

6. ROZMNAŻANIE

6.1. ROZMNAŻANIE GENERATYWNE*

Generatywne, czyli pciowe rozmnażanie sosny zwyczajnej związane jest między innymi z wykształceniem organów żeńskich i męskich, wytwarzających właściwe gamety. W końcowej fazie reprodukcji generatywnej formuje się nasienie, zaopatrzone w skrzydełko lotne.

W ostatnich latach podjęto próby uzyskania „syntetycznych” nasion drzew iglastych z całkowitym pominięciem drogi generatywnej. Pomyślne wyniki uzyskano dla świerka (*Picea abies*) (BECWAR i in. 1989), daglezi (*Pseudotsuga menziesii*) (DURZAN i GUPTA 1987), sekwoi (*Sequoia sempervirens*) (BOURKARD i FAVRE 1988) oraz mniej pomyślne dla sosny (*Pinus taeda*) (GUPTA i DURZAN 1987). Wydaje się jednak, że wykorzystanie na szeroką skalę w leśnictwie zarodków somatycznych do produkcji materiału sadzeniowego stwarza duże zagrożenie zubożenia puli genetycznej przyszłych drzewostanów w stopniu znacznie większym, niż stosowanie nasion pozyskanych z plantacji nasiennych.

Ze względu na znaczne koszty uzyskiwania roślin metodą somatycznej embriogenezy *in vitro*, należy się spodziewać, że sosna zwyczajna nadal będzie rozmnażana z nasion pozyskiwanych z drzew matecznych.

6.1.1. KWITNIENIE

W warunkach klimatycznych Polski początek kwitnienia sosny zwyczajnej przypada zazwyczaj w maju, jednocześnie ze wzrostem

pędów. Kwiatostany żeńskie i męskie występują na jednym drzewie.

Kwiaty żeńskie zbudowane są z owocolistków ułożonych spiralnie na osi skróconego pędu, tworzących szyszkę. Szyszki powstają z reguły po kilka (2-3) na szczytach tegorocznych pędów, ale zdarzają się też, bardzo rzadko, skupienia szyszek po kilkadziesiąt sztuk. U nasady owocolistków spoczywają po jednym niedojrzałe zalążki, zawierające jedną makrospore, czyli jednojądrowy woreczek zalążkowy, w którym powstaje gametofit żeński (por. rozdz. 4). Gametofit wykształca kilka archegoniów, zbudowanych z licznych komórek; dlatego też można niekiedy obserwować liczne zarodki, tzw. poliembrionię (SIMAK i GUSTAFSSON 1954; FIRBAS 1960; DOGRA 1967). Z reguły jednak po zapłodnieniu przy życiu zachowuje się tylko jeden zarodek, a pozostałe obumierają. W przypadku, gdy nasiona zawierają kilka zarodków, zwykle tylko największy z nich ma normalną liczbę chromosomów ($2n=24$) i rozwija się w siewkę, pozostałe natomiast, ulegają redukcji podczas kiełkowania (CHING i SIMAK 1971).

Kwiaty męskie tworzą się u nasady tegorocznych pędów w miejscu krótkopędów w postaci skupionych kłosów ze spiralnie ustawionymi pręcikami. Każdy z nich zawiera po dwa woreczki pyłkowe. Stwierdzono (KOC 1974), że podział mejotyczny w komórkach archesomalnych rozpoczyna się, gdy suma temperatur powyżej 5°C osiąga 230°C , a średniodobowa temperatura jest wyższa od

* Opracował TADEUSZ TYLKOWSKI

9-11°C. W tych samych warunkach rozwoju badanych drzew lot pyłku rozpoczynał się z różnicą 1-4 dni.

6.1.2. ZAPYLENIE I ZAPŁODNIENIE

Dojrzałe ziarna pyłku, zaopatrzone w dwa pęcherzyki powietrzne, przenoszone są przez wiatr i tylko nieliczne osiągają swój cel, którym jest załaznia, znajdująca się między łuskami nasiennymi szyszeczek. W czasie pylenia na mikropyle tworzy się kropla jasnożółtego płynu, który wypełnia przestrzeń między osrodkiem (*nucellus*), a osłonkami (*integument*). Osadzony na powierzchni kropli kiełkujący pyłek zostaje „wciągnięty”, wraz z wysychającym płynem, do załazka. Płyn ten zakorkowuje okienko.

Jesienią i zimą pyłek i załazek znajdują się w stanie spoczynku, a do zapłodnienia dochodzi dopiero następnej wiosny, gdyż podczas zapylenia makroprotalium nie jest jeszcze w pełni rozwinięte. Do zapłodnienia dochodzi po nastaniu wiosennego ocieplenia w roku następnym (około 13 miesięcy po zapyleniu, por. rozdz. 4) (BIBIKOVA 1984; TEREIN 1985).

Podczas 5-letnich badań NEKRASOVA (1986) stwierdziła, że średni procent zapyzonych załazków u sosny wynosił od 24,3 do 66,9%. Jedno z badanych drzew w 1979 roku miało tylko 16,6% zapyzonych załazków. Tak niewielki udział zapyzonych załazków był skorelowany z bardzo małą liczbą ziarn pyłku, stwierdzono bowiem tylko 53 ziarna na powierzchni 1 mm². Gdy liczba ta była wyższa niż 190 ziaren, wówczas udział zapyzonych załazków przekraczał 70%. Przeciętnie niezapyzonych pozostaje około 20% załazków, a spodziewany zbiór nasion pełnych z szyszki nie przekracza 38% (BROWN 1971). Korelacja między liczbą nasion a liczbą zapyzonych załazków wyraża się u różnych drzew współczynnikiem 0,71-0,95 (NEKRASOVA 1986). Zapylenie 45-50% załazków zapewniło uzyskanie 15-16 nasion z szyszki, przy średniej potencjalnej liczbie 42 nasion. Znajomość tych zależności umożliwia znaczne podwyższenia urodzaju nasion sosny z plantacji nasiennych

przez sztuczne zapylenie, zwłaszcza gdy podczas pylenia panują niekorzystne warunki atmosferyczne (NEKRASOVA 1986). W warunkach korzystnych, sąsiadujące drzewo otrzymuje około 31% pyłku zapyłającego (SHEN i in. 1981). Prawdopodobieństwo zapylenia własnym pyłkiem ocenia się przeciętnie na 2-6% (RUDIN i LINDGREN 1977; SHEN i in. 1981), z najniższą frekwencją w wierzchołkowych częściach korony drzewa.

W latach obfitego kwitnienia na hektarze borów sosnowych produkowane jest ponad 100 kg pyłku. Ilość pyłku w czasie kwitnienia wywiera istotny wpływ na stopień opadania strobili (małych szyszeczek) i szyszek (BROWN 1971; BAUMEISTER 1975). Stosowane w praktyce podczas sztucznego zapylenia rozcieńczanie pyłku talkiem, do poziomu rozcieńczenia nie niższego od 10%, nie miało wpływu na ilość pozyskanych nasion (BROWN 1971). Zastosowanie do sztucznego zapylenia świeżo pozyskanego pyłku podwyższało wydajność pełnych nasion z szyszki, w porównaniu ze stosowaniem pyłku przechowywanego przez rok. Natomiast przedłużanie okresu izolacji strobili tubami celulozowymi i opóźnianie zapylenia, podwyższyło udział nasion pustych, co świadczy o krótkim okresie gotowości strobili do przyjęcia pyłku (BROWN 1971).

Dla potrzeb prac hodowlanych wymagane jest czasami użycie pyłku przechowywanego. Opracowano metody jego przechowywania, które pozwalają na zachowanie żywotności przez kilka lat. Warunkiem poprawnego przechowywania pyłku jest stopniowe obniżenie przez 48 godzin jego wilgotności do 1,5% w temperaturze od 15° do -30°C, przy ciśnieniu 10⁻³ Tor (DIETZE 1973). Reakcja pyłku różnych klonów sosny na takie poduszanie nie jest jednokowa, dlatego też po podsuszeniu, a przed przechowaniem w temperaturze -10°C należałoby sprawdzić jego zdolność kiełkowania.

Pyłek sosny bardzo dobrze kiełkuje (*in vitro*) na 1% roztworze agaru z dodatkiem 0,05% laktozy lub 0,0004-0,001% kwasu borowego, w temperaturze 30°C (CHIRA 1967). Według BIBIKOVEJ (1984), świeży pyłek również dobrze kiełkuje w wiszącej kropli 10%

roztworu sacharozy, w temperaturze 25-35°C (92,9%). W temperaturze poniżej 15° i w 40°C pyłek nie kiełkował wcale. W temperaturze 20°C wzrost łagiewki pyłkowej następował dopiero po 48 godzinach (34,3%), natomiast w 25-35°C pyłek kiełkował dwa razy szybciej. Dodatek do roztworu sacharozy 0,01% boru przyczynił się do skielkowania 80,1% pyłku w 20°C.

Zapotrzebowanie na pyłek na plantacjach nasiennych sosny wynosi około 20-30 kg/ha (CHALUPA 1985). Przy niedostatecznej ilości pyłku na plantacjach nasiennych (zwłaszcza młodych), klony w plantacji nasiennej mogą być zapyłone pyłkiem niepożądanym, pochodzącym spoza plantacji. CHALUPA (1985) wykazał, że nasiona zebrane z 10 sosen, rosnących w odległości 420 m od ściany lasu, kiełkowały w 83%, pomimo że przed pyleniem usunięto z drzew macecznych wszystkie kwiaty męskie. Pyłek sosny może być przenoszony na znaczne odległości, w zależności od siły wiatru. Przy prędkości wiatru 1,7 m/s liczba ziarn pyłku na 1 cm², w odległości 5 m od plantacji wynosiła 95 szt., w odległości 50 m – 59 szt., w odległości 360 m – 18 szt., a w odległości 1110 m – 12 sztuk (CHALUPA 1985). Analiza profilu pionowego rozsiewania się pyłku wykazała (SANNIKOV i GRIŠINA 1979) obniżające się jego zagęszczenie wraz z odległością poziomą w niższych częściach korony (6-9 m wysokości) oraz duże zagęszczenie pyłku na wysokości 9-12 m (tam gdzie występują kwiaty żeńskie) i na 5-6 m wysokości (poniżej koron).

Żywotność pyłku można znacznie poprawić przez 5-krotne opryskanie gałęzi 0,05% roztworem GA₃ lub 0,04% roztworem kwasu IAA. W następnym roku pyłek zebrany z gałęzi opryskiwanych charakteryzował się zmienionym ilościowo składem aminokwasów, a nasiona uzyskane po zapyleniu tym pyłkiem odznaczały się wyższą energią i zdolnością kiełkowania (ALARKON i BAKCHOLDINA 1984).

W warunkach postępującego wzrostu imisji dwutlenku siarki do atmosfery, istnieje znaczne niebezpieczeństwo obniżenia produkcji nasion sosny, spowodowane dużą wrażliwością pyłku na działanie SO₂. W bada-

niach *in vitro* (SCHOLZ i in. 1985) stwierdzono, że ekspozycja pyłku przez 4 dni na działanie 400 µg SO₂/m³ powietrza prowadziła do znacznego, a w niektórych przypadkach nawet do całkowitego zahamowania jego kiełkowania. Przy niższych stężeniach (170 i 270 µg SO₂/m³) stwierdzono między klonami istotne różnice kiełkowania pyłku. Wyniki te wskazują na możliwość zmian struktury genetycznej populacji drzew (nasion) pod wpływem działania SO₂ w czasie kwitnienia (MEJNARTOWICZ 1983).

Wrażliwość pyłku na działanie SO₂ pozostawała bez zmian, nawet po przechowaniu. Kiełkowanie pyłku było niezmiennie hamowane przy stężeniu 0,225 ppm tego związku (KELLER i BEDA 1984). Stężenie takie może utrzymywać się przez jakiś czas w sytuacjach awaryjnych w pobliżu różnych zakładów przemysłowych.

Pyłek sosny, pobrany z drzew rosnących na terenach skażonych ołowiem, wykazywał wyższy procent ziarn kiełkujących na pożywce z Pb(NO₃)₂ niż pyłek z drzew kontrolnych z terenów nie skażonych. Wskazuje to na pewne właściwości adaptacyjne drzew do życia na terenach skażonych ołowiem (HOLUB i ZELEŃÁKOVŠ 1986).

Fluorki i SO₂, emitowane z fabryki nawozów fosforowych w Luboniu pod Poznaniem, istotnie wpłynęły na obniżenie kiełkowania pyłku sosny (o 50%), ale nie hamowały wzrostu łagiewki pyłkowej. Starzenie się pyłku z drzew wrażliwych na te gazy było szybsze, aniżeli z drzew bardziej tolerancyjnych (MEJNARTOWICZ i LEWANDOWSKI 1985).

6.1.3. PROGNOZOWANIE URODZAJU NASION

Lata obfitego urodzaju nasion sosny zwyczajnej w dużym stopniu zależą od warunków klimatycznych. W Europie środkowej dobry urodzaj nasion powtarza się co 3-4 lata (TYSZKIEWICZ 1949), a na dalekiej północy, w Laponii co 10-15 lat (HAGNER 1965; RYNNÄNEN 1980a). Początek obradzenia drzew rosnących pojedynczo obserwuje się już

w wieku 10-15 lat, a drzew rosnących w drzewostanie – w wieku około 30-40 lat.

Próbie ustalenia urodzaju nasion sosny na 1-3 lat przed zbiorem podjęto m. in. w Polsce (FOBER 1976b) i w Finlandii (LEIKOLA i in. 1982). W badaniach uwzględniono informacje o wcześniejszym urodzaju nasion, liczbę utrzymujących się pręcików, wizualny szacunek kwiatów żeńskich i zbiór szyszek, sumę temperatur efektywnych w sezonie wegetacyjnym oraz średnie opady i zachmurzenie w okresie maj-wrzesień. Stwierdzono, że urodzaj nasion zdecydowanie zależy od pogody podczas sezonu wegetacyjnego, poprzedzającego kwitnienie. Wysoka temperatura w tym okresie sprzyjała obfitemu kwitnieniu podczas następnej wiosny, natomiast duże opady deszczu i znaczne zachmurzenie wpływały na obniżenie intensywności kwitnienia. Warunkami termicznymi roku poprzedzającego kwitnienie można wyjaśnić 80-90% przyczyn różnych urodzajów nasion sosny. Liczba pręcików opadniętych na ziemię okazała się w większym stopniu niezawodna w prognozowaniu urodzaju nasion świerka niż sosny.

Na plantacjach nasiennych sosny opracowano (KRASNOBAEVA 1986) metodę prognozowania urodzaju nasion dla pojedynczych drzew i dla całej powierzchni, opartą na sześciostopniowej skali. Ustalono, z wystarczającym dla praktyki przybliżeniem, liczbę stopni zgodnie z postępowaniem geometrycznym. Stopniom skali odpowiada liczba kwiatostanów (strobili/szyszeczek) wiosną bieżącego roku, liczba szyszek jesienią w roku następnym oraz odpowiadające im liczba i masa pełnych nasion. Od kwitnienia w maju i czerwcu do dojrzewania w październiku w roku następnym pewna część strobili (w pierwszym roku) i szyszek (w drugim roku) opada, przeciętnie aż 33%. Fakt ten został uwzględniony w tabeli. Ocenę urodzaju nasion sosny rozpoczyna się od określenia intensywności kwitnienia na powierzchni próbnej 0,25 ha, nie mniej niż na 50 drzewach. W końcu maja i na początku czerwca, w fazie pełnego kwitnienia, na każdym drzewie ocenia się liczbę kwiatów i na tej pod-

stawie określa się odpowiedni stopień na skali i przewidywany urodzaj. Urodzaj nasion w roku zbioru szyszek ustala się w sierpniu-wrzesniu, na 2-3 miesiące przed zbiorem, oceniając każde drzewo na próbnej powierzchni i odczytując na skali odpowiadający mu stopień (tab. 6.1).

MACHANIČEK (1970) uważa, że prognozowanie urodzaju nasion sosny na podstawie liczenia przez lornetkę szyszek na powierzchni próbnej jest obciążone zbyt dużym błędem, spowodowanym równoczesnym wystę-

Tabela 6.1

Skala oceny i prognoza urodzaju nasion na pojedynczych drzewach (KRASNOBAEVA 1986).

Stopnie skali	Kwiaty żeńskie wiosną b.r.	Szyszki jesienią następnego roku	Pełne nasiona	
	szt.	szt.	g	tys. szt
0,0	0	0	0	0
1,0	150	100	6,0	0,86
2,0	300	200	15,0	2,14
3,0	700	500	40,0	5,71
4,0	1500	1000	85,0	12,14
5,0	3000	2000	200,0	28,57

powaniem znacznej liczby małych szyszek w koronie drzew, a także liczeniem szyszek starych i pozbawionych już nasion.

6.1.4. OBRADZANIE NASION

Na obradanie nasion wpływa szereg czynników. Stwierdzono ścisły związek między wielkością korony drzewa i jego obradaniem. Drzewa o małej, źle wykształconej koronie owocują słabo, a drzewa o koronie silnej obradzają intensywniej (TYSZKIEWICZ i SZYMKIEWICZ 1938). Podobną zależność można odnieść do grubości drzew w drzewostanie. Przeciętna liczba szyszek z drzewa o koronie prawidłowo rozwiniętej jest zbliżona do przeciętnej dla całego drzewostanu.

Jednakże duża zmienność liczby szyszek w grupie drzew powoduje, że szacunek owocowania w całym drzewostanie oparty na liczbie szyszek z drzewa o koronie przeciętnej jest obciążony dość dużym błędem. Prawdopodobnie z tych to właśnie względów URBAŃSKI (1965) nie potwierdził, stwierdzonej wcześniej przez TYSZKIEWICZA i SZYMKIEWICZA (1938), zależności urodzaju szyszek od wielkości korony drzewa.

Na podstawie 10-letnich pomiarów, na 54 plantacjach nasiennych sosny wykonanych w północnej Szwecji, wykazano (ILSTED i ERICKSSON 1982), że najwyższą produktywnością szyszek odznaczały się plantacje, które założone były w miejscach zabezpieczonych przed zimnym i wilgotnym wiatrem. Miały one dobrą ekspozycję na słońce oraz były położone wyżej, niż otaczające je drzewostany.

Drzewa rosnące na skraju lasu zazwyczaj obradzają więcej szyszek, niż drzewa rosnące w głębi drzewostanu. Nie udało się ustalić zewnętrznych cech drzew, na podstawie których można by wyróżnić drzewa charakteryzujące się wysokim urodzajem nasion (ROGOZIN 1978), chociaż stwierdzono pomiędzy klonami sosny na plantacji nasiennej istotne zróżnicowanie w intensywności kwitnienia (WESOŁY i in. 1984).

Jako ciekawostkę można podać, że na dalekiej północy Szwecji i Rosji, a także w Polsce obserwowano obradzanie szyszek sosny w gronach po 40 do 50 sztuk, osadzonych zazwyczaj na pędzie głównym (PRAVDIN 1964; SIMAK 1971; MEJNARTOWICZ 1980). Formę taką opisał po raz pierwszy CARRIÈRE w 1867 roku jako *P. sylvestris* f. *conglomerata*. Prawdopodobnie tak obfite obradzanie jest cechą uwarunkowaną genetycznie, którą można by wykorzystać do stymulacji kwitnienia drzew na plantacjach nasiennych, ale dopiero po udowodnieniu, że nasiona pochodzące z tych drzew są genetycznie dobrej jakości (SIMAK 1971).

W warunkach północno-zachodniej granicy lasostępu (BEREZNOJ 1978), najbardziej korzystne dla produkcji nasion okazało się zwarcie koron w stopniu 0,6-0,7 (średni zbiór

około 1 mln nasion z hektara). W drzewostanach o wyższym stopniu zwarcia koron średni zbiór nasion był mniejszy, a lata nasienne powtarzały się rzadziej. Przerzedzanie dojrzałych i zagęszczonych drzewostanów w zasadzie nie podwyższało obradzania w pierwszej dekadzie po cięciu prześwietlającym.

Według badań PROKAZINA i PROKAZINY (1979), przeprowadzonych w latach 1963 i 1964, istnieje tendencja obniżania się jakości nasion sosny zwyczajnej w miarę przesuwania się z południa na północ i z zachodu na wschód.

Niewątpliwy wpływ na wielkość urodzaju nasion wywierają warunki edaficzne siedliska. Na ubogich siedliskach wrzosowiskowych w południowej Finlandii roczny opad nasion na 1 m² wynosił przeciętnie 40 sztuk, a na siedliskach bogatych z borówką brusznicą – przeciętnie 90 sztuk (SARVAS 1962). W warunkach Białorusi (SAVČENKO i PODŻAROVA 1970) największe szyszki zbierano z drzew, rosnących na kwaśnych siedliskach lasowych (średnia masa 7,32 g), mniejsze na chrobotkowym (5,4 g), a najmniejsze na wełniankowo-torfowcowym (3,7 g). Autorzy tych badań zalecają sortowanie szyszek według średnicy na duże - o średnicy powyżej 2,2 cm, średnie - 1,8-2,1 cm i małe poniżej - 1,7 cm. Wydajność siewek I kl. jakości z nasion zebranych z drzew rosnących na kwaśnym siedlisku lasowym wynosiła 50,7%, a z nasion pochodzących z siedlisk wełniankowo-torfowcowych tylko 17,7%.

Nawożenie mineralne drzewostanów sosnowych istotnie podwyższa masę zebranych szyszek, nawet 2-3-krotnie w porównaniu z drzewostanami nienawożonymi (VALK i in. 1980). Obserwowano także 14-34% wzrost liczby drzew, obradzających po wzbogaceniu gleby nawozami sztucznymi. Silniejszy wpływ nawożenia uwidaczniał się na siedliskach uboższych. Nawożenie w dużym stopniu przyczyniło się do obniżenia procentu opadania strobili i szyszeczek podczas suchej pogody po pyleniu, co częściowo tłumaczy wzrost urodzaju (EFIMOV 1978; DANUSJAVIČIUS 1978; SAVEL'EV 1981). Najlepsze wyniki uzys-

kiwano przy kompleksowym nawożeniu $N_{60}P_{120}K_{150}$, wykonanym wczesną wiosną. Nawożenie, zwłaszcza azotem – w ilości 120 kg/ha, oddziałuje silnie na wzrost obradzania jeszcze w trzecim kolejnym roku nasiennym (SCHOLZ 1972).

Żywicowanie drzew sosny przyczynia się do obniżenia liczby i rozmiarów szyszek. Zwykłe żywicowanie obniża liczbę szyszek o 12%, natomiast wyciek żywicy stymulowany spirytusem lub siarczynem powoduje spadek liczby szyszek odpowiednio o 33% i 48%. Żywicowanie drzew pozostaje jednak bez wpływu na zdolność kiełkowania nasion z nich zebranych, a przyczynia się tylko do obniżenia energii kiełkowania (VELKOV i KALUDIN 1970; DROČNEV i in. 1978). W okresie pierwszych trzech lat po rozpoczęciu żywicowania z zastosowaniem środków chemicznych obserwowano intensywniejsze obradzanie szyszek, przy jednoczesnym zmniejszeniu ich masy (KOROSTELEV i ŠČAVROŃSKIJ 1980). Nawożenie mineralne drzewostanów żywicowanych wpłynęło znacznie na wzrost obradzania szyszek (przeciętnie z 22 do 39 szyszek z jednego drzewa), przy równoczesnym wzroście masy szyszek z 7,05 do 8,21 g i masy 1000 nasion z 5,02 do 7,91 g.

Okresowość obradzania nasion sosny próbowano skorelować z aktywnością plam na słońcu (ROSTOVCEV 1978). Wraz ze wzmożeniem aktywności słonecznej wzrasta intensywność przemieszczania się warstw powietrza z północy na południe. Powoduje to napływ suchych mas powietrza, które w ciepłym okresie roku nagrzewają się i obniżają stan nasycenia parą wodną, co przyczynia się do zmniejszenia opadów i do wystąpienia silnej suszy. Obniżeniu aktywności słonecznej towarzyszy natomiast przemieszczanie się mas powietrza z zachodu na wschód, związany z tym napływ wilgotnego powietrza znad Atlantyku i wzrost opadów. Należy jednak zaznaczyć, że związane z aktywnością słoneczną przemieszczanie się mas powietrza rozwija się swoiście w każdym regionie geograficznym.

6.1.5. ZBIÓR SZYSZEK

Podstawową bazą nasienną sosny zwyczajnej w Polsce są Lasy Taborskie, Napiwodzko-Ramuckie, Puszcza Piska, Augustowska i Knyszyńska oraz Bory Tucholskie. Z nasion tych proveniencji tworzy się rezerwy nasienne na potrzeby krajowe w latach nieurodzaju, przynajmniej na okres 3 lat (ANONIM 1988).

Nasiona pozyskuje się przede wszystkim w drzewostanach nasiennych gospodarczych i wyłączonych, na plantacjach nasiennych, na plantacyjnych uprawach nasiennych i na rejestrowanych uprawach pochodnych (tab. 6.2). W drzewostanach nasiennych gospodarczych, w roku dobrego urodzaju nasion, a tylko wyjątkowo w roku średniego urodzaju, szyszki zbiera się z drzew ściętych w czasie prac zrębowych. Zbiór szyszek w drzewostanach nasiennych wyłączonych dokonuje się tylko z drzew stojących, jednak w roku dobrego urodzaju dopuszcza się na wniosek RDLP zakładanie zrębów i zbioru szyszek z drzew ściętych, pod warunkiem że powierzchnia tego drzewostanu przekracza 20 ha. Bardzo ważne jest, aby na 3 lata przed przewidywanym zbiorem szyszek w drzewostanach nasiennych, zarówno w gospodarczych, jak i wyłączonych, usunąć wszystkie drzewa chore i źle ukształtowane.

Tabela 6.2

Baza nasienne sosny pospolitej w Polsce (stan na 1 IV 91 r.) (FONDER 1992)

Gospodarcze drzewostany nasienne	163 775 ha
Wyłączone drzewostany nasienne	5 487 ha
Drzewa doborowe	2 550 szt.
Plantacje nasienne	285,24 ha
Plantacyjne uprawy nasienne	204,76 ha
Uprawy pochodne	12 263 ha

Do zbioru szyszek można przystąpić po uprzednim upewnieniu się co do jakości nasion i ich przydatności do siewu. Najodpowiedniejszą porą zbioru szyszek jest zima, gdy szyszki wyschną na drzewach do wilgot-

ności poniżej 30%. Z szyszek o wyższej wilgotności, zebranych wcześniej (w końcu września lub na początku października), można też wyluszczyć nasiona o wysokiej zdolności kiełkowania, jednak nasiona takie nie nadają się do dłuższego przechowywania (TYSZKIEWICZ 1949).

Zbiór szyszek z drzew ściętych na zrębie, praktycznie nie następuje żadnych trudności. W ciągu dnia pracy jeden robotnik może zebrać, w zależności od urodzaju, od 25 do 60 kg szyszek (TYSZKIEWICZ 1949).

W NRD stosowano specjalne maszyny do pozyskiwania szyszek ze ściętych na zrębie gałęzi, lecz pomimo znacznego zwiększenia wydajności zbiór okazał się nieopłacalny (BANDT 1981). Siła, potrzebna do oderwania szyszek od gałęzi, waha się w granicach 0,5 do 5 kG, a liczba obrotów szyszki wokół osi pionowej, do chwili oderwania od gałęzi wynosi od 1 do 7,5 obrotu (ŠOPA 1985).

Zbiór szyszek z drzew stojących w drzewostanach nasiennych wyłączonych, jest opłacalny jedynie w przypadku dobrego urodzaju nasion. Przy słabym urodzaju przeciętna waga szyszek zebranych z jednego drzewa nie przekracza 1 kg, przy urodzaju średnim 2-4 kg i przy urodzaju dobrym 8-12 kg. Przy mniejszym urodzaju jeden zbieracz może oberwać szyszki z większej liczby drzew. Przy słabym urodzaju wydajność zbioru, przypadająca na jednego zbieracza w ciągu dnia, waha się w granicach 15-20 kg, a przy urodzaju dobrym – 48-72 kg (TYSZKIEWICZ 1949), wydaje się jednak, że ta ostatnia wartość jest mocno zawyżona. Według KOCIEŃKIEGO (informacja ustna), przy dobrym urodzaju jeden zbieracz może zerwać w ciągu dnia 30-35 kg szyszek z drzew stojących.

Roczne zapotrzebowanie na nasiona sosny zwyczajnej w Polsce ocenia się na około 40 ton, co oznacza, że należałoby pozyskać około 2500 ton szyszek (ANTOSIEWICZ 1979a).

W tabeli 6.3 przedstawiono zbiór szyszek i pozyskanie nasion sosny zwyczajnej w Polsce w latach 1975-1980 (ANONIM 1981) oraz zbiór szyszek w latach 1988-1990 (FONDER 1992).

Tabela 6.3

Zbiór szyszek i pozyskanie nasion sosny zwyczajnej w Polsce

Rok zbioru	Szyszki w tonach	Nasiona w kg
1975	921,0	8 605
1976	1 896,0	33 686
1977	4 319,7	59 639
1978	2 974,9	41 176
1979	1 451,0	37 550
1980	1 836,4	30 419
1988	1 703,1	-
1989	1 294,6	-
1990	1 151,7	-

Zastosowanie włazów typu „Baumvelo” (produkcji szwajcarskiej), do wspinania się na wysokie drzewa, znacznie ułatwia dotarcie do koron gonnych sosen. Za pomocą tych włazów można w czasie o połowę krótszym, niż przy użyciu popularnych jeszcze włazów hakowych typu „Wolfgang” lub typu klosnowskiego, wspiąć się na drzewa do pierwszych gałęzi, pozostawić włazy na pnium i wyżej wspiąć się po konarach. Zaletą włazów „Baumvelo” jest, w przeciwieństwie do włazów hakowych, nie uszkodzenie kory i drewna, a tym samym nie narażanie drzew na infekcje grzybowe. Wspinanie na drzewa za pomocą włazów „Baumvelo” odbywa się bowiem na zasadzie zaciskania się metalowej taśmy wokół pnia drzewa pod wpływem ciężaru zbieracza.

Stosowana w Polsce do zbioru nasion z drzew stojących drewniana drabina pomysłu inż. TOMAKI, chociaż nie powoduje uszkodzenia drzew, jest dosyć uciążliwa w użyciu (PASZKOWSKI 1978). Autor proponuje wycofanie z eksploatacji drabin drewnianych i w zamian podjęcie produkcji jednolistkowej drabiny stalowej pomysłu szwedzkiego. Prototyp takiej drabiny został zbudowany jeszcze w latach sześćdziesiątych w Poznaniu (JAKUSZEWSKI 1962). Wydaje się, że zbyt duży ciężar tej drabiny, zbudowanej z 15 segmentów o łącznej długości 30 m i ważącej

80 kg, przesądza o braku celowości jej produkcji. Obecnie bardzo popularne są wielosegmentowe drabiny dwulistwowe produkcji szwedzkiej firmy Wibe, wykonane z duraluminium, bardzo lekkie i wygodne w użyciu. Drabiny te używane są prawie we wszystkich krajach Europy.

Oprócz wspinania się na drzewa i zrywania szyszek z wewnętrznej strefy korony drzewa, próbowano zbierać szyszki z zewnętrznych części koron drzew, przy zastosowaniu balonu na uwięzi (KLJAČKO 1980; HARTMANN 1982). Próbę zbioru szyszek z kosza, podwieszono pod balonem o kubaturze 200 m³, podjęto w Czechosłowacji (HARTMANN 1982), jednak sposób ten okazał się nieopłacalny. Na plantacjach nasiennych byłej NRD do zbioru szyszek wykorzystywano 6-metrowej wysokości drabiny (BANDT 1981). Przy zbiorze szyszek z drzew do 3 m wysokości norma wydajności zbieracza wynosiła 2 kg szyszek w ciągu godziny, natomiast z drzew 5-metrowych kilogram szyszek zbierano przeciętnie w ciągu 42 minut.

6.1.6. OCENA SZYSZEK

Przed przystąpieniem do zbioru szyszek sosny zwyczajnej niezbędne jest orientacyjne ustalenie wydajności szyszek. W tym celu stosuje się zazwyczaj próbę krojenia szyszek normalnie wykształconych i nie uszkodzonych przez owady. Na przekroju podłużnym 10 szyszek (wzdłuż osi szyszki) ustala się przeciętną liczbę nasion pełnych, przypadających na jedną szyszkę. Na podstawie tej liczby określa się potencjalną wydajność nasion z 1 hl szyszek (w kilogramach). W tabeli

Tabela 6.4

Wydajność z szyszek sosny (ANTOSIEWICZ i KOCIĘCKI 1976)

Liczba pełnych nasion na przekroju szyszki	Wydajność nasion z 1 hl szyszek, kg
3	0,7
4 lub 5	0,8
6	0,9
7	1,0

6.4 podano orientacyjną wydajność nasion sosny na podstawie liczby pełnych nasion, stwierdzonych na przekroju podłużnym szyszki.

Wydajność nasion bardziej zbliżoną do rzeczywistej ustala się przez łuszczenie termiczne próbki ściślej w szafie wyluszczeniowej. Po zakończeniu łuszczenia oblicza się wilgotność szyszek na podstawie różnicy masy szyszek przed i po łuszczeniu. Nasiona odskrzydla się przez przecieranie w rękach, a następnie waży się i oblicza ich wydajność – oddzielnie dla szyszek dobrych i oddzielnie dla pozostałych grup (szyszki niedokształcone, uszkodzone przez owady).

6.1.7. WYŁUSZCZANIE NASION

Po zbiorze szyszki powinny być przechowywane luzem na drewnianej podłodze w magazynie przejściowym lub w magazynie wyluszczeni, aby umożliwić odparowanie nadmiaru wody. Wilgotność szyszek po zbiorze waha się na ogół w granicach 20,8-30,4% (MACHANIČEK 1971), a stosunek ubytku wagowego do spadku zawartości wody w szyszkach kształtuje się w granicach 1,1-1,3 (MACHANIČEK 1972), a nawet do 1,6 (ANTOSIEWICZ 1973a). Opracowano specjalną tablicę (MACHANIČEK 1972), umożliwiającą szybkie określenie masy szyszek o normalnym stopniu wilgotności przyjętym za 20% (ANTOSIEWICZ 1973a), na podstawie ich aktualnej objętości i masy.

W zależności od masy 1 hl szyszek, a tym samym od ich wilgotności, grubość warstwy rozłożonych szyszek może wynosić do 40 cm, jeżeli ich masa przekracza 45 kg/hl, do 80 cm przy masie 40-45 kg/hl i do 100 cm, gdy masa szyszek wynosi poniżej 40 kg/hl. Szyszki bardzo wilgotne, o masie powyżej 45 kg/hl, powinno się przegarniać z częstotliwością przynajmniej 1 raz na dwa dni, szyszki o masie 40-45 kg/hl przynajmniej raz na 2 tygodnie, a szyszki o masie poniżej 40 kg/hl wystarczy przegarnąć raz w miesiącu.

W miarę przesuwania się z zachodu na wschód wilgotność szyszek obniża się, co ma

związek z oddziaływaniem klimatu kontynentalnego. W mniejszym stopniu obserwowano zmniejszanie się wilgotności szyszek z północy na południe (LJUBIĆ i SOBINOV 1981).

Pobranie do oceny próbek szyszek, zawierających nasiona przeznaczone na użytek własny nadleśnictwa, wykonuje leśniczy odpowiedzialny za sprawy nasiennictwa w obecności nadleśniczego terenowego, a w wyluszcarni pracownik nadleśnictwa prowadzący wyluszcarnię, w obecności nadleśniczego lub jego zastępcy. Pobieranie próbek szyszek do oceny odbywa się według ogólnie przyjętych zasad, opisanych w podrozdziale „Ocena nasion”. Ciężar średniej próbki szyszek sosny zwyczajnej powinien wynosić 2 kg i reprezentować partię szyszek nie większą niż 3 tony.

Małe partie szyszek, np. z drzew doborowych, po wstępnym podsuszeniu, można wyluszczyć w szafie wyluszcarskiej na sitach o wielkości oczek 1x1 mm. Początkowa temperatura nie powinna przekraczać 40°C, a w miarę wysychania szyszek temperaturę można podwyższyć do 60°C. Warunkiem poprawnego łuszczenia jest zapewnienie dobrej wentylacji, tak aby podczas tego procesu ilość pary wodnej w 1 m³ powietrza nigdy nie przekroczyła 40 g (TYSZKIEWICZ i TOMANEK 1946). Im niższa jest wilgotność strumienia powietrza, przepływającego przez warstwę łuszczonych szyszek, tym większa jest efektywność łuszczenia. Nieprzestrzeganie tych parametrów łuszczenia może spowodować wzrost podatności nasion na infekcje wywołane przez mikroorganizmy oraz obniżenie odporności na związki chemiczne używane do zaprawiania nasion i siewek (PEHAP 1986).

Z doświadczeń przeprowadzonych w IBL (ANTOSIEWICZ 1979b) wynika, że na jakość nasion istotny wpływ wywiera wilgotność szyszek użytych do łuszczenia. Szyszki podsuszone do 12% wilgotności można łuszczyć, bez obniżenia jakości nasion, nawet w temperaturze 65°C – przy prężności pary wodnej odpowiadającej 85 mm słupa rtęci. Autor zaleca, aby szyszki o wilgotności poniżej 20%

łuszczyć w temperaturze 50-60°C i wilgotności względnej powietrza w komorze wyluszcarskiej od 80% (w temperaturze 50°C) do 55% (w temperaturze 60°C). Szyszki o wilgotności powyżej 20% powinny się łuszczyć według dotychczasowych zasad.

Proces łuszczenia polega na wysychaniu szyszek, rozchylaniu się zdrewniałych łusek i uwalnianiu nasion. Wewnętrzna strona łuski szyszki sosnowej zbudowana jest z cienkościennych komórek, a zewnętrzna z komórek o ścianach grubych. Podczas wysychania woda z łusek odparowuje z różną szybkością z obu typów komórek; występują naprężenia podobne do paczenia się drewna i następuje rozchylanie się łusek. W warunkach naturalnych nasiona uwalniają się z szyszek dopiero na trzecią wiosnę po kwitnieniu, gdy ich wilgotność obniży się do 13-18% (KARPEL' i VASIL'COVA 1985). Kąt rozchylenia łusek w dużym stopniu skorelowany jest z barwą szyszek. U szyszek szarych kąt rozwarcia łusek był największy (75-85°), u szyszek brązowych mniejszy (65-80°), a u szyszek zielonych najmniejszy (35-50°). Łuski szyszek drobnych (12%) rozchylają się tylko w górnej lub tylko w środkowej części (BUTAIEV 1976). Szybkość rozchylania się łusek szyszek podczas łuszczenia zależy od indywidualnych właściwości drzew, z których zostały zebrane. Podczas łuszczenia szyszek zebranych oddzielnie z różnych klonów na plantacji nasiennej stwierdzono (ZVIEDRE 1980), że szyszki 2 klonów otwierały się w pełni po 14 godzinach, 4 klonów po 15-18 godzinach, natomiast szyszki 3 klonów zaczęły się lekko otwierać dopiero po 12 godzinach, a cały proces łuszczenia trwał 28 godzin. Autor zaleca łuszczyć osobno partie szyszek o szybko i wolno rozchylających się łuskach, co znacznie skróci i usprawni proces łuszczenia.

W celu zwiększenia wydajności procesu wyluszczenia nasion z szyszek sosny zwyczajnej, zwłaszcza z cennych drzew doborowych i elitarnych, opracowano metodę pozwalającą wyluszczyć dodatkowo 18-94% (średnio o 36%) nasion więcej (VAN HAVERBEKE 1976). Metoda polega na moczeniu przez pół godziny w wodzie o temperaturze 29°C

szyszek, z których już wydobyto nasiona tradycyjnym sposobem. Po moczeniu szyszki powietrznie suche poddaje się ponownemu łuszczeniu.

W byłym Związku Radzieckim przeprowadzono próbę podwyższenia wydajności nasion po łuszczeniu szyszek w szafie wyluszczeniowej przez 7 dni w temperaturze 40-45°C (PUGAĆ i ISAEV 1982). Po łuszczeniu postukiwano szyszkami o twardą powierzchnię i uzyskiwano 51-99% nasion, w zależności od drzewa (średnia wydajność 76,1%). Gdy u tak wyluszczonych szyszek mechanicznie rozchylano łuski, które się nie rozwarły lub słabo rozwarły, uzyskano dodatkowo 1-49% nasion (średnio 23,9%). Łącznie z szyszek wydobywano od 14 do 40 sztuk nasion, w zależności od drzewa (przeciętnie 24,8 nasion z szyszki).

Duże partie szyszek z drzewostanów nasiennych gospodarczych i wyłączonych łuszczy się w wyluszczeniach gospodarczych. W Polsce jest obecnie czynnych około 30 wyluszczeni termicznych różnego typu (ANTOSIEWICZ i ZAŁĘSKI 1987), wybudowanych w latach 1910-1930. W latach 1947-1955 wybudowano 8 wyluszczeni rejonowych, dwustopniowych, o zdolności łuszczenia 10-15 ton szyszek miesięcznie. Najlepiej pracujące w Polsce wyluszczenia dwustopniowe zbudowane są na wzór niemieckiego modelu wyluszczeni typu PENTZA, z tą różnicą, że szyszki podsuszane są wstępnie powietrzem świeżym, a nie wychodzącym z komór wyluszczeniowych. Zabezpiecza to przed szkodliwym przegrzaniem nasion powietrzem o dużej zawartości pary wodnej (TYSZKIEWICZ 1949).

Podsuszane wstępnie szyszki wysypuje się do ażurowych bębnow, umieszczonych w komorach wyluszczeniowych. Wielkość zasypu szyszek nie powinna przekraczać 25% pojemności bębna, ze względu na około 2,5-krotne zwiększenie objętości szyszek po ich wysuszeniu oraz na pewien luz potrzebny do swobodnego przemieszczania się szyszek podczas obracania bębni, w celu ułatwienia im równomiernego suszenia i wypadania nasion (TYSZKIEWICZ i OBMIŃSKI 1963).

W roku 1992 została zbudowana w Jarocinie, przez szwedzką firmę Nomeko, nowoczesna wyluszczeni z komputerowym systemem sterowania procesu łuszczenia. Dostarczone do wyluszczeni szyszki składowane są początkowo w metalowych skrzyniach, których dno wykonane jest z metalowej siatki. Do rozpoczęcia procesu łuszczenia szyszki, w ułożonych piętrowo skrzyniach, przechowywane są w pomieszczeniu – dojrzewalni, o temperaturze 5-7°C i stałej wilgotności powietrza około 80%. Dziennie będzie można tam wyluszczyć około 2,9 ton szyszek.

6.1.8. OCENA NASION

Zadaniem oceny nasion jest określenie ich jakości siewnej.

Wszystkie nasiona, przeznaczone zarówno do siewu, jak i do długoterminowego przechowywania powinny być poddane takiej ocenie (ANTOSIEWICZ 1970). W Polsce obowiązuje norma branżowa, opracowana w Instytucie Badawczym Leśnictwa (ANTOSIEWICZ i KOCIĘCKI 1976), szczegółowo omawiająca postępowanie z nasionami (i szyszkami) – od zbioru do wyluszczenia i podczas ich przechowywania.

W celu dokonania oceny nasion należy pobrać próbki pierwotne, reprezentujące zapas nasion jednej partii. Próbki te powinno się pobierać z pojemnika przy użyciu próbniaka – przynajmniej po jednej próbce z górnego, średniego i dolnego poziomu. Łączna wielkość próbek pierwotnych jednej partii nasion sosny pospolitej powinna odpowiadać masie nie mniejszej, niż 150 g. Po dokładnym zmieszaniu nasion próbek pierwotnych pobiera się próbkę średnią, jednym z trzech sposobów: po przekątnej kwadratu, sposobem grobelek lub sposobem połówkowym. Ciężar próbki średniej powinien wynosić 30 g. Powinna ona reprezentować partię nasion o ciężarze nie większym, niż 50 kg. W przypadku, gdy próbka średnia stanowi czwartą część partii nasion, dopuszczalne jest pobranie zmniejszonej próbki średniej, nie

mniej jednak niż 500 nasion. Liczbę średnich próbek, reprezentujących jedną partię nasion, ustala się na podstawie ilorazu wielkości (masy) danej partii nasion do maksymalnej wielkości partii, jaką może reprezentować jedna próbka średnia.

Próbkę średnią przesyła się do Stacji Oceny Nasion przesyłką ekspresową, wraz z dokładnym opisem zawierającym nazwę i adres jednostki wysyłającej, nazwę gatunkową nasion, oznaczenie partii nasion, pochodzenie, datę zbioru i wyluszczenia (w jakiej wyluszczeni), miejsce i warunki przechowywania nasion, wielkość reprezentowanej partii, numer i datę poprzedniej oceny nasion (jeśli nasiona danej partii były już oceniane), przeznaczenie nasion oraz datę i przez kogo była pobrana próbka średnia. Próbki średnie powinny być zapakowane oddzielnie w znormalizowane blaszane pudełka, w sposób uniemożliwiający zmieszanie się nasion różnych partii. Nasiona do badania wilgotności powinno się przysyłać w opakowaniach metalowych, plastikowych lub szklanych, szczelnie zamkniętych.

Bezpośrednio po doręczeniu próbki średniej do Stacji Oceny Nasion zostaje ona zarejestrowana w książce rejestracyjnej.

6.1.8.1. PRÓBA WILGOTNOŚCI

Próbkę wilgotności nasion przeprowadza się przy użyciu papierków kobaltowych, czyli pasków bibuły nasyconych 15% roztworem chlorku kobaltowego, które umieszcza się w pojemnikach z nasionami na pół godziny, w temperaturze pokojowej. Orientacyjną wilgotność nasion ocenia się, porównując zabarwienie paska z pięciostopniową skalą barw, której kolor ciemnoniebieski odpowiada wilgotności poniżej 6,2%, kolor niebieski 6,2-6,9%, kolor jasnoniebieski z odcieniem fioleto 7,0-7,6%, kolor jasnoróżowy 7,6-8,5% i kolor różowy powyżej 8,5% wilgotności.

Dokładniejszą ocenę wilgotności nasion można przeprowadzić metodą suszarkowo-wagową, poddając suszeniu w 105°C trzy porcje nasion o masie 5 g, aż do osiągnięcia stałej wagi. Wilgotność nasion (w %) oblicza

się z różnicy masy porcji nasion przed suszeniem i po wysuszeniu, a następnie odniesienie tego wyniku do masy nasion przed suszeniem. Coraz częściej do oznaczania wilgotności nasion stosuje się wago-suszarki (np. firmy Sartorius), które już po kilku minutach suszenia nasion w promieniach podczerwonych automatycznie przedstawiają wynik w procentach.

6.1.8.2. PRÓBA CZYSTOŚCI

Próbkę czystości nasion przeprowadza się na próbce ściślej, pobranej z próbki średniej sposobem po przekątnej kwadratu, sposobem grobelek lub z różnych miejsc (co najmniej z 10 miejsc), tak aby jej wielkość wynosiła 5 g, z dokładnością do 0,1 g. W próbie czystości wyróżnia się następujące grupy nasion: nasiona czyste, uszkodzone mechanicznie, uszkodzone przez owady, uszkodzone przez grzyby, uszkodzone przez gryzonie, nasiona skiełkowane, puste, obce oraz zanieczyszczenia z badanego gatunku, zanieczyszczenia mineralne i inne. Podłużne pęknięcia nasion u sosny zwyczajnej, spowodowane niewłaściwym wyluszczeniem, nie są zaliczane do uszkodzeń mechanicznych. Zanieczyszczenia wazy się z dokładnością do 0,01 g i oblicza się ich procentowy udział w stosunku do masy próbki ściślej. Wyróżnia się trzy poziomy czystości nasion: wysoki – 98%, średni – 95% i dopuszczalny 90% nasion czystych.

Po wykonaniu oceny czystości określa się masę 1000 nasion, jako średnią arytmetyczną trzech setek nasion powietrznie suchych.

6.1.8.3. OZNACZANIE ZDOLNOŚCI KIEŁKOWANIA NASION

Polska Norma Branżowa (ANTOSIEWICZ i KOCIĘCKI 1976) przewiduje oznaczenie zdolności kiełkowania nasion sosny zwyczajnej na trzech setkach czystych nasion, przez poddanie ich próbie kiełkowania na kiełkowniku JACOBSENA. Próbkę kiełkowania powinno się przeprowadzić w temperaturze 23°~27°C, przy pełnym oświetleniu dziennym lub sztucznym (TYSZKIEWICZ 1949), unikając jednakże bezpośredniego światła słonecznego. Obserwacje nasion na kiełkowniku przepro-

wadza się po 3, 5, 7, 10 i 14 dniach od wysiewu. Za skielkowane uznaje się nasiona, których kiełek osiągnął długość, równą przynajmniej 3/4 długości nasienia.

Międzynarodowe przepisy ISTA (ANONIM 1985d) przewidują stosowanie temperatury stałej 20°C lub cyklicznie zmiennej 20°~30°C (16+8 godz./dobę) podczas próby kiełkowania nasion (w 4 powtórzeniach po 100 sztuk). Tak zwane pierwsze liczenie nasion przeprowadza się po 7 dniach, a końcowe liczenie po 21 (14) dniach trwania próby kiełkowania.

Skiełkowane nasiona usuwa się z bibuły pęsetą, a wynik każdego liczenia zapisuje się w książce obserwacyjnej. Oddzielnie notuje się liczbę nasion kiełkujących nienormalnie (np. kiełkujących liścieniami lub takich, których korzeń nie kieruje się ku dołowi, czy też nasion kiełkujących z psującym się korzeniem). Nasiona nieskiełkowane bada się po zakończeniu próby, aby ustalić procent nasion zdrowych oraz stwierdzić przyczynę braku kiełkowania pozostałych (puste, uszkodzone przez owady, zgniłe).

Po 7 dniach od rozpoczęcia próby kiełkowania oznacza się energię kiełkowania (pierwsze liczenie wg ISTA), a po 14 dniach zdolność kiełkowania (wg ISTA po 21 dniach), czyli procentowy udział nasion normalnie kiełkujących w całym okresie próby kiełkowania.

6.1.8.4. INNE METODY OZNACZANIA ŻYWOTNOŚCI NASION

Obecnie w Polsce nie przewiduje się stosowania metod zastępczych oceny zdolności kiełkowania nasion sosny zwyczajnej, tym nie mniej warto o nich wspomnieć.

W praktyce leśnej, chociaż bardzo rzadko, stosowało się tzw. próbę ogniową nasion, która polegała na rzucaniu ich na silnie rozgrzaną blachę. Z odmienniejszej reakcji nasion pełnych od nasion pustych (nasiona pełne podskakują) wnioskowano o udziale tych pierwszych w próbce. Należy jednak zaznaczyć, że jest to próba niemiernodajna i może prowadzić do mylnych wniosków (TYSZKIEWICZ 1939; WASILEWSKI 1972; ANTOSIEWICZ 1973b), zwłaszcza gdy ocenia się tą metodą

nasiona przechowywane dłużej niż 2 lata. Inna metoda polega na rozgniataniu nasion na bibule. Nasiona zdrowe pozostawiają tłuste plamy. Podobnie, jak rzucanie nasion na rozgrzaną płytę także i przy ocenie tą metodą wyniki są zawyżone, w porównaniu z wynikami uzyskiwanymi podczas próby na kiełkowniku typu LIEBENBERGA.

Zastosowanie fotografii rentgenowskiej (SIMAK i GUSTAFSSON 1953; SIMAK 1957; KAMRA 1963) pozwoliło na bardzo precyzyjne określenie stanu fizjologicznego nasion sosny zwyczajnej. Metoda polega na stosowaniu kolejno po sobie szeregu zabiegów: 1) moczenie nasion w wodzie o temperaturze pokojowej przez 16 godzin, 2) powierzchniowe osuszenie nasion, 3) umieszczenie nasion w 30% roztworze chlorku baru (przez 1 godzinę), 4) powolne przepłukiwanie nasion w wodzie bieżącej (przez 2 minuty), 5) osączenie nasion na bibule, 6) inkubacja nasion w temperaturze 70°C (przez półtorej godziny). Tak przygotowane nasiona prześwietla się miękkimi promieniami ROENTGENA (50-100 r, 14 kV, 5 mA z odległości 50 cm). Na fotografii z łatwością można wyróżnić nie tylko nasiona puste i uszkodzone przez owady, ale też nasiona martwe (chlerek baru wnika w martwe tkanki nasion i ogranicza przenikanie promieni r) i żywotne (nie pochłaniają chlorku baru i nie zatrzymują promieni r w tak dużym stopniu). Należy jednak zaznaczyć, że przy stosowaniu do oceny nasion sosny metody kontrastowej, rzetelne rezultaty uzyskuje się w przypadku, gdy zdolność kiełkowania nasion jest wyższa od 20% (RYYNÄNEN 1980b).

Możliwe jest uzyskanie obrazu przesłannego prześwietlanych nasion, po wykonaniu dwóch zdjęć, przesuniętych względem centralnej wiązki promieni r 35 mm w lewą i 35 mm w prawą stronę. Efekt stereoskopowy otrzymuje się, oglądając obie fotografie pod stereoskopem, umieszczone w odległości 7 cm od siebie (KAMRA i in. 1973).

W Szwecji (SIMAK 1974; SIMAK i PEHAP 1987) opracowano metodę rentgenograficzną dla określania różnych typów uszkodzeń mechanicznych (np. podczas odskrzydlania na-

sion) przy użyciu par chloroformu jako czynnika kontrastowego. Nasiona traktowane są przez 4 godziny parami chloroformu i następnie prześwietlane. Stwierdzono, że impregnacja nasion chloroformem spowodowana jest chemicznym powinowactwem chloroformu z tłuszczami występującymi w nasionach, co w pewnym stopniu ogranicza stosowanie metody tylko do nasion zawierających tłuszcze. Korzyścią tej metody jest ukazanie nie tylko widocznych uszkodzeń, lecz także uszkodzeń niewidocznych gołym okiem, które są trudne do zidentyfikowania innymi metodami.

Jeżeli zachodzi potrzeba określenia wyniku zdolności kiełkowania w ciągu jednego dnia, można próbę kiełkowania nasion sosny zastąpić metodą barwienia zarodków (ocena żywotności) w roztworze indygokarminu 1:2000, przez 2 godziny, w ciemności w temperaturze pokojowej. Metoda polega na wyjęciu zarodków z namoczonych przez 24 godziny nasion i umieszczeniu ich w roztworze barwnika. Po 2 godzinach zarodki optukuje się w wodzie i ocenia stopień zabarwienia. Zarodki białe, nie zabarwione, zaliczane są do zupełnie zdrowych. Zarodki zabarwione na niebiesko (całkowicie lub w połowie wielkości – licząc od korzonka lub liścieni) zaliczane są do grupy niezdolnych do kiełkowania. Zarodki z zabarwioną czapeczką (mniej niż 1/4 długości zarodka) lub z zabarwionymi częściowo liścieniami zaliczane są do grupy nasion zdolnych do kiełkowania (KRZESZKIEWICZ 1939; TYSZKIEWICZ 1939). KAMRA (1972) wykazał jednak, że stosowanie metody barwienia zarodków sosny w roztworze indygokarminu stosunkowo często daje wartości znacznie zawyżone, w porównaniu z rzeczywistą zdolnością kiełkowania (na kiełkowniku JACOBSENA) lub oceny rentgenograficznej przy użyciu środka kontrastowego.

Próbie barwienia zarodków można też przeprowadzić przy użyciu 1% roztworu chlorku tetrazoliowego (TTC). Po 16-godzinym moczeniu nasion w wodzie, w temperaturze pokojowej, obcina się oba końce nasienia. Obcięte nasiona umieszcza się następnie

w roztworze TTC na 24-48 godzin, w temperaturze 28-30°C (SIMAK i KAMRA 1963; ISTA 1985d). Po inkubacji ocenia się zabarwienie zarodków. Na kolor czerwony barwią się zarodki żywe, zdolne do kiełkowania. Nie zabarwione lub tylko częściowo zabarwione zarodki ocenia się jako martwe lub niezdolne do kiełkowania. Wyniki, uzyskane przy zastosowaniu tej metody oceny nasion, mogą znacznie odbiegać od ich rzeczywistej zdolności kiełkowania (SIMAK i KAMRA 1963).

Do próby barwienia pobiera się trzy setki nasion czystych. Można też stosować metodę kombinowaną, a mianowicie wynik próby kiełkowania nasion po upływie 7 dni (po ustaleniu energii kiełkowania) zsumować z wynikiem oceny żywotności metodą barwienia zarodków pozostałych, nie kiełkujących nasion.

6.1.8.5. ŚWIADECTWO OCENY NASION

Zestawienie wyników oceny nasion sporządza się na specjalnych formularzach świadectwa oceny nasion, opracowanych przez Instytut Badawczy Leśnictwa. W świadectwie oceny nasion, dla jednej próbki podaje się m.in.: wyniki oceny czystości, ciężar 1000 nasion, energię i zdolność kiełkowania, zdrowotność nasion, klasę jakości i użyteczność siewną.

Klasyfikację jakości nasion opiera się na wynikach oceny energii i zdolności kiełkowania. Jeżeli energia i zdolność kiełkowania odpowiadają różnym klasom jakości, np. energia kiełkowania odpowiada drugiej klasie, a zdolność kiełkowania pierwszej klasie jakości nasion, to nasiona zalicza się do klasy niższej, czyli w tym przypadku do klasy drugiej. Do pierwszej klasy jakości zalicza się nasiona o zdolności kiełkowania wyższej lub równej 91% i energii kiełkowania wyższej lub równej 85%, do drugiej klasy odpowiednio 81 i 70% oraz do klasy trzeciej 70 i 50%.

Użyteczność siewną nasion oblicza się, uwzględniając czystość nasion, masę 1000 sztuk i zdolność kiełkowania nasion.

6.1.9. JAKOŚĆ NASION

Na przykładzie nasion zebranych w ZSRR stwierdzono pewną zależność pomiędzy jakością nasion a ich geograficznym pochodzeniem. Nasiona, pochodzące z Uralu i Syberii, generalnie lepiej zachowują zdolność kiełkowania, niż nasiona pochodzące z europejskiej części Rosji. Po 10 latach przechowywania zauważono znaczne różnice w zdolności kiełkowania i wschodzenia nasion z obydwoch wyżej wymienionymi prowienieniami. Z nasion azjatyckich uzyskano bowiem 24,9% siewek klasy pierwszej i 31,4% siewek klasy drugiej, natomiast z nasion europejskich tylko 2,2% siewek pierwszej i drugiej klasy jakości łącznie (ROSTOVCEV i BEREZIN 1980).

Stwierdzono także ścisły związek pomiędzy warunkami pogodowymi podczas kwitnienia i sposobem zapylenia a zawiązywaniem nasion. Gdy w okresie poprzedzającym kwitnienie i podczas kwitnienia panuje sucha pogoda, zawiązywanie nasion obniża się i wzrasta udział nasion pustych (KOTOV 1986). Sposób zapylenia istotnie wpływa na jakość nasion. Nasiona pochodzące z samozapylenia cechuje obniżona jakość siewna (tab. 6.5).

Tabela 6.5

Wpływ sposobu zapylenia na jakość nasion (wg KOTOVA 1986)

	Sposób zapylenia		
	samo-pylne	zapylenie sztuczne	zapylenie swobodne
Masa 1000 nasion	5,88 g	8,26 g	7,99 g
Energia kiełkowania	25,9%	76,8%	75,8%
Zdolność kiełkowania	88,3%	96,0%	97,7%
Wschody techniczne	30,1%	81,2%	78,1%

Sosna wykazuje jednak wysoką samosterylność i tylko na nielicznych drzewach może dojść do zapylenia załączków własnym pyłkiem (BAUMEISTER 1975). Męski rodzic decyduje także o ciężarze tysiąca nasion, który może wahać się w pewnym zakresie. Relacja pomiędzy pełnymi i pustymi nasionami

w szyszce zależna jest od zgodności drzew rodzicielskich. Stwierdzono też ujemną korelację pomiędzy ciężarem tysiąca nasion a liczbą nasion w szyszce (BAUMEISTER 1975).

6.1.9.1 MASA 1000 NASION

W Polsce przeciętna masa tysiąca nasion sosny zwyczajnej wynosi 5,5-6,0 g (TYSZKIEWICZ 1949), lecz zróżnicowanie jej w zasięgu występowania gatunku jest znacznie większe i waha się w przedziale od 3,6 g na dalekiej północy, w Laponii (HEIT 1974) do 14,9 g na południu, w Gruzji (PATLAI 1974b). Masa tysiąca nasion nie jest cechą stałą i podlega corocznym wahaniom, w zależności od nasilenia urodzaju (drobniejsze nasiona występują w okresie obfitego urodzaju) i warunków pogodowych. Zaobserwowano (PATLAI 1974b), że u 73% z 80 badanych drzew zachodzi tendencja do zachowania u potomstwa wielkości nasion.

Masa i grubość nasion ani też rozmiary szyszek, z których pozyskano nasiona, nie mają wpływu na zdolność kiełkowania nasion (ZABOROVSKIJ 1967). Stwierdzono jednak, że zdolność wschodzenia nasion drobnych, o masie mniejszej niż 4 mg, była niska i nie przekraczała 12%, ale nasiona o masie 5 mg wschodziły już w 83,8% (NOVOSEL'CEVA 1968). WRZEŚNIEWSKI (1982a) wykazał, że długość zarodka nasion sosny wzrasta proporcjonalnie do masy nasion, a procentowy udział suchej masy zarodka w suchej masie całych nasion wszystkich klas wagowych utrzymuje się na stałym poziomie. Wraz ze wzrostem masy nasion obserwowano wzrost długości pędów siewek i ich korzeni, długości igieł i wzrost suchej masy siewek. Szczególnie dużą wysokość osiągały siewki z nasion o masie powyżej 8 mg (NOVOSEL'CEVA 1968; GIRGIDOV i GUSEV 1976; URBAŃSKI 1978).

Według NOVOSEL'CEVEJ (1968), nasiona sosny można podzielić na podstawie ich masy na dwie grupy: o masie poniżej 7 mg i powyżej 8 mg, ale nie zaleca ona sortowania nasion na te grupy, podobnie jak PATLAI (1969). Nasiona drobnych frakcji, wysiane do gruntu wraz z nasionami dużymi, wschodzą

w wysokim procencie, gdyż kiełkujące i wschodzące nasiona duże stwarzają korzystne warunki dla wschodzenia nasion małych (GIRGIDOV i GUSEV 1976). Siewki rosnące z nasion drobnych (3-4 mg) najczęściej wykształcały 5 liścieni, podczas gdy siewki z nasion największych (10-11 mg) miały 7 liścieni (WRZEŚNIEWSKI 1982b). Utrzymujące się w pierwszym sezonie wegetacyjnym zróżnicowanie wysokości siewek z nasion dużych i małych zanika po drugim roku wzrostu siewek (MUHLE i in. 1985).

W północnej Skandynawii i na północy Rosji, surowe warunki klimatyczne są często przyczyną niewykształcenia lub niedorośnięcia zarodków (SIMAK i GUSTAFSSON 1954), co niekiedy może być powodem, że nasiona są zupełnie bezwartościowe. Nasiona sosny zwyczajnej, pozyskane w roku 1969 w okolicach Archangielska, kiełkowały w bardzo niskim procencie: nasiona z rejonów północnych poniżej 1%, a z rejonów południowych 4-15% wschodów (ŠACHOVA 1971). Po przeanalizowaniu warunków pogodowych, stwierdzono prostą zależność między stopniem dojrzałości nasion a niektórymi czynnikami pogodowymi. Okazało się, że lato 1969 roku było bardzo chłodne, a suma temperatur była niższa od przeciętnej o 230-240°C i okres wegetacyjny krótszy o 15-20 dni. Średnia temperatura powietrza w okresie od czerwca do września nie przekraczała 11°C na północy, a w południowych rejonach wahała się w granicach 11,5-12°C. W okolicach, gdzie średnia temperatura powietrza w tym okresie przekraczała 12,5°C, warunki dla dojrzwania nasion były zadowalające. W północnych rejonach stwierdzono 74% nasion pozbawionych zarodka lub z zarodkiem szczątkowym, 13% nasion pustych, 8% nasion z zarodkiem nie barwiącym się w jodku potasu i tylko 5% nasion z normalnie wykształconym zarodkiem. Już w latach dwudziestych XX wieku (SIMAK 1976c) WIBECK stwierdził, że dla prawidłowego wzrostu i rozwoju nasion sosny średnia temperatura w okresie od czerwca do sierpnia nie powinna być niższa od 13°C, a stosunek długości

zarodka do długości nasienia nie powinien być mniejszy niż 0,7.

Im dalej na północ w kierunku arktycznej granicy lasu, tym bardziej obniża się wielkość i masa nasion i szyszek sosnowych (PATLAI 1974a; LÄHDE 1976; SIMAK 1976a). W Utsjoki, najdalej na północ wysuniętym mieście Laponii, długość blisko 60% szyszek nie przekraczała 30 mm, a wiadomo że długość i masa nasion wzrasta wraz z długością szyszki (SIMAK 1953).

Największe nasiona znajdują się w środkowej części szyszki, a najmniejsze na wierzchołku i u podstawy szyszki. Im większa masa tysiąca nasion, tym większe zachodzi prawdopodobieństwo, że nasiona będą kiełkować i wyrastać w siewki o większym wigorze (LÄHDE 1976).

Jakość nasion sosny skorelowana jest nie tylko z szerokością geograficzną, lecz także z wysokością n.p.m. Na niższych wysokościach n.p.m. wzrost szyszek zachodzi bardzo intensywnie i kończy się wcześniej. W Polsce szyszki osiągną właściwe sobie, ostateczne wymiary już w lipcu (TYSZKIEWICZ 1949). Przy zmianie wysokości o 200 do 300 m stadia formowania się endospermu przesunięte są w czasie o miesiąc. Fizjologiczna dojrzałość nasion na wysokości 1350 m n.p.m. w Bułgarii następuje w końcu sierpnia i na początku września, a pełna dojrzałość na początku listopada, natomiast na wysokości 1650-1860 m o 15 dni później (VELKOV i TILEV 1965). Wraz ze wzrostem wysokości n.p.m. obniżeniu ulega zdolność kiełkowania nasion.

Bardzo istotne jest przestrzeganie terminów zbioru i łuszczenia szyszek, gdyż jakość nasion sosny ze zbyt wczesnego zbioru jest obniżona. Liczne badania wskazują, że po wczesnym zbiorze nasiona są zbyt wilgotne, a ich energia i zdolność kiełkowania utrzymuje się na niskim poziomie nawet po kilku-miesięcznym przechowywaniu szyszek (TYSZKIEWICZ 1949; MÁTYÁS 1971; 1972; KAJ i in. 1973; BOBRINEV 1978b; CRAM i LINDQUIST 1979; KARPEL' i VASIL'COVA 1985).

Wilgotność szyszek dobrze odzwierciedla stopień dojrzałości nasion wewnątrz szyszki.

Na Węgrzech (MÁTYÁS 1972) wilgotność szyszek obniża się wolno aż do października i później spada gwałtownie z 80% do 20-30% w końcu grudnia i pozostaje na tym poziomie aż do wiosny. W warunkach surowego klimatu kontynentalnego wschodniego Zabajkalia (BOBRINEV 1978b), szybkie dojrzewanie szyszek następuje już w drugiej połowie października. Szyszki osiągają wówczas wilgotność 14-16%, a zdolność kiełkowania nasion przekracza 90%.

Stan dojrzałości szyszek gotowych do zbioru można określić pośrednio przez oznaczenie ich wilgotności. Szybki sposób określenia dojrzałości szyszek jest możliwy przez ich flotację. Gdy gęstość szyszek obniży się do $1,02 \text{ g/cm}^3$ lub gdy ich wilgotność odpowiada 38-40% wówczas można uznać je za dojrzałe, odpowiednie do zbioru (REMRÖD i ALFJORDEN 1973; CRAM i LINDQUIST 1979; KARPEL' i VASIL'KOVA 1985).

Po wczesnym zbiorze szyszek w sierpniu, dojrzewanie i rozwój nasion mogą być kontynuowane w szyszkach pod warunkiem, że będą one przetrzymywane przez jeden do półtora miesiąca w pomieszczeniu o temperaturze $10-15^\circ\text{C}$ i wilgotności około 40% (KAJ i in. 1973). Pojawiające się w tym czasie na powierzchni szyszek pleśnie nie wywierają wpływu na późniejszą zdolność kiełkowania nasion. Należy jednak zaznaczyć, że dojrzewanie nasion w szyszkach jest cechą silnie indywidualną poszczególnych drzew (MÁTYÁS 1971; ŠUTJAEV i in. 1980). Podczas, gdy jedna partia nasion, zbierana na początku sierpnia, osiągnęła już wysoki stały poziom zdolności kiełkowania, to dwie inne partie nasion osiągnęły normalny poziom kiełkowania dopiero w październiku/listopadzie (MÁTYÁS 1971).

Jakość nasion sosny zależy również od usytuowania szyszek (miejsca wzrostu) w koronie drzewa. W badaniach nad charakterystyką szyszek i nasion z różnych części korony drzewa, wykazano w północnej Szwecji istotne różnice w rozwoju zarodka, na korzyść nasion z południowych partii korony (BERGMAN 1976). Ponadto frekwencja nasion wielozarodkowych na południowej

części korony była mniejsza niż na północnej. Autor uważa, że wyższa temperatura istotnie oddziałuje na lepszy rozwój i jakość nasion na południowej stronie drzewa i dlatego podczas słabego urodzaju korzystniej jest zbierać szyszki z drzew rosnących na południowych stokach i z południowych części koron drzew, zwłaszcza w północnych szerokościach geograficznych i w górach. Nie wykazano natomiast różnic w jakości nasion pozyskanych osobno z górnej i dolnej strefy koron drzew (ZENTSCH 1961).

Nie stwierdzono także różnicy w jakości nasion, zebranych w północnej Szwecji w drzewostanach o różnym wieku (24-28 i 120-280 lat) (BERGSTEN 1985). Szyszki, pochodzące z drzew młodych, były wprawdzie dłuższe, większe i cięższe niż z drzew starszych, ale nasiona kiełkowały tak samo szybko i w takim samym procencie, niezależnie od wieku drzew. W konkluzji autor stwierdza, że nie ma biologicznych powodów dla ograniczania zbioru nasion z drzew młodych.

Kilku badaczy zwróciło uwagę na istnienie współzależności między cechami morfologicznymi szyszek (wielkością, barwą i kształtem apofizy) a jakością nasion (PRAVDIN 1964; BUTAEV 1976; SAVČENKO 1979). Najwyższą jakością charakteryzują się nasiona wyłuszczone z szyszek z haczykowatymi apofizami (f. *reflexa*). Przeciętna masa nasion z tych szyszek była wyższa o 36% od średniej masy nasion, przyjętej dla strefy leśnej (SAVČENKO 1979). Nasiona, pochodzące z szyszek gładkich (f. *plana*) charakteryzowały się natomiast masą o 49% niższą od przeciętnej. Sucha masa siewek, uzyskanych z nasion, pochodzących z szyszek o haczykowatych apofizach była aż o 94% wyższa od siewek z nasion wyłuszczonych z szyszek gładkich.

Na Białorusi stwierdzono, że udział szyszek dużych i średnich wśród szyszek f. *reflexa* wynosił około 60%, wśród szyszek f. *gibba* (z wypukłymi apofizami) 30-40%, a wśród szyszek f. *plana* 1-20% (SAVČENKO i PODŻAROVA 1970). Nasiona z szyszek f. *reflexa* i *gibba* były bardziej dorodne i odznaczały się wyższą energią i zdolnością kiełkowania niż na-

siona z szyszek f. *plana*. Masa tysiąca nasion z szyszek f. *reflexa* wynosiła 6,15 g, f. *gibba* 5,43 g i f. *plana* 4,76 g.

Nawożenie mineralne drzewostanów, stosowane w celu podwyższenia urodzaju nasion nie pozostaje bez wpływu na ich jakość (STRATANOVIĆ i JAKOVLEV 1974). Nawozy potasowe, stosowane w dużych dawkach, wpływają na obniżenie wschodów nasion sosny. Podobnie, nawożenie mocznikiem (N₆₀) bez nawadniania drzewostanu oraz saletrą amonową (N₈₀) z regularnym nawadnianiem, wpłynęły na obniżenie zdolności kiełkowania nasion. Natomiast bez wpływu na kiełkowanie nasion pozostawało nawożenie drzewostanów sosnowych nawozami fosforowymi (porównaj rozdz. 5.6).

Drzewostany sosnowe, rosnące w pobliżu emitorów związków fluoru, narażone są na ich szkodliwe działanie. Szkodliwy wpływ fluoru objawia się zmniejszeniem liczby szyszek i nasion, podwyższeniem stopnia zrzućcia strobilli i szyszek, opóźnieniem lignifikacji i obniżeniem masy szyszek (ROQUES i in. 1980).

6.1.10. PODWYŻSZANIE JAKOŚCI NASION

Pod pojęciem „podwyższanie” jakości nasion autor rozumie takie postępowanie z nasionami, które prowadzi do oddzielenia nasion pustych, uszkodzonych mechanicznie lub martwych i uzyskanie możliwie najwyższego procentu nasion zdolnych do kiełkowania.

Bardzo istotną rolę w procesie pozyskiwania nasion o wysokiej jakości odgrywa jeden z pierwszych etapów tego procesu, jakim jest łuszczenie szyszek. Przestrzeganie wszystkich parametrów łuszczenia, a przede wszystkim właściwej wilgotności łuszczonych szyszek oraz wilgotności i temperatury podczas łuszczenia są ważnymi czynnikami, gwarantującymi otrzymanie nasion dobrych.

Kolejnym etapem, podczas którego może niekiedy dojść do znacznych uszkodzeń nasion, jest ich odskrzydlenie. Małe partie nasion najbardziej korzystnie jest oczyścić ze

skrzydełek przez przetarcie w rękach, przesianie na sitach i odwianie (oddmuchiwanie) pozostałych skrzydełek. Większe partie nasion, umieszczone w worku, można odskrzydlić poprzez deptanie ich w miękkim obuwiu i na miękkim podłożu. Sposób ten zapewnia mniejszy udział nasion uszkodzonych mechanicznie (0,9%) w porównaniu z odskrzydleniem przez przecieranie w rękach (1,2%). Młócenie kijem nasion umieszczonych w worku, jakkolwiek przebiega najszybciej, powoduje najwięcej uszkodzeń mechanicznych (3,7%) (TYSKIEWICZ 1949).

W wyluszczeniach przemysłowych do odskrzydlenia nasion stosuje się zazwyczaj maszyny szczotkowe (ROHMEDEK 1972). Należy bacznie obserwować jakość nasion podczas odskrzydlenia, aby w porę właściwie wyregulować szybkość obrotów, a odstęp pomiędzy szczotkami i ścianą bębna dostosować do grubości nasion. Niewłaściwa regulacja może spowodować znaczne straty, dochodzące nawet do stu procent. Zazwyczaj jednak odsetek nasion uszkodzonych mechanicznie nie przekracza 1%. Uszkodzenia mechaniczne wywierają istotny, niekorzystny wpływ na zachowanie zdolności kiełkowania nasion przechowywanych (KAMRA 1967a; HUSS 1967; KING i ROBERTS 1979). Stwierdzono też, że po 5-7 latach przechowywania nasion sosny odskrzydlnych mechanicznie ich zdolność kiełkowania obniżyła się o 15-20%, podczas gdy nasion odskrzydlnych ręcznie – tylko o 2,2% (RYNÄNEN 1980a).

Obecnie w nowoczesnych wyluszczeniach, także w nowo wybudowanej wyluszczeni w Jarocinie, do odskrzydlenia nasion wykorzystuje się prototypowe urządzenie, umożliwiające odskrzydlenie nasion w wodzie. Wyluszczone nasiona transportowane są pneumatycznie do trzech ukośnie ustawionych plastikowych rur o długości 2,3 m i średnicy 14 cm. Przy wlocie do rury, w jej dolnym końcu, nasiona są mieszane z wodą. Wewnątrz rury, równoległe do jej osi, obracają się 4 metalowe pręty, z prędkością 60 obrotów na minutę (na przemian 10 obrotów w prawo i 10 obrotów w lewo), powodując ocieranie i odskrzydlenie nasion. W górnym

końcu rury, nasiona są dodatkowo mieszane w silnym, przeciwbieżnym strumieniu wody i ostatecznie pozbawiane skrzydełek. Cała moka mieszanina już odskrzydlonych nasion oraz skrzydełek wypływa na sito. Ten sposób odskrzydlania zabezpiecza nasiona przed powstawaniem uszkodzeń mechanicznych. Po odsączeniu wody, całość jest wstępnie podsuszana na pasie transmisyjnym, a następnie przemieszczana pneumatycznie do sortownika, w którym skrzydełka są odsysane od nasion, a nasiona sortowane na trzy kategorie.

Do osiągnięcia 99-100% pełnych nasion niektórzy autorzy (SIMAK 1973; BARABIN 1983; SIMANČIK 1985) zalecają spławianie nasion sosny zwyczajnej w 96% alkoholu etylowym lub alkoholu absolutnym (gęstość 0,789). Zastosowanie alkoholu o niższym stężeniu (60%) okazało się niewłaściwe do rozdzielania nasion pustych od pełnych, ponieważ praktycznie obie frakcje nasion (pełne i puste) pływały na powierzchni, a tonęły w większości nasiona uszkodzone mechanicznie. Alkohol absolutny nie wywierał żadnego szkodliwego wpływu na zdolność kiełkowania nasion, nawet gdy czas moczenia wydłużano do 60 minut. Traktowanie nasion alkoholem 60% tylko przez 5 minut wpłynęło już na obniżenie ich zdolności kiełkowania, a po 60 minutach prawie wszystkie nasiona utraciły zdolność kiełkowania. Nasiona oddzielane w alkoholu absolutnym i po podsuszeniu przechowywane przez 12 miesięcy w 4°C nie wykazywały żadnych zmian w zdolności kiełkowania (SIMAK 1973).

Zadowalające oddzielenie nasion pełnych od pustych można również przeprowadzić w benzenie, w acetonie, w terpentynie lub w nafcie i innych płynach o gęstości poniżej 0,85 g/cm³, lecz przedtem należałoby ustalić ich wpływ na zdolność kiełkowania nasion (BARABIN 1983).

Innym sposobem podwyższania jakości nasion jest, opracowana w Szwecji w latach osiemdziesiątych, metoda zwana PREVAC. Nazwa metody została utworzona z połączenia pierwszych sylab dwóch wyrazów angielskich PREssure i VACuum, oznaczających odpowiednio ciśnienie i próżnię (SIMAK 1981;

BERGSTEN 1983; LESTANDER i BERGSTEN 1985; 1986; BERGSTEN i WIKLUND 1987). Metoda polega na umieszczeniu nasion w szczelnie zamkniętym naczyniu, wypełnionym wodą i obniżeniu ciśnienia do 3-5kPa na okres 1 do 5 (20) minut. Podczas takiego traktowania nasiona uszkodzone mechanicznie, tj. z pękniętą łupiną nasienną, nasiona pozbawione częściowo lub całkowicie łupiny oraz nasiona puste szybko tracą swoją pławność i osiadają na dnie naczynia. Oddzielenie obu frakcji nasion, płynących (nieuszkodzonych, pełnych) od zatopionych (pustych i uszkodzonych) jest istotą metody PREVAC. Metodę tę zastosowano w Szwecji na skalę praktyczną w sezonie 1983/84, podwyższając zdolność kiełkowania 41 partii nasion (ok. 500 kg) o średnio 60% (LESTANDER i BERGSTEN 1985).

W Szwecji opracowano również metodę IDS (BERGSTEN 1987; 1988), pozwalającą na oddzielenie nasion wysokiej jakości od nasion martwych i słabo wykształconych, a tym samym o niskiej jakości. Nasiona takie często spotyka się na północy Szwecji, Finlandii i Rosji. W metodzie tej wykorzystano zjawisko szybszego wysychania (podczas suszenia po inkubacji) nasion martwych i słabo rozwiniętych od nasion zdrowych. Metoda polega na inkubacji nasion (oczyszczonych metodą PREVAC) przez 14 dni w temperaturze 5°C i wilgotności 30%. Inkubację przeprowadza się w tubie o średnicy 7 cm i długości 20 cm. Oba końce tuby, zamknięte folią z politetrafluoretylenu o mikroskopijnych porach $1,4 \times 10^{-9}$ na cm², umożliwiają wymianę gazową bez przenikania do wewnątrz pary wodnej. Tubę wraz z nasionami umieszcza się w komorze o wilgotności około 100%. Po inkubacji nasiona moczy się w wodzie, po czym na 16 godzin umieszcza się je między dwiema bibułami w inkubatorze, w temperaturze 5°C. Po tym traktowaniu wilgotność nasion wzrasta do 35-40%, bez utraty efektu inwigoracji uzyskanego podczas 14-dniowej inkubacji. Wzrost wilgotności nasion konieczny jest dla lepszego ich rozdzielania podczas kolejnego stopnia postępowania w metodzie IDS jakim jest suszenie nasion. Suszenie odbywa się po rozłożeniu nasion na siatce

o drobnych oczkach, w temperaturze 20-25°C w podsuszonym powietrzu o wilgotności około 15%. Podsuszanie przeprowadza się aż do osiągnięcia największego zróżnicowania gęstości nasion martwych i żywych. Stopień tego zróżnicowania kontroluje się podczas suszenia nasion przez splawianie próbek nasion (50 szt.) na wodzie. Gdy proporcja nasion tonących (żywych) do utrzymujących się na powierzchni (martwych i niewyrośniętych) zbliży się do wyniku zdolności kiełkowania tej partii nasion na kiełkowniku JACOBSENA, wówczas przeprowadza się rozdział wszystkich nasion w specjalnie skonstruowanej wannie, w której możliwy jest pionowy i poziomy rozdział splawianych nasion. Posługując się tą metodą można podwyższyć udział nasion zdolnych do kiełkowania w danej partii z 33 do 95% (BERGSTEN 1988).

6.1.11. PRZECHOWYWANIE NASION

Po odskrzydleniu i oczyszczeniu nasiona o wilgotności poniżej 10%, przeznaczone do krótkoterminowego przechowywania (kilka miesięcy do 2 lat), można umieścić w szczelnie zamkniętych pojemnikach (szklanych, metalowych lub plastikowych) i przechowywać w temperaturze poniżej 10°C (TYSZKIEWICZ i OBMIŃSKI 1963; HEIT 1967b), wykorzystując w tym celu chłodnie, piwnice, lodownie lub inne pomieszczenia. Na podstawie doświadczeń nad przechowywaniem nasion sosny przez trzy lata (TYSZKIEWICZ 1949), przy czterech poziomach wilgotności (6,2, 7,4, 9,0 i 10,8%) i w trzech różnych pomieszczeniach o różnej temperaturze (w pokoju o temp. 12-25°C, w piwnicy o temp. 6-12°C i w lodowni o temp. -2 do 2°C), autor doszedł do wniosku, „że większa wilgotność nasion działa tym szkodliwiej, im w wyższej temperaturze nasiona są przechowywane”.

Obniżenie wilgotności nasion oraz temperatury przechowywania w znacznym stopniu ogranicza proces oddychania nasion (TYSZKIEWICZ 1949), przyczyniając się jednocześnie do zachowania ich zdolności kiełkowania przez dłuższy czas. W warunkach najbardziej ko-

rzystnych dla przechowywania nasion, czyli przy najniższej z badanych wilgotności – 6,2% (TYSZKIEWICZ 1949) i podczas przechowywania w lodowni, ilość wydzielonego dwutlenku węgla przekraczała nieco ponad 1%, natomiast w warunkach niekorzystnych (wilgotność nasion 9,0%, po przechowaniu w pokoju) ilość wydzielonego CO₂ wynosiła prawie 15%. Zdolność kiełkowania nasion po 3 latach przechowywania w wyżej wymienionych warunkach wynosiła odpowiednio 93 i 0%. Odcięcie dopływu powietrza z zewnątrz przez szczelne zamknięcie pojemników z nasionami podczas przechowywania zapobiega pochłanianiu przez nasiona wody zawartej w powietrzu. Za właściwą wilgotność nasion sosny, przeznaczonych do długoterminowego przechowywania, przyjmuje się zawartość wody w świeżej masie 7-7,5% (TYSZKIEWICZ i OBMIŃSKI 1963), chociaż inni autorzy uważają, że wilgotność nasion powinno się obniżyć do 5% (HUSS 1954; SCHÖNBORN 1964) czy nawet 4,5% (RYYNÄNEN 1980a).

Próbę przechowywania nasion sosny zwyczajnej przez 6 dni w ciekłym azocie (-196°C) przeprowadził AHUJA (1986) i nie stwierdził żadnego ujemnego wpływu na ich późniejszą zdolność kiełkowania. Nasiona sosny przechowywane w wysokiej temperaturze tracą bardzo szybko zdolność do kiełkowania. Pod wpływem wysokich temperatur obniża się wilgotność nasion umieszczonych w termostacie do 2,5-3% (w temperaturze 30-35°C) i 0-1,5% (w temperaturze 50-70°C). Po 61 dniach przechowywania nasion w 30-35°C i po 30 dniach w 40°C ich zdolność kiełkowania pozostawała jeszcze na niezmiennym, początkowo wysokim poziomie. Przechowywanie nasion w temperaturze 60-70°C spowodowało szybką utratę zdolności kiełkowania, chociaż część nasion zachowała zdolność kiełkowania nawet po 12-15 dniach przechowywania w 70°C. Stopniowe podwyższanie temperatury z 30°C do 70°C zwiększało odporność nasion na działanie wysokiej temperatury (VELKOV 1967).

Nasiona przeznaczone do długoterminowego przechowywania powinny być wysokiej jakości (KAMRA 1967a; KING i ROBERTS

1979). Mechaniczne uszkodzenia nasion podczas łuszczenia i odskrzydlania, nawet te niewidoczne gołym okiem – w postaci rys i pęknięć okrywcy nasiennej, niekorzystnie wpływają na zachowanie przez nie zdolności kiełkowania (KAMRA 1963; 1967a). W przypadku zasadniczych uszkodzeń zarodka, nasiona nie są zdolne do wyprodukowania normalnej siewki, ale gdy uszkodzone jest tylko prabielmo, to w korzystnych warunkach nasienie może kiełkować normalnie (KAMRA 1976). Autor ten zaleca przechowywać nasiona nie odskrzydlone lub po odskrzydleniu w wodzie. Odskrzydlenie nasion na mokro polega na moczeniu ich wraz ze skrzydełkami przez 30 minut w wodzie i następnie rozłożeniu ich cienką warstwą przez noc w temperaturze pokojowej w celu wysuszenia (KAMRA 1963). Nasiona odskrzydlone na mokro (LESTANDER i MÄHLER 1984/1985) i podsuszone zaraz po odskrzydleniu do 4-7% wilgotności kiełkowały po 10 latach przechowywania w -2°C w bardzo wysokim procencie (powyżej 93%). Odskrzydlenie nasion na mokro istotnie obniżyło poziom uszkodzeń mechanicznych w porównaniu z odskrzydleniem mechanicznym.

Nieodskrzydlone nasiona sosny można z powodzeniem przechowywać nawet przez 20 lat bez obniżenia ich początkowo wysokiej zdolności kiełkowania, pod warunkiem, że obniży się ich wilgotność do około 5% i umieści w szczelnie zamkniętym pojemniku w temperaturze -5 do -15°C (HUSS 1967).

Stosując testy „przyspieszonego starzenia” dla nasion rolniczych, MACHANIČEK (1981) przeprowadził podobny test dla nasion sosny w celu ustalenia ich przydatności dla długoterminowego przechowywania. Test polegał na pobraniu próbek nasion różnych partii i umieszczeniu ich na 84-100 godzin w fitotronie w temperaturze 40°C i wilgotności 80-90%. Po tym czasie nasiona poddano próbie kiełkowania, a uzyskane wyniki porównano z wynikami kiełkowania otrzymanymi przed traktowaniem nasion w fitotronie. Spadkowi zdolności kiełkowania nasion o 3% w teście przyspieszonego starzenia odpowiadał nieznaczny tylko spadek zdolności

kiełkowania tych nasion po 4 latach przechowywania w chłodni w temperaturze $0-2^{\circ}\text{C}$. Przy spadku zdolności kiełkowania do 10% w teście, odpowiedni spadek zdolności kiełkowania nasion po 4-letnim przechowaniu wynosił 10-17%, natomiast gdy w teście różnica zdolności kiełkowania nasion była wyższa niż 12%, to spadek zdolności kiełkowania nasion po przechowaniu wynosił 25%, a w niektórych partiach nasion nawet 30-40%. Tak więc tylko nasiona o wysokiej jakości, które w teście przyspieszonego starzenia utraciły zdolność kiełkowania tylko w niewielkim stopniu, powinny być przeznaczone do tworzenia rezerw nasiennych w celu wykorzystania ich w latach nieurodzaju.

Inną metodą, rokującą możliwość zastosowania w praktyce, jest metoda polegająca na wykorzystaniu zjawiska wzmożonej przepuszczalności błon cytoplazmatycznych nasion o obniżonej żywotności. Nasiona takie (podczas 24-godzinnej inkubacji na bibule w klimatyzowanych komorach) wydzielają do otoczenia różne substancje, takie jak kwasy nukleinowe, aminokwasy, białka, cukry, tłuszcze i in. Najbardziej skorelowany ze zdolnością kiełkowania nasion był wpływ aminokwasów i białek w temperaturze 28°C (PEHAP 1972).

ZLOBIN (1971) opracował inną metodę oceny jakości nasion, opartą na pomiarze współczynnika załamania światła, przepuszczonego przez roztwór substancji wydzielonych do wody z nasion inkubowanych w 35°C przez 24 godziny. Porównując ilość rozpuszczonych substancji (0-1,26%) i odpowiadającą im zdolność kiełkowania nasion (0-100%) można ocenić jakość nasion. Wyższej zdolności kiełkowania nasion odpowiada niższa zawartość wymywanych substancji.

Podczas przechowywania, zwłaszcza przez długie okresy, dochodzi w nasionach do uszkodzenia materiału genetycznego, wyrażającego się m.in. występowaniem różnych zaburzeń podczas podziałów mitotycznych (SIMAK i GUSTAFSSON 1967; ROBERTS 1973; SIMAK 1986b). Po 10 latach przechowywania nasion sosny, zaburzeń nie stwierdzono. Obserwowano je w nasionach 25-letnich, a polegały

one na obecności w cytoplazmie podczas mitozy mikrojąder, powstawaniu licznych mostków i fragmentów chromosomów oraz na osłabionym nasyceniu chromatyd (MACHANIČEK 1981). Pierwszym wskaźnikiem starzenia się nasion sosny były zmiany w mitochondriach i plastydach oraz zahamowanie procesów metabolicznych podczas pęcznienia (SIMOLA 1974). W nasionach, które utraciły zdolność kiełkowania obserwowano podczas pęcznienia najpierw proces lipolizy, poprzedzający proteolizę, czyli odwrotnie niż to zachodzi w komórkach żywych. W słabo uszkodzonych komórkach widoczne były nieznaczne mitochondria i rybosomy. Jądro komórkowe wydaje się morfologicznie jedną z najbardziej odpornych na starzenie częścią komórki (SIMOLA 1974).

6.1.12. ODNOWIENIE NATURALNE Z SAMOSIEWU

Sosna jest gatunkiem wybitnie światłoządnym i do utrzymania się przy życiu wymaga przynajmniej 20% światła wolnej przestrzeni (TYSZKIEWICZ i OBMŃSKI 1963). Powstające w drzewostanach przerwy w zwarcie koron drzew stwarzają korzystne warunki świetlne dla naturalnego odnowienia. Konkurencja ze strony runa i podszytu w dostępie do wilgoci w glebie stanowią ważną barierę dla rozwoju nalotu sosny. Jednym z najważniejszych czynników, decydujących o naturalnym odnowieniu sosny, jest sprawność gleby. Zbyt gruba warstwa ściółki lub gęsta darni traw albo krzewinek borówki uniemożliwiają dostęp nasion do gleby mineralnej i ich skiełkowanie. Określono liczbę żywych nasion (PETROV i PALKINA 1984) w runie leśnym oraz w 10 cm warstwie darniowobielicowej gleby mineralnej 130-letniego drzewostanu, rosnącego w południowej prowincji Moskwy. W zbiorowisku *Pinetum vacciniosylocomiosum* stwierdzono 500 nasion sosny zwyczajnej na 1 m², z czego aż 80% nasion znajdowało się w runie. W zbiorowisku *Pinetum-Piceetum oxalidosum* stwierdzono 2040 na-

sion, z czego 68% w runie. W glebie mineralnej nasion nie stwierdzono.

Na dalekiej północy, na półwyspie Kolskim (KAZAKOV 1974) warunki dla odnowienia naturalnego, ograniczone są niską temperaturą i krótkim okresem wegetacyjnym. Nasiona sosny wymagają do skiełkowania minimum 7-8°C, a dla wzrostu korzenia 9°C. Na półwyspie Kola odpowiednie warunki do skiełkowania występują dopiero w drugiej połowie lipca, a część nasion przeleguje do następnego roku. Okres wegetacyjny trwa tam przeciętnie 117 dni, a więc jest bardzo krótki i przy niesprzyjających warunkach pogodowych siewki nie zawsze zdążą zdrewnieć przed nastaniem wczesnych przymrozków.

Bardzo korzystne warunki dla powstawania nalotu sosny zwyczajnej występują na niezachwaszczających się siedliskach borowych w Puszczy Solskiej, o pokrywie mszystej z kępami śmiałka lub trzęślicy (BERNADZKI 1981a). Sztuczne rozrzedzenie zwarcia koron przez tak zwane cięcie obsiewne w drzewostanie powinno obniżyć stopień zadrzewienia do 0,5-0,6. Przy stosowaniu krótkiego okresu odnowienia cięcia obsiewne powinny być znacznie silniejsze, tak aby kolejne cięcie było już tylko cięciem uprzętającym.

Skaryfikacja gleby broną talerzową, silnie przebronowanie czy wyoranie bruzd sprzyja powstawaniu nalotu z samosiewu górnego i bocznego. Podczas trwających 3 lata badań (PEİNA 1971) stwierdzono, że najlepsze wyniki odnowienia uzyskano po skaryfikacji gleby, pokrytej darnią *Vaccinium myrtillus* L. Skiełkowało wtedy 15% opadłych nasion, a 7,1% siewek przeżyło 3 lata. Nieco gorsze wyniki uzyskano po wyoraniu bruzd pługiem, a najgorsze po przygotowaniu gleby przez wymieszanie pokrywy roślinnej i warstwy surowego humusu z glebą mineralną za pomocą głębogryzarki (tylko 1,3% siewek po 3 latach).

Przy odnowieniu z samosiewu bocznego (do 30 m) zaleca się stosowanie na siedliskach boru świeżego rębni zupełnej smugowej. Gdy prowadzona jest rębna zupełna zrębami zwężonymi (60 m szerokości), zaleca się pozostawienie w środkowej części pasa zrębowego kulisy nasienników w liczbie 15-20

sztuk na hektarze (SZUNKE i BARSZCZEWSKI 1973; BERNADZKI 1981a). Na siedliskach bardziej wilgotnych, charakterystycznych dla boru wilgotnego, glebę przygotowuje się w miejscach naturalnie wywyższonych wokół pni ściętych drzew. W okresie najniższego poziomu wód można też glebę usypać w tzw. rabatowałki. W nadleśnictwie Józefów stwierdzono, że po 2 latach liczba siewek na 1 m² w odległości 30 m od ściany lasu wynosiła przeciętnie 25 sztuk, w odległości 30-50 m już tylko 8 sztuk, a w odległości 50-60 m – 5 sztuk (NOWAKOWSKI i TRZĘSKI 1966; SZUNKE i BARSZCZEWSKI 1973). Zazwyczaj okres odnowienia przy wykorzystaniu samosiewu ustala się na 3 lata na siedliskach boru świeżego i 4-5 lat na siedliskach boru wilgotnego.

Po upływie okresu, uznanego za właściwy dla odnowienia naturalnego i usunięciu nasienników, dokonuje się sztucznego dolesienia powierzchni nieodnowionych jednoroczną sosną i gatunkami domieszkowymi, natomiast powierzchnie nadmiernie zagęszczone samosiewem należy szybko przerzedzić*.

6.1.13. ODNOWIENIE SIEWEM

Odnowienie z siewu można przeprowadzać bezpośrednio na zrębie, stosując różne sposoby siewu. W rejonie północnego zasięgu sosny zwyczajnej, gdzie okres wegetacji jest stosunkowo krótki i często wczesne przymrozki jesienne potrafią zniszczyć rosnące jeszcze siewki, stosuje się przykrycia w postaci kloszy z przezroczystego materiału.

Na północy Finlandii, po zastosowaniu orki na zrębie zupełnym, nasiona sosny wysiewano w bruzdy i na wyorane skiby. Wysiane nasiona pozostawiano bez przykrycia lub przykrywano kołpakami w kształcie odwróconej doniczki, o wymiarach w szerszym końcu 5-18 cm i wysokości 5-20 cm. W dniu kołpaka wiercono otwór o średnicy 1,5-2 cm. Kołpaki zrobione były z plastyku, który pod wpływem promieni słonecznych ulegał rozkładowi po 2-4 latach. Stosowano też plastik

rozkładany przez mikroorganizmy. Pod koniec sezonu wegetacyjnego stwierdzono (LÄHDE 1980) o 30-50% więcej siewek sosny z nasion, które po wysiewie były przykryte kołpakami, niż z nasion wysianych bez przykrycia, a także odnotowano o 5-60% mniejsze wypady siewek pod przykryciem. Po zastosowaniu przykrywania nasion uzyskiwano w północnej Finlandii lepsze wyniki, niż na południu tego kraju. Generalnie, po wysiewie w bruzdach zdolność kiełkowania nasion i przeżywalność siewek była lepsza niż na wyoranych skibach. Korzystny wpływ stosowania kołpaków obserwowano jeszcze podczas drugiego, a nawet trzeciego sezonu wegetacyjnego.

Kołpaki zastosowane do przykrywania wysianych nasion funkcjonowały jak „mini szklarnie”, poprawiając warunki wilgotnościowe i termiczne oraz zabezpieczając nasiona i siewki przed zniszczeniem przez owady, ptaki czy gryzonie. Temperatura pod kołpakami była wyższa od otoczenia przeciętnie o 1°C, a wilgotność gleby o 10% (SOBCZAK 1984).

Pod jeden kołpak najkorzystniej jest wysiewać po 4 nasiona sosny, co stanowi około 20% liczby nasion wysiewanych w linii lub kupkowo bez przykrycia (SAKSA i LÄHDE 1982). Z ekonomicznego punktu widzenia nakłady na odnowienie lasu tym sposobem stanowią tylko około 2/3 nakładów na odnowienia sadzeniem (SOBCZAK 1984).

Po 9 latach od wysiewu nasion żywe rośliny stwierdzono pod 75-85% kołpaków. Na południu Szwecji średnia wysokość drzewek sosny wynosiła 2 m, a na północy 0,7 m. Na południu 12% drzew miało u podstawy haczykowaty kształt, jako wynik ograniczenia wzrostu siewki na wysokość przez kołpaki (HAGNER 1984). W porównaniu z sadzeniem istnieje większa potrzeba cięcia i usuwania współzawodniczących ze sobą gałęzi i pni młodych roślin, a także usuwanie kołpaków we właściwym czasie.

* Zagadnieniami tymi zajmował się także BARZDAJN ze wsp. (1992) [przyp. red.]

6.1.14. PRODUKCJA SIEWEK W SZKÓŁCE

Nasiona sosny zwyczajnej w szkółkach wysiewa się siewem rzędownym, taśmowym lub pełnym. Wschodzą one epigeicznie – pęd wraz z liścieniami ukazuje się nad powierzchnią ziemi. Wysiane nasiona przykrywa się zwykle 1-1,5 cm warstwą ziemi (TYSZKIEWICZ i OBMIŃSKI 1963). Zbyt głęboki siew, zwłaszcza na glebach ciężkich i zlewnych, o niewłaściwej proporcji próchnic leśnych, sprzyja porażaniu kiełkujących nasion i siewek przez grzyby zgorzelowe (MAŃKA i BURKOT-KŁONOWA 1971; JAKOWLEW 1971; GRZYWACZ 1975). Na glebach lżejszych siew powinien być dokonany głębiej, aby zapewnić nasionom niezbędną ilość wilgoci.

Wobec dużych strat, powodowanych w szkółkach przez grzyby zgorzelowe, zaleca się zaprawiać nasiona przed wysiewem środkami grzybobójczymi takimi jak: nadmanganian potasu (LAURYN 1966), Agronal H, Hermal, Hermal L50 (KRALOVA 1974; UROŠEVIĆ 1982), Cynkotox, Dithane M-45, Zaprawa nasienna R, Zaprawa nasienna T, Terrafun 75, Vapam, Topsin M, Benlate (GRZYWACZ i ČIŽKOVA 1983). Według tych ostatnich autorów, skuteczne w ochronie nasion, a zarazem bezpieczne dla ludzi okazały się wieloskładnikowe preparaty o działaniu systemicznym, takie jak Funaben T, Kuprosal K, Oxalin i Oxafun T.

Do porażania siewek grzybami zgorzelowymi dochodzi zwykle przy niekorzystnej proporcji występowania w siewkach grzybów zgorzelowych w stosunku do grzybów innych (GIERCZAK 1971). Nasiona sosny zaprawia się także szczepami bakterii (np. *Azotobacter*), pobudzającymi aktywność procesów zachodzących podczas kiełkowania (ORECHOV 1975; PRONČENKO i NAZAROVA 1975). Stwierdzono znaczne podwyższenie wschodów sosny w gruncie z nasion moczonych bezpośrednio przed siewem w roztworze, zawierającym *Azotobacter* (VEDENJAPINA i BADANOV 1974). Było to spowodowane obniżeniem przedwschodowego porażenia kiełkujących nasion i powschodowej zgorzeli siewek, powodowanych przez *Fusarium solani*. W końcu sezonu wegetacyjnego siewki z na-

sion traktowanych zawiesiną *Azotobacter* były wyższe o 17% od siewek kontrolnych, ich średnica była większa o 30%, masa 1,5-2 razy większa, a ponadto miały one lepiej rozwinięty system korzeniowy. Dobre wyniki wschodzenia i wzrostu siewek notowano także po wprowadzeniu do gleby, w ilości 1 g/m² preparatu trichodermin w postaci drobno zmielonych części o średnicy poniżej 0,25 mm, podobnie jak wprowadzenie w bruzdy siewne gleby z lasu, zawierającej grzyby mikoryzowe w ilości 0,1 kg/mb rowka (VEDENJAPINA i BADANOV 1974).

Stwierdzono, że mikoryza zwiększa odporność siewek na czynniki biotyczne i abiotyczne (PACHLEWSKI i PACHLEWSKA 1971; patrz także rozdz. 5.7). Najbardziej podatne na porażenie grzybami patogenicznymi są siewki w okresie tzw. kryzysu energetycznego, czyli w okresie przejścia z odżywiania materiałami zapasowymi, zawartymi w bielmie nasion na odżywianie poprzez system korzeniowy.

Stosowanie symbiontów korzeniowych dla ochrony siewów sosny przed chorobami przyczynia się do znacznego wzrostu wydajności siewek z jednostki powierzchni. W przeliczeniu na 1 ha uzyskano 594 tys. siewek więcej niż w kontroli po wprowadzeniu do gleby wraz z nasionami szczepów grzybowych antagonistycznych do grzybów zgorzelowych (VEDERNIKOV i in. 1981).

Nasiona o czarnej okrywie były porażane przez zgorzel przedwschodową w mniejszym stopniu, niż nasiona o jaśniejszym kolorze (GRZYWACZ 1979). Autor ten wykazał, że w okrywie nasion czarnych znajduje się więcej kwasu kawowego i chlorogenowego oraz kwasów tłuszczowych, pochodzących z rozkładu taniny. Kwas erukowy, występujący w dużej ilości w okrywach nasion czarnych, był istotnie toksyczny dla grzybów zgorzelowych (GRZYWACZ i ROSOCHACKA 1977; patrz także rozdz. 9.1).

Na rozwój i wzrost siewek sosny decydujący wpływ wywiera termin siewu nasion. W byłej Czechosłowacji wysiewano nasiona sosny zwyczajnej co miesiąc, począwszy od połowy marca aż do połowy sierpnia. W dwóch pierwszych terminach nasiona wy-

siewano do pojemników, które umieszczono w nieogrzewanej szklarni. Pozostałe nasiona wysiewano na zagonach w szkółce. Im dłużej rosły siewki, tym ich jakość była lepsza. Wysokość siewek z nasion wysiewanych w marcu i kwietniu wynosiła około 17 cm, wysiewanych w maju 12 cm, w czerwcu około 8 cm, w lipcu 4 cm i w sierpniu tylko 3 cm. Sucha masa tych siewek wynosiła odpowiednio: 2,7, 2,2, 0,9, 0,4, 0,05 i 0,05g (CHALUPA 1978).

Wysokość siewek jest wprost proporcjonalna do gęstości siewu, a wraz ze wzrostem zagęszczenia siewek maleje ich grubość, liczba i długość odgałęzień oraz sucha masa pędów i korzeni (JANSON 1969; KOCIĘCKI i JANSON 1969; KĘDZIERSKI i in. 1973). Najbardziej odpowiednie zagęszczenie nasion na 1 mb rowka siewnego powinno zamykać się w przedziale 50-100 nasion (KOCIĘCKI i JANSON 1969), co pozwala uzyskać przeciętnie 30 tysięcy siewek z jednego ara, z udziałem blisko 80% siewek pierwszej klasy jakości. KĘDZIERSKI i wsp. (1973) uważają z kolei, że na metrze bieżącym rowka siewnego powinno się wysiewać 160 nasion sosny zwyczajnej.

Z uwagi na różne sposoby siewu nasion (siew pełny, taśmowy lub rzędowy), wprowadzono pojęcie powierzchni obsiewnej (BURZYŃSKI i KŁOSKOWSKA 1977), czyli powierzchni zajętej tylko i wyłącznie pod wysiew nasion, z wyłączeniem powierzchni nieobsianej (ścieżki, drogi itp.). Według nowej normy wysiewu, na 1 m² powierzchni obsiewnej powinno się wysiewać 2 tysiące nasion sosny zdolnych do kiełkowania (BURZYŃSKI 1978). Zapotrzebowanie nasion należy obliczać według wzoru:

$$N_{kg} = \frac{n_k \cdot p \cdot t}{100 \cdot z \cdot c}, \text{ gdzie } p = l \cdot k \cdot s$$

n_k – norma wysiewu, określona liczbą nasion zdolnych do kiełkowania na 1m² powierzchni obsiewnej (dla sosny 2000 szt.),

p – powierzchnia obsiewna w m²;

t – masa 1000 nasion w g,

z – zdolność kiełkowania w %,

c – czystość plonu w %,

l – długość pojedynczego rzędu w m,

k – liczba rzędów o długości l ,

s – szerokość rzędu w m (BURZYŃSKI i KŁOSKOWSKA 1977).

Wydaje się, że korzystnym jest wysiewać nasiona sosny w szkółce siewem taśmowym o szerokości taśmy 10-12 cm i odległości taśm co 30 cm (KULIG i RYGIEL 1972). Ubytek siewek w taśmach po pierwszej zimie wynosił 21,9%, a przy siewie pełnym aż 48,2%. Ponadto stwierdzono, że przy siewie pełnym paki szczytowe 2-letnich siewek były gorzej wykształcone niż siewek na taśmach.

Przeżywalność siewek na taśmach o szerokości 5-6 cm była 1,5-2 razy większa niż na taśmach o szerokości 2 cm (BOBRINEV 1978a). Na szerszych taśmach temperatura gleby podczas letnich upałów była niższa o 10-15°C w porównaniu z temperaturą 45-55°C na taśmie wąskiej. Przy tak wysokiej temperaturze gleby siewki ulegały zgorzeli słonecznej.

Na terenie OZLP Szczecin podjęto próbę stosowania siewu pełnego nasion sosny zwyczajnej (FUDRYNA 1970). Siew pełny wykonywano stosując trzy normy ilości nasion na ar: 1,15, 1,25 i 1,4 kg. Wysiane nasiona przykryto 0,5 cm warstwą, testując jednocześnie różnego rodzaju materiały, jak: piasek o średnicy ziarn 1 mm, przesiany kompost, gleba ze szkółki, żwir z torfem, żwir z kompostem lub sam żwir. Cztery dni po siewie glebę opryskano środkiem chwastobójczym, stosując Alipur (4 l/ha w 600 l wody). Wydajność siewek kształtowała się odpowiednio do ilości wysianych nasion w liczbie 61,9 tys., 80 tys. i 69 tys. z ara. Dla porównania, stosując siew rzędowy (0,4 kg nasion/ha) uzyskano wydajność 25,5 tys. siewek z ara. Najbardziej odpowiednim materiałem do przykrywania nasion, wysianych siewem pełnym, okazały się mieszanki kompostu z glebą i torfu z glebą w stosunku 1:1. Zapobiegały one jednocześnie zapiaszczeniu gleby. Zastosowanie Alipuru zmniejszyło o połowę pracołłonność przy odchwaszczaniu.

Całkowicie nowatorski sposób prowadzenia siewów sosny pospolitej w szkółce zaproponował SIMANČIK (1984). Stosując nasiona najwyższej jakości umieszczał je (pneumatycznie), wraz ze środkiem grzybobójczym, na dwuwarstwowej, drobnowiątkowej papie-

rowej taśmie nośnej. Rozmieszczone w równych odstępach nasiona przykrywano następnie jedną warstwą papieru, stosując łatwo rozpuszczalne w wodzie lepiszcze. Papierowe taśmy o szerokości 50 cm i długości 25 m, wraz z nasionami, suszy się po 4 zwoje, czyli po 50 m² pakuje do pojemników z PCV i przechowuje w temperaturze 0-4°C do czasu ekspedycji. Każdy pojemnik zaopatrzony jest w etykietę. W szkółce, na wyrównanych i wilgotnych zagonach, rozkłada się papierowe taśmy z nasionami i przykrywa 0,5 cm warstwą substratu (może to być torf, trociny, kompost lub piasek), nie dopuszczając do przesuszenia nasion przez kilka tygodni po wysiewie. W latach 1980-82 uzyskano tą metodą wydajność przekraczającą 90 tys. siewek z 1 kg nasion. Jednak system korzeniowy tych siewek był nieco zdeformowany.

6.1.15. SIEW NASION POD OSŁONAMI

Zastosowanie namiotów foliowych do produkcji siewek w znacznym stopniu przyczyniło się do polepszenia warunków wzrostu i wydłużenia okresu wegetacyjnego, zwłaszcza w krajach skandynawskich, na północy Rosji i w Kanadzie.

Koszt produkcji siewek w namiotach foliowych przewyższa nakłady na produkcję w szkółce, ale korzyści osiągane przez podwyższenie jakości siewek produkowanych w namiotach różnice te niwelują. W rejonie Archangielska stwierdzono, że nasiona wysiane w namiocie foliowym o kubaturze 1,8 m³/m² wschodziły o 27% lepiej niż w gruncie (MOLČANOV i SINNIKOV 1977). W namiocie temperatura powietrza była wyższa przeciętnie o 2-5°C, podobnie wilgotność o 5-20%, niż w gruncie bez przykrycia. Po dwóch sezonach wegetacyjnych w gruncie wypadło 15-50% siewek, a pod folią tylko 6-13%. Dwuletnie siewki sosny, wyhodowane w namiocie przewyższały 2-2,5 razy wysokość, 1,5 raza średnicę i 2-3 razy suchą masę siewek, wyhodowanych w gruncie.

Podobnie jak w gruncie, zdolność wschodzenia nasion w namiotach foliowych uwa-

runkowana jest terminem siewu. Po siewie wczesnym, dokonanym w podłożu torfowym przed 25 kwietnia, uzyskano średnio 69% siewek, natomiast po siewie w terminie 5 maja tylko 59% siewek (ZVIEDRE i IGAUNIS 1981). W konkluzji autorzy stwierdzają, że przy siewie wczesnym powinno się wysiewać 195 nasion, a przy siewie późnym 225 nasion na 1 mb rowka siewnego.

Najlepiej pod wysiewy nasion sosny w namiotach foliowych nadaje się podłoże torfowe z torfowiska wysokiego. Torf sfagnowy z takiego torfowiska charakteryzuje się dużą pojemnością wodną, dochodzącą do 620%, jego masa objętościowa wynosi 0,136 g/cm³, a kwasowość pH_{KCl}=2,67. Po odpowiednim nawożeniu i podwyższeniu pH, nasiona sosny znajdują w nim optymalne warunki powietrzno-wilgotnościowe (PANKRATOV i PANKRATOVA 1975).

Dobrze rosną też siewki sosny w podłożu torfowym z torfowiska niskiego, którego ciężar objętościowy wynosi 0,5 g/cm³ i pH_{KCl}=4,5, z udziałem 39% humusu, 54,4% części popielnych i z dodatkiem nawozów NPK (STEBAKOVA i DANŠIN 1978).

Sosna wyraźnie reaguje na mieszanki nawozowe. Reakcje te uwidaczniają się przede wszystkim w zwiększeniu ciężaru i długości pędów siewek, w mniejszym zaś stopniu w grubości pędów. Najlepsze wyniki wzrostu uzyskano po zwapnowaniu podłoża wapnem magnezowo-węglanowym w ilości 2 kg/m³ (GORZELAK 1984). Bez wapnowania można stosować wieloskładnikowe mieszanki nawozowe, takie jak Azofoska, Fruktus 1, Fruktus 2, Florowit, Mikro, Mikroflor, Mis-4, Polifoska, Vitaflor. Optymalne proporcje nawozowe w podłożu torfowym kształtują się według POSPIŠILA i KOUTNIKA (1973) w następujący sposób: 1N: 0,8-1P₂O₅ :1,5 CaO (patrz także rozdz. 5.6).

Drogie podłoża torfowe często zastępuje się mieszankami torfowo-korowymi z torfem wysokim, niskim lub przejściowym z korą sosnową składowaną co najmniej kilka miesięcy, lub stosuje się czyste podłoża korowe, ściółkowe, torfowo-piaskowe i inne (GUNIA i SOBČZAK 1981). Na mniejszą skalę używane bywają podłoża sztuczne, takie jak perlit,

vermikulit, keramzyt, grodan czy wełna mineralna, które wykorzystuje się jako wypełniacze roztworów nawozowych w uprawie hydroponicznej. Zaletą uprawy hydroponicznej jest zwiększony dostęp substancji odżywczych w roztworze. Jest on równoważny tylko 1/4 zapotrzebowania mikro- i makroelementów, stosowanych do nawożenia siewek uprawianych na torfie (POSPIŚIL i KOUTNIK 1974).

Sucha masa siewek sosny w uprawie hydroponicznej 5-6-krotnie przewyższała suchą masę siewek kontrolnych (w torfie), a ich średnia wysokość była 3 razy większa od kontrolnych (POSPIŚIL i KOUTNIK 1974). W LZD w Siemianicach podjęto z powodzeniem próbę zastąpienia perlitu w uprawie hydroponicznej kompostowaną korą drzew iglastych. Siewki uzyskane w ten sposób nieznacznie tylko ustępowały jakością siewek uprawianych w perlacie (SOROKOWSKI i POKOJOWCZYK 1989).

Ze względu na bujniejszy wzrost siewek sosny w namiotach foliowych, ich zagęszczenie powinno być prawie 2-krotnie mniejsze niż w gruncie. Przy zagęszczeniu ponad 1200 sztuk/m² siewki ulegają często zgorzeli grzybowej, natomiast przy mniejszym zagęszczeniu (900 sztuk/m²) choroba ta nie wystąpiła (GUNIA i SOBCZAK 1981). Właściwe zagęszczenie siewek sosny na 1 mb bruzdy siewnej w namiocie powinno wynosić około 120 sztuk (ZWIERDE i IGAUNIS 1981), jednak z uwagi na 12-16% wypad, liczbę nasion zdolnych do kiełkowania należałoby odpowiednio podwyższyć.

RYGIEL (1984) podaje, że ilość dwutlenku węgla w namiotach foliowych 2-4-krotnie przewyższa stężenie normalne, a w namiotach niskich nawet 9-15-krotnie. Przy dużej koncentracji CO₂ wzrost siewek i ich ciężar może być większy o 30-80%, jako wynik swoistego nawożenia dwutlenkiem węgla.

W słoneczne dni namioty należy przewietrzać, aby obniżyć temperaturę powietrza, zważając jednocześnie na zachowanie wilgotności powietrza nie mniejszej niż 65-70% (IGAUNIS i DREJMANIS 1966). Temperatura powyżej 28-30°C w namiocie jest niepożądana, bowiem procesy oddechowe szybko prze-

wyższają proces fotosyntezy, co niekorzystnie wpływa na rozwój siewek (MATEJA 1982).

Bezpośrednio po siewie podłoże należy doprowadzić do wilgotności 85%, a w okresie wschodów nieco ją obniżyć. Temperatura w tym okresie powinna wynosić około 24°C (MATEJA 1982).

Dla zapewnienia optymalnego wzrostu, siewki sosny należy opryskiwać roztworami CaNH₄(NO₃)₃ oraz NH₄NO₃ o stężeniu 0,3-0,5%, w ilości 1 l/m², a także 0,5% roztworem fosforanu potasu. Pierwszy termin nawożenia dolistnego przypada 2 tygodnie po siewie, drugi po miesiącu i kolejny w połowie lipca (IGAUNIS i DREJMANIS 1966). W końcu lipca i na początku sierpnia siewki należy dwukrotnie zasilić siarczanem potasu w ilości 2 g/m², aby przyspieszyć procesy drewnienia, a także rozpocząć hartowanie siewek przez zdjęcie folii w połowie sierpnia (GUNIA i SOBCZAK 1981).

Siewki/sadzonki sosny, przeznaczone do zalesień terenów trudno dostępnych lub terenów rekultywowanych, powinny być produkowane z zakrytym systemem korzeniowym (z bryłką), co gwarantuje duży procent przeżywalności roślin po przesadzeniu. Bryłka korzeniowa najczęściej uzyskuje kształt pojemnika, w którym uprawiano roślinę. Przez długi czas produkowano siewki w cylindrach foliowych lub doniczkach, jednak z uwagi na kłopotliwe napełnianie cylindrów foliowych substratem i spiralny wzrost korzeni, opracowano inne rodzaje pojemników.

W Finlandii na szeroką skalę produkuje się siewki sosny w papierowych otoczkach, tzw. Paperpot. Są to 6-ścienne papierowe pojemniki bez dna, sklejone w kształcie plastera miodu i składane w harmonijkę. Po rozciągnięciu Paperpot na plastikowej podstawie napełnia się je (maszynowo) rozdrobnionym substratem torfowym lub torfowo-korowym i po lekkim ugnieceniu i wytlóczeniu małych dołków w substracie wysiewa się pojedynczo nasiona (pneumatycznie bądź ręcznie). Wysiane nasiona przykrywa się 0,5 cm warstwą piasku, torfu lub perlitu, a w przypadku stosowania drobnokroplistego podlewania nasiona pozostawia się bez

przykrycia. Otoczki papierowe Paperpot z wysianymi nasionami umieszcza się w namiocie foliowym na dwóch poziomo ułożonych żerdziach, tak aby stworzyć 6 cm warstwę powietrza między powierzchnią gleby a dnem otoczek. Przerastające od spodu korzenie zasychają w warstwie powietrza i nie wrastają do gleby, co ułatwia wyjmowanie sadzonek. Izolacyjna warstwa powietrza przyczynia się do intensywniejszego wzrostu korzeni bocznych. Wyhodowane tą metodą sadzonki wysadza się za pomocą specjalnie skonstruowanego kostura rurowego. W ciągu 8 godzin jedna osoba może wysadzić 2-3 tysiące sadzonek.

Do produkcji siewek sosnowych można stosować także doniczki celulozowo-torfowe, tzw. metoda Finnpot (Jiffypot w Norwegii), tuby plastikowe, naboje WALTERSA, pojemniki Styrobloc, Enso, Multibag, Kappafors i in. (MATEJA 1981).

W Polsce do produkcji sadzonek sosny z zakrytym systemem korzeniowym opracowano metodę „GM”. Nazwa metody utworzona została z dwóch pierwszych liter nazwisk jej twórców – GORZELAK i MATEJA. W metodzie „GM” adaptowano plastikowe skrzynki owocowo-warzywne. Skrzynka od wewnątrz podzielona jest przekładkami z tekpolu na 126 klatek o przekroju kwadratowym 4 x 4 cm i wysokości 12, 15 lub 18 cm (GORZELAK 1980). Po wysianiu nasion, skrzynki ustawia się w namiocie foliowym na ceglach (6 cm), co zapobiega wrastaniu korzeni siewek do gleby (MATEJA 1983). Stosowanie podkładek z papy lub folii, jako warstwy zapobiegającej wrastaniu korzeni do gleby okazało się przy dłuższej hodowli (ponad 2 miesiące) niekorzystne dla wzrostu siewek (MATEJA 1979).

Wzrost korzeni w pojemnikach uzależniony jest od ich kształtu. W małych i cylindrycznych pojemnikach wzrost korzenia przebiega spiralnie po ich wewnętrznym obwodzie, co jest powodem zdeformowania korzeni i obniżenia jakości siewek (LOKVENC 1980). Zdeformowany korzeń zachowuje swój kształt jeszcze przez kilka lat po wysadzeniu na uprawie. Prawidłowy i niezniekształcony system korzeniowy rozwija się wów-

czas, gdy wszystkie kąty pojemnika są ostre lub co najmniej proste. W pojemnikach takich uniemożliwiony jest spiralny wzrost korzenia, który napotykając przeszkodę skierowuje się ku dołowi (RIEDACKER 1978).

6.1.16. KIEŁKOWANIE NASION

6.1.16.1. TEMPERATURA

Międzynarodowe przepisy (ANONIM 1985d) przewidują podczas próby kiełkowania nasion sosny stosowanie temperatury cyklicznej 20°-30°C (16+8 godzin), ewentualnie temperatury stałej 20°C. W Polsce przyjęto stosowanie temperatury 23°C, z 2-godzinnym w ciągu doby oddziaływaniem temperatury 27°C, którą osiąga się przez podgrzanie wody w kiełkowniku w ciągu 2 godzin do temperatury 36°C i następnie samoczynne obniżenie się temperatury wody do 23°C (temperatura pomieszczenia 22-23°C i wilgotność około 50%).

ŠMELKOVÁ (1984) obserwowała przebieg kiełkowania nasion sosny zwyczajnej w temperaturze od 5 do 35°C, z odstopniowaniem co 5°C i stwierdziła, że temperatura 20°C była optymalna. W temperaturze niższej o 5 do 10°C proces kiełkowania nasion był istotnie wydłużony. W temperaturze wyższej zdolność kiełkowania obniżyła się o 1/4 do 1/2. W temperaturze 5°C kiełkowanie nie przekraczało 10%, nawet po 50 dniach trwania próby.

W Szwecji (KAMRA i SIMAK 1968; KAMRA 1969) prowadzono również badania w tym zakresie. KAMRA (1969) cytuje wyniki badań licznych autorów, między innymi wyniki badań NOBBEGO z 1890 roku, który stwierdził, że temperatura stała 20°C była nieznacznie korzystniejsza dla kiełkowania nasion sosny niż temperatura cykliczna 20°-30°C (18+6 godzin). Wymienieni wyżej badacze szwedzcy użyli do swoich badań 10 partii nasion, zbieranych między 47° i 67° szerokości geograficznej północnej (z Austrii, Słowacji, Polski i Szwecji). Przed umieszczeniem na kiełkowniku wyeliminowali nasiona puste i uszkodzone przez owady, stosując technikę radiograficzną. Do prób kiełkowania na kiełkowniku JACOBSENA zastosowali temperaturę stałą

20°, 25°, 30° i 35°C, a uzyskane rezultaty porównali z wynikami osiągniętymi w temperaturze 20°–30°C zalecanej przez ISTA. Nasiona północnych proveniencji skiełkowały po 21 dniach trwania próby w takim samym procencie zarówno w temperaturze stałej 20° i 25°, jak i cyklicznie zmiennej 20°–30°C. Nasiona proveniencji południowych kiełkowały w wyższym procencie w temperaturze 20°C i niższym w 25°C niż w 20°–30°C. W temperaturze 30°C i 35°C zdolność kiełkowania nasion wszystkich proveniencji była niższa, aniżeli w temperaturze cyklicznej. Obaj autorzy stwierdzają, że temperatura 20°C jest najbardziej odpowiednia dla kiełkowania nasion sosny zwyczajnej.

Naświetlanie nasion sosny promieniami jonizującymi modyfikuje ich wymagania ciepłe podczas kiełkowania. Zdolność kiełkowania nasion po naświetleniu promieniami ROENTGENA była niższa w temperaturze 20°C, aniżeli w temperaturze 15° lub 30°C (LINDGREN i in. 1972). Stwierdzono też niewielkie różnice we wrażliwości na promienie jonizujące pomiędzy proveniencjami poszczególnych partii nasion.

Nasiona sosny mogą także kiełkować w temperaturze stosunkowo niskiej. Stwierdzono (LØKEN 1959), że w temperaturze 2–4°C, przy oświetleniu o mocy 2×40 W nasiona trzech norweskich proveniencji skiełkowały w bardzo wysokim procencie 81,5–92,8%. Należy jednakże zaznaczyć, że początek kiełkowania nasion nastąpił dopiero po 70 dniach, a koniec kiełkowania po 220 dniach trwania próby. Nasiona tych samych partii w próbie kiełkowania w 25°C skiełkowały po 21 dniach w 89–95%.

Stwierdzono też (HEIT 1969), że niektóre pochodzenia sosny zwyczajnej, zwłaszcza z rejonu basenu Morza Śródziemnego, charakteryzują się spoczynkiem nasion, który ustępuje po 15–90-dniowej stratyfikacji w temperaturze 1–5°C. Dotyczy to nielicznych partii nasion pochodzących z Grecji i Turcji, jednakże BOYDAK (1977) nic o tym nie wspomina w swoich badaniach nad nasionami sosny zwyczajnej w Turcji. Spoczynkowe nasiona sosny można stratyfikować lub wysiewać jesienią do gruntu, co zapewnia

uzyskanie wysokiej jakości siewek i zmniejsza straty wywołane przez zgorzel siewek (HEIT 1967a). Stratyfikacja nasion niespoczynkowych nie wywiera wpływu na zdolność kiełkowania (LÄHDE 1974).

Stratyfikacja nasion, pochodzących z północnej granicy zasięgu sosny (np. z prowincji Norrland w Szwecji) przyczynia się do wzrostu nie w pełni wykształconych zarodków, do 2–3-krotnego podwyższenia zdolności kiełkowania nasion i silnego wzrostu siewek (SIMAK i GUSTAFSSON 1957).

6.1.16.2. ŚWIATŁO

Ważnym czynnikiem w procesie kiełkowania nasion sosny zwyczajnej jest światło. W warunkach zupełnego braku dostępu światła stwierdzono (HEIT 1974) tylko 8–17% skiełkowanych nasion, niezależnie od zastosowanej temperatury kiełkowania 15°, 20°, 25° lub 20°–30°C. Przy oświetleniu sztucznym nasiona z tej samej partii skiełkowały w 91%.

W Szwecji (SIMAK 1973) przeprowadzono doświadczenia nad przechowywaniem nieodskrzydlonych nasion sosny, wyłuszczone w ciemności i nigdy nie eksponowanych na światło. Po 14 latach przechowywania w ciemności, w temperaturze 0–4°C, nasiona kiełkowały w 80%, a tylko w 35% skiełkowały nasiona wyłuszczone i naświetlone przez 3 dni trzema 40 W jarzeniówkami.

NYGREN (1986a; 1986b) badał z kolei wpływ terminów zbioru szyszek, prowadzonych od września do grudnia na naturalnych stanowiskach w południowej Finlandii, na zdolność kiełkowania nasion w temperaturze 10° i 20°C, fotoperiodzie 0,8 i 24h. Nasiona zebrane we wrześniu i październiku miały relatywny spoczynek, to znaczy nie kiełkowały w ciemności, w 10°C. Nasiona zebrane później kiełkowały zarówno w ciemności, jak i w niskiej temperaturze. Autor przypisuje powyższą zmianę reakcji nasion na kiełkowanie działaniu niskiej temperatury w warunkach naturalnych lub podczas przechowywania szyszek w chłodzie. KAMRA (1967b) nie stwierdził żadnej różnicy w kiełkowaniu nasion przy 8- lub 24-godzinnym okresie

oświetlenia (ok. 1000 luksów). NYMAN (1963) wykazał jednak, że nie ekspozowane na światło nasiona sosny mogą kiełkować w ciemności po jednomiesięcznej stratyfikacji w 3-4°C. Podczas 20-dniowej stratyfikacji dochodzi w nasionach do przełamania „barier” światła, co związane jest z pojawieniem się nowej grupy giberelin, jakościowo zbliżonych do giberelin tworzących się pod wpływem światła białego i czerwonego (KOPCEWICZ i PORAZIŃSKI 1973b). Suche nasiona sosny nabywały pełną zdolność do kiełkowania w ciemności po 24 godzinach naświetlania światłem o natężeniu 2000 luxów, a nasiona pęczniejące już po jednogodzinnym naświetleniu (1700 luxów). Światło czerwone (660 nm) stymulowało kiełkowanie nasion poprzez układ fitochromowy, a daleka czerwień (730 nm) niwelowała działanie światła czerwonego (NYMAN 1963).

6.1.16.3. WILGOTNOŚĆ

Dostęp wody do nasion jest warunkiem koniecznym do ich kiełkowania, ale jej nadmiar może być szkodliwy (BELCHER 1974). Optymalna wilgotność podłoża, sprawdzona w warunkach laboratoryjnych (podwójna warstwa bibuły), mieści się w zakresie 10-25%. Przy tym poziomie wilgotności wszystkie nasiona wysokiej jakości kiełkują w zbliżonym procencie. Najbardziej odpowiednia wilgotność podłoża w przypadku nasion osłabionych wynosiła 15%; kiełkowało przy niej najwięcej nasion. Statystycznie istotnie mniej nasion osłabionych kiełkowało przy wilgotności 20% oraz 25 i 10% (BELCHER i PERKINS 1983).

W warunkach naturalnych dostęp wody do nasion po wysiewie do gruntu może być niekiedy ograniczony brakiem opadów. Pobieranie wody z gleby przez nasiona odbywa się m.in. na zasadzie siły osmotycznej koloidów zawartych w nasionach, której przeciwdziała siła osmotyczna gleby. Wpływ symulowanych warunków stresowych dostępu wody do nasion sosny zwyczajnej, pochodzących z Polski badał DOMINGO (1976). Doszedł on do wniosku, że utrudniony dostęp wody do nasion powoduje podwyższenie stężenia mannitolu i wpływa

proporcjonalnie na obniżenie zdolności kiełkowania nasion. Nasiona reagowały większą obniżką kiełkowania w temperaturze cyklicznej 10°-20°C, niż 20°-30°C. Przy ciśnieniu osmotycznym 3 atm. spadek zdolności kiełkowania był znaczny, z 85 i 93 do 58,7%, natomiast przy ciśnieniu osmotycznym 12 atm. zdolność kiełkowania wynosiła 4% i 6% odpowiednio w niższej i wyższej temperaturze cyklicznej. Również początek kiełkowania nasion ulegał przesunięciu w miarę podwyższania ciśnienia osmotycznego od 0 do 12 atm., przeciętnie od 4,7 do 15,6 dni.

Sztuczne poddanie nasion sosny 1-5 cyklom przemiennego nawilżania i suszenia spowodowało znaczne obniżenie zdolności kiełkowania nasion oraz wpłynęło niekorzystnie na przeżywalność i późniejszy wzrost siewek (RUSO 1978). Przemienne nawilżanie i suszenie nasion wpłynęło także istotnie na obniżenie suchej masy pędów i korzeni siewek, lecz pozostawiało bez wpływu na ich długość.

Umieszczenie nasion sosny na roztworze glikolu polietylenowego (PEG 6000), o potencjale osmotycznym około -5,8 bara, na 11 dni, w temperaturze 15°C (tzw. osmokondycjonowanie nasion) przyczyniło się do znacznie szybszego, bardziej wyrównanego i w wyższym procencie kiełkowania nasion (SIMAK 1976a; 1976b). Osmokondycjonowane nasiona sosny kiełkowały w niższej temperaturze lepiej niż nasiona nietraktowane, co może być wykorzystane w praktyce (SIMAK i in. 1984). Optymalna wilgotność nasion podczas inkubacji powinna wahać się w granicach 25-35%. Wyższa wilgotność powoduje istotny spadek żywotności nasion. Stwierdzone odmienne reakcje nasion na osmokondycjonowanie w dużym stopniu zależały od ich aktualnego stanu. Konieczna jest zatem analiza każdej partii nasion oddzielnie przed rozpoczęciem procesu kondycjonowania (SIMAK 1986a).

6.1.16.4. WPŁYW RÓŻNYCH CZYNNIKÓW NA KIEŁKOWANIE NASION

6.1.16.4.1. Wibracja i ultradźwięki

Nasiona sosny, po moczeniu przez 20 godzin w wodzie o temperaturze 25°C pod-

dano wibracji przez 20 minut (przy szybkości 1,5 g) o częstotliwości 10, 30, 50, 70, 100, 800 i 1000 Hz. Po takim traktowaniu energia kiełkowania nasion podczas próby kiełkowania w 24°C na świetle wzrosła praktycznie w całym przedziale stosowanej częstotliwości (maksymalny wzrost ok. 170% w stosunku do kontroli przy 50 Hz). Zdolność kiełkowania wzrosła natomiast tylko po zastosowaniu wibracji o częstotliwości 30-70 Hz (przy 50 Hz około 120% kontroli, DADYKIN i KOVADLO 1979). Obserwowano także wzrost suchej masy siewek o około 70% po pierwszym sezonie wegetacyjnym, rozwijających się z nasion poddanych działaniu ultradźwięków o częstotliwości 750 kHz (KOZUBOV i GANIUŠKINA 1963) oraz podwyższenie zdolności wschodzenia o 5-39% po zastosowaniu ultradźwięków o częstotliwości 1 MHz przez 3-3,5 minuty (JURA i KUČTIK 1978). Dłuższe oddziaływanie ultradźwięków (powyżej 8 minut) wpływało szkodliwie na kiełkowanie nasion.

6.1.16.4.2. Promienie laserowe

Naświetlanie suchych nasion promieniami lasera pozostawało bez wpływu na ich kiełkowanie. Natomiast, gdy po 3 dobach moczenia nasion w wodzie, w warunkach anaerobowych, naświetlano je przez 1 sekundę promieniami lasera LG-78 (helowo-neonowy) o długości fali $\lambda = 632,8$ nm, nasiona skiełkowały w 30% po 20 dniach próby kiełkowania. Nasiona nie naświetlane po moczeniu w wodzie w wyżej wymienionych warunkach nie kiełkowały wcale (ZOROV 1985).

Nasiona przechowywane przez 7 lat reagowały podwyższeniem energii kiełkowania i wschodzenia o 10,1 do 24,5% po 10 cyklach napromieniowania laserem o energii $1,45 \times 10^3$ J w ciągu 0,58 sekundy (INJUŠIN i in. 1983).

6.1.16.4.3. Grawitacja

Powietrznie suche nasiona sosny przechowywano przez 72 dni na orbicie wokółziemskiej podczas lotu statku „Saljut”. Nasiona te charakteryzowały się istotnie wyższą energią

kiełkowania i wyższym indeksem mitotycznym siewek w porównaniu z nasionami kontrolnymi, przechowywanymi na Ziemi. Stwierdzono też w nasionach „z kosmosu” wzrost wolnych aminokwasów i oligosacharydów (KUDAŠOVA i in. 1976).

6.1.16.4.4. Egzogenne regulatory wzrostu

Kwas β -indoliloctowy w koncentracji 5-500 mg/l wykazuje hamujący wpływ na szybkość kiełkowania nasion w okresie od 5 do 10 dni po umieszczeniu ich na kiełkowniku. Wpływ ten był redukowany po dodaniu do roztworu kwasu l-askorbinowego i GA w stężeniu 100 mg/l (SIMANČIK 1967).

Przedsięwzięte moczenie nasion w roztworach witamin B₁, B₂, B₆ i PP w preparacie 2,4-D i w IAA nie miało wpływu na zdolność kiełkowania nasion, przyczyniło się jednak do podwyższenia udziału standardowych siewek od 11 do 28% (MAMONOV i SMUROVA 1978).

Silnie inhibujący wpływ na kiełkowanie nasion sosny wywiera kwas ABA w stężeniu 10^{-3} M, ale w stężeniu 10^{-4} M już tego wpływu nie notowano (RYPÁK i KAMENICKÁ 1986).

6.1.16.4.5. Mikro- i makroelementy

Traktowanie nasion sosny roztworami miedzi (CuSO₄), boru (H₃BO₃), manganu (MnSO₄), cynku (ZnSO₄), kobaltu (CoSO₄) i molibdenu (NH₄)₂MoO₄ w koncentracjach od 0,005 do 0,5% nie stymulowało ich kiełkowania. Notowano jedynie wzrost suchej masy siewek o 29% w stosunku do kontroli po moczeniu nasion przez 18-20 godzin w roztworze CuSO₄ o stężeniu 0,01%, wzrost suchej masy siewek o 17-26% po traktowaniu (NH₄)₂MoO₄ w stężeniu 0,01-0,05%, wzrost suchej masy siewek o 15-19% po traktowaniu H₃BO₃ lub MnSO₄ w stężeniu 0,03% (MARKOVA 1968).

Chlorek sodowy (NaCl) i mocznik w niskich stężeniach (0,02-0,05 M) były nietoksyczne dla kiełkujących nasion sosny. Przy stężeniach 0,1 M i wyższych wyraźnie zaznaczyło się opóźnienie kiełkowania i spadek zdolności kiełkowania nasion. Stężenie mocznika

0,2 M okazało się dla nasion śmiertelne (BARZDAJN 1986).

Azotan potasowy w niskich stężeniach (0,02-0,05 M) stymulował kiełkowanie, w wyższym stężeniu – 0,1 M opóźniał kiełkowanie, a w stężeniu 0,2 M zdecydowanie opóźnił i obniżył zdolność kiełkowania nasion o połowę (BARZDAJN 1986 i 1987).

Nawozy mineralne powszechnie stosowane do nawożenia szkółek, zmieszane bezpośrednio przed siewem z glebą ze szkółki, z glebą z warstwy ornej wytworzonej z piasku luźnego, z kompostem lub z torfem wpływały ujemnie lub dodatnio na kiełkowanie nasion, w zależności od substratu. Niekorzystnie oddziaływał superfosfat prosty w torfie i kompoście a pozytywnie w glebie mineralnej. Ujemnie wpływała sól potasowa w kompoście oraz saletra amonowa w glebie mineralnej i kompoście, mocznik w kompoście i torfie oraz siarczan amonowy w kompoście. Po wysiewie nasion do gleby, po 4 tygodniach po nawożeniu, najbardziej szkodliwie na kiełkowanie nasion działały nawozy azotowe (BARZDAJN 1987; patrz także rozdz. 5.5 i 5.6).

6.1.16.4.6. Metale ciężkie

Szyszki sosny zwyczajnej zebrane w pobliżu dużych emitorów zanieczyszczeń metalami ciężkimi, takimi jak cynk, ołów, kadm i miedź, charakteryzują się podwyższoną zawartością tych pierwiastków (PALOWSKI 1987b). Duża ich część zostaje przemieszczona do nasion. Stężenie cynku w nasionach pełnych, zebranych w pobliżu Huty Katowice, było około 6 razy wyższe, niż w nasionach zebranych w Białowieży, na terenie uznanym za nieskażony. Stężenie kadmu i ołowiu w nasionach zebranych w pobliżu elektrowni Jaworzno-Maczki było odpowiednio 2- i 1,5-krotnie wyższe, niż w nasionach zebranych w Białowieży. Na terenach skażonych najwyższą koncentrację cynku stwierdzono w nasionach, ołowiu w łupinach nasiennych, a kadmu i miedzi zarówno w nasionach, jak i w łupinach nasiennych. Duża zawartość metali ciężkich w nasionach była powodem znacznego obniżenia energii

i zdolności ich kiełkowania, w porównaniu z nasionami zbieranymi w Białowieży (PALOWSKI 1987a; GRESZTA i in. 1979).

6.1.16.4.7. Allelopatia

Wodne ekstrakty substancji chemicznych (zwłaszcza w wysokich koncentracjach), zawartych w tkankach czeremchy amerykańskiej *Prunus serotina* EHRH., wykazywały hamujący wpływ na kiełkowanie nasion sosny (DROGOSZEWSKI i BARZDAJN 1984).

Podobnie lotne substancje sosny (mieszanka par terpenów) i turzycy (ze świeżo ściętych liści) w wysokich stężeniach hamowały kiełkowanie nasion, natomiast substancje sosnowe w niskim stężeniu stymulowały kiełkowanie nasion sosny (ČURKIN i STEPEN' 1983).

POPOV i POPOVA (1982) stwierdzili, że najbardziej aktywne substancje z liści brzozy, produkowane podczas lata, wpływały na podwyższenie zdolności kiełkowania nasion sosny, lecz w wysokich koncentracjach przyczyniały się do jej obniżenia. Autorzy sugerują, że allelopatyczny wpływ brzozy na sosnę jest korzystny, gdy udział brzozy w drzewostanie nie przekracza 20-25%.

Badania KUCABY (1978) i BARZDAJNA (1985) wyraźnie uwidoczniły nietolerancję sosny w stosunku do swego potomstwa, bowiem na glebie pozyskanej spod drzewostanów sosnowych nasiona sosny kiełkowały znacznie gorzej, aniżeli na glebie spod drzewostanów dębowych.

6.1.16.4.8. Odczyn podłoża

Optimum kwasowości podłoża dla kiełkowania nasion sosny mieści się w zakresie pH 4,2-4,4 (PERCY 1986, wg BROEKKE). Zdolność kiełkowania nasion pozostawała jednak bez zmian, zarówno przy pH 5,6, jak i pH 2,6 i wynosiła odpowiednio 83,6 i 82,8%. Przy kwasowości pH 3,6 PERCY obserwował istotne hamowanie wzrostu hypokotyli w porównaniu z jego wzrostem przy pH 4,6. Natomiast przy pH 4,6 długość liścieni była istotnie mniejsza (33,3 mm), niż przy pH 5,5 (35,4 mm).