinberger P., Prasad R. 1974. Some indices of phytotoxicity on the germination and growth of *Betula alleghaniensis* Britt. seeds exposed to fenitrothion. Abstrakt w: Proc., Canad. Fed. Biol. Soc. 107 - 101.
- Privalov G. F. 1960. Žiznesposobnost' semjan berezy v processe ich sozrevanija i chranenija. Bot. Žurn. 45 (1) : 149 - 151.
- Redmond D. R., Robinson R. C. 1954. Viability and germination in Yellow Birch. For. Chron. 30 (1) : 79 - 87.
- Rohmeder E. 1938. Neuzeitliche Geräte und Arbeitsverfahren bei der Prüfung des Forstsaatgutes. Fortswiss. Centralbl. 60 : 218 - 231, 244 - 254, 266 - 278.
- Rohmeder E. 1951. Die Keimung forstlicher Sämereien bei wechselnden und konstanten Temperaturen unter Berücksichtigung der Lichtwirkung, s. 57 - 81. W. Beiträge zur Keimungsbiologie der Forstpflanzen. Bayerischer Landwirtschaftsverlag, München, s. 148.
- Rudnicki J. 1953. Wyniki siewów brzozy przy różnej kwasowości gleby. Sylwan 97 (3) : 205 - 209.
- Saarnjoki S. 1941. [Experiments on the germination of the pollen of forest trees.]. Commun. Inst. for. Fenn. 29 (3) : 1 - 15. (Wg For. Abstr. 1943, 5, s. 164 - 165).
- Sarvas R. 1950. Effect of light on the germination of forest tree seed. Oikos 2 (1) : 109 - 119.



- Sarvas R. 1952. On the flowering of Birch and the quality of seed crop. Commun. Inst. for. Fenn. 40 (7) : 1 - 38.
- Sarvas R. 1955. Ein Beitrag zur Fernverbreitung des Blütenstaubes einiger Waldbäume. Z. Forstgenet. 4 (4/5) : 137 - 142.
- Sarvas R. 1956. Investigations into the flowering and seed quality of forest trees. Commun. Inst. for. Fenn. 45 (7) : 1 - 37.
- Sarvas R. 1957. Investigations into the dispersal of birch pollen with a particular view to the isolation of seed source plantations. Commun. Inst. for. Fenn. 46 (4) : 1 - 19.
- Scamoni A. 1955. Über den gegenwärtigen Stand unseres Wissens vom Pollenflug der Waldbäume. Zeitschrift für Forstgenetik u. Forstpflanzenzüchtung 4 (4/5) : 145 - 149.
- Scholz E. 1957. Röntgenmutationen bei der Birke. Züchter 27 (1) : 54 - 60.
- Schönborn A. 1964. Die Aufbewahrung des Forssatgutes der Waldbäume. Bayerischer Landwirtschaftsverlag, München, s. 158.
- Schröck O. 1951. Stimulierende Wirkung des Colchicins bei der Keimung und dem Wachstum der Sämlinge. Züchter 21 (4/5) : 142 - 149.
- Simonenko A. P., Mattis G. J. 1974. Posev lesnych semjan s židkoj udobritel'noj smes'ju. Lesn. Choz. (3) : 92 - 93.
- Sinko M. 1973. [An experiment on the storing of Birch seeds for five years.]. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 71 (1) : 83 - 87. (Wg For. Abstr. 1973, 34, Nr 5134).
- Smirnova N. G. 1975. Rentgenografičeskij metod pri izučenii semjan listvennych porod. Lesn. Choz. (2) : 46 - 48.
- Sokolov V. S. 1963. [Effect of gibberellin solutions on the germination of seeds of tree species.]. Lesn. Žurn., Archangel'sk 6 (1) : 9 - 12. (Wg For. Abstr. 1964, 25, Nr 493).
- Spiglazov A. S. 1972. Kombinirovannaja lesnaja sejalka. Lesn. Choz. (7) : 40 - 43.
- Stern K. 1961. Über den Erfolg einer über drei Generationen geführten Auslese auf frühes Blühen bei *Betula verrucosa*. Silvae Genetica 10 (2) : 48 - 51.
- Stern K. 1963. Versuche über die Selbststerilität bei der Sandbirke. Silvae Genetica 12 (3) : 80 - 82.
- Tyldesley J. B. 1973. Long-range transmission of tree pollen to Shetland. I. Sampling and trajectories. II. Calculation of pollen deposition. New Phytologist 72 (1) : 175 - 190.
- Tyszkiewicz S. 1939. Ocena nasion drzew. Instyt. Bad. Lasów Państw. Rozpr. i Sprawozd. Nr 45. Warszawa, s. 180.
- Tyszkiewicz S. 1952. Nasiennictwo leśne z zarysem selekcji drzew. Wyd. II. PWRiL, Warszawa, s. 340.
- Tyszkiewicz S., Obmiński Z. 1963. Hodowla i uprawa lasu. PWRiL, Warszawa, s. 812.



- Wareing P. F. 1959. Photoperiodism in seeds and buds. Str. 73 - 87. W: R. B. Withrow (ed.). Photoperiodism and related phenomena in plants and animals. Washington.
- Wareing P. F., Longman K. A. 1960. Studies on the physiology of flowering in forest trees. Rep. For. Comm., Lond. 1958/59, s. 109 - 110.
- Werfft R. 1951. Über die Lebensdauer der Pollenkörner in der freien Atmosphäre. Biol. Zbl. 70 (7/8) : 354 - 367.
- Wróblewski A. 1931. Spostrzeżenia nad aklimatyzacją obcych brzoź w Polsce. Roczn. Pol. Tow. Dendrol. 4 : 53 - 73.
- Vaarama A., Valanne T. 1968. Induced mutations and polyploidy in Birch, *Betula* spp. 4. Induction of mutations with chemicals. Final Report Part IV. (Project no. E8-FS-47. Grant no. FG-Fi-133, Turku: Dep. bot. Univ. Turku).
- Vaarama A., Valanne T. 1969. Induced mutations and polyploidy in Birch, *Betula* spp. 5. Experiments with colchicine induced polyploidy. Final Report Part III. (Project no. E8-FS-47. Grant no. FG-Fi-133, Turku: Dep. bot. Univ. Turku).
- Vaarama A., Valanne T. 1970. Induced mutations and polyploidy in Birch, *Betula* spp. 7A. Germination experiments on the seeds of some *Betula* species. Final Report Part V. (Project no. E8-FS-47. Grant no. FG-Fi-133, Turku: Dep. bot. Univ. Turku).
- Vaartaja O. 1954. Factors causing mortality of tree seeds and succulent seedlings. Acta for. Fenn. No. 62, s. 1 - 31.
- Vaartaja O. 1956. Photoperiodic response in germination of seed of certain trees. Canad. Journ. Bot. 34 : 377 - 388.
- Vaartaja O. 1957. Partial breakage of dormancy in Birch seeds by gibberellin. Bi-m. Progr. Rep. Div. For. Biol. Dep. Agric. Can. 13 (6) : 2.
- Vaartaja O. 1959. Photoperiodic response in germination of four species of *Betula*. Bi-m, Progr. Rep. Div. For. Biol. Dep. Agric. Can. 15 (3) : 1 - 2.
- Václav E. 1958. Sběr, zakličování a usladňování pylu břízy (*B. verrucosa* Ehrh.), Sborn. Čsl. Akad. Zeměd. (Lesn.) 4 (11) : 939 - 970.
- Valanne T. 1972. Colchicine effects and colchicine-induced polyploidy in *Betula*, Ann. Acad. Sci. Fenn. A, IV Biologica. 191 : 1 - 28.
- Valanne T. 1973. Germination experiments on the seed of *Betula* species. Ann. Univ. Turkensis, Ser. A, II Biologica. 52 : 1 - 35.
- Vincent G. 1948. Rozbory nestejně uskladněných šišek a semen lesních dřevin. Zpr. Výzkumn. Úst. Lesn. ČSR, No. 2, s. 196 - 223.
- Vincent G. 1958. Die Lagerung von Saatgut in geschlossen Gefässen. Cbl. ges. Forstw. 75 (3) : 257 - 267.
- Vincent G. 1960. Skladování semen listnáčů v uzavřených lahvích. Sborn. Čsl. Akad. Zeměd. Věd (Lesn.) 6 (1) : 31 - 46.



- Yelenosky G. 1961. Birch seeds will germinate under a water-light treatment without prechilling. Ntheast. For. Exp. Sta. For. Res. Note No. 124, s. 1 - 5.
- Zasada J. C., Gregory R. A. 1972. Paper Birch seed production in the Tanana Valley, Alaska. USDA Forest Service Res. Note, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station. No PNW-177, s. 1 - 7.
- Zentsch W. 1967. Über den Einfluss von flüssigem Stickstoff auf die Keimfähigkeit des Saatgutes von *Pinus silvestris* L., *Picea abies* (L.) Karst., *Betula pendula* Roth and *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. 16 (6/9) : 725 - 730.

## GENERATIVE PROPAGATION

### Summary

The formation and flowering of both male and female birch flowers are described. Informations are given concerning the possibility to hasten the transmission from the juvenile to the adolescent developmental stage. Pollen dispersal and transport in natural conditions as well as its storage in controlled conditions and the use for artificial pollination, also for forced selfing are discussed.

The formation, ripening and dispersal of birch seed are described and in connection with this the seed production, drying, cleaning and storage of the seed material. Special attention is given to the phenomenon of seed dormancy. The quality of seed and its estimation with the help of germination tests are discussed, following the Polish and ISTA prescriptions. The possibility of an utilization of the X-ray method for the purity analysis is briefly mentioned.

A special chapter is devoted to a discussion of the problem of birch seed germination and the dependance of this process on such factors as pH of the soil, chilling of imbibed seeds, temperature in a broader range and light. Results of studies are discussed concerning the mutual effect of temperature and light on birch seed germination, specially of those performed to investigate the effects of light of different wavelength. Also the presence of the phytochrome system and the effects of red and far red irradiation on beech seeds are discussed. Attention is given to artificially applied factors influencing seed germination like chemicals both mutagenic and non-mutagenic including pesticides and growth substances, ionizing radiations and extremely low temperatures.



Finally the following problems are discussed: birch seedling production from freshly collected and stored seeds sown in late summer, in Autumn, in winter on snow and in Spring. This part of the paper contains a discussion dealing with seedling production in greenhouses and plastic tunnels. It was shown that in such conditions the vegetative growth of birch plants and their entering in the seed bearing age can be strongly accelerated. Data are given concerning seed production in birch seed orchards under big plastic greenhouses.