

...dają korony normalne lub silnie, a przy tym pamiatające lub górujące, obradza-  
jącej nasionowej (Tyszkiewicz 1938, 1949).

W Finlandii określono opad nasion na 1 ha w ciągu 20 lat — wynosił  
on 15 kg w czystym drzewostanie nasiennej, natomiast w drzewostan-  
ie sosnowo-świerkowym z przewagą sosny opadło w tym samym okre-  
sie 12 kg nasion sosny i 20 kg nasion świerka. Jakość nasion była naj-  
wyższa w latach dobrego urodzaju (Heikinheimo 1932, 1946).

BOLESŁAW SUSZKA\*

### FIZJOLOGIA NASION

W nowszych badaniach fińskich (Savvas 1962) podjęto próbe  
określenia opadu nasion w zależności od wysokości siedlisk. W poludnio-  
-wszym opad nasion był 10-15% niższy niż w północnym.

Powstawanie nasion, ich budowa i rozprzestrzenianie (obradzanie  
szyszek i lata nasienne; rozsiewanie i wyluszczenie nasion; bu-  
dowa nasion; skład chemiczny nasion; jakość nasion). Procesy  
życiowe nasion w stanie spoczynku (stosunki wodne; oddychanie;  
żywołność). Proces kiełkowania (światło; temperatura; odczyn  
i skład chemiczny podłoża; inne czynniki ekologiczne; regulatory  
wzrostu; ultradźwięki i promieniowanie jonizujące; zmiany che-  
miczne podczas kiełkowania).

### POWSTAWANIE NASION, ICH BUDOWA I ROZPRZESTRZENIANIE

Czynnikami powstania i rozprzestrzeniania nasion są: opad nasion, urodzaj, warunki  
ekologiczne. Na mało żyznych siedliskach opad nasion był 10-15% niższy niż  
w bogatszych.

#### OBRADZANIE SZYSZEK I LATA NASIENNE

Nasiona sosny zwyczajnej powstają w rok po zapyleniu. Dopiero  
wtedy następuje zapłodnienie komórek jajowych spoczywających  
w zalążkach. W Polsce następuje to na wiosnę (Tyszkiewicz 1949),  
w północnej Szwecji natomiast dopiero w połowie lata (Håkansson  
1956). Szyszeczki, które w ciągu pierwszego roku po zapyleniu osiągnęły  
nieznaczne rozmiary, zaczynają od tego momentu szybko rosnąć i zmie-  
niają barwę z szarobrazowej na soczystozieloną. W Polsce osiągają szyszki  
ostateczne rozmiary w lipcu, do końca lata dojrzewają w nich nasiona,  
a tkanki szyszek drewnieją.

Wolno stojące drzewa zaczynają w Polsce obradzać około 15 roku  
życia, u drzew rosnących w zwarciu następuje to o około 20 lat później.  
Obfite urodzaje zdarzają się co 3—4 lata, czasem jednak również ko-  
lejno po sobie. Co roku obradza jednak przynajmniej część drzew.  
W roku dobrego urodzaju obradza znaczny odsetek drzew, średnie ilości  
szyszek na drzewie i nasion w szyszce są również większe (Tyszkiew-  
icz 1938). Między wielkością plonu szyszek a grubością drzewa istnieje  
według Tyszkiewicza prosta zależność liniowa; bez względu na ogólny  
urodzaj najsilniej obradzają drzewa najgrubsze. Drzew słabo obradza-  
jących jest w drzewostanie zazwyczaj najwięcej. Drzewa, które posia-

\* Zakład Dendrologii i Arboretum Kórnickie Polskiej Akademii Nauk, Kórnik.



dają korony normalne lub silne, a przy tym panujące lub górujące, obradają najobficiej (Tyszkiewicz 1938, 1949).

W Finlandii określono opad nasion na 1 ha w ciągu 20 lat — wynosił on 15 kg w czystym drzewostanie nasiennym, natomiast w drzewostanie sosnowo-świerkowym z przewagą sosny opadło w tym samym okresie 12 kg nasion sosny i 20 kg nasion świerka. Jakość nasion była najwyższa w latach dobrego urodzaju (Heikinheimo (1948a). Dobre lata nasienne stwierdził autor ten w Vilpula w Finlandii w 20-leciu 1927—1946 5-krotnie (1927, 1935, 1937, 1940 i 1941), lata urodzaju średniego 3-krotnie (1930, 1932, 1946) (Heikinheimo 1948b).

W nowszych badaniach fińskich (Sarvas 1962) podjęto próbę określenia opadu nasion w zależności od żyzności siedliska. W południowej Finlandii stwierdzono następujący roczny opad nasion na powierzchnię 1 m<sup>2</sup>:

typ *Calluna*, śr. wysokość drzewostanu 19 m — 40 nasion

typ *Vaccinium*, śr. wysokość drzewostanu 23 m — 60 nasion

typ *Myrtillus*, śr. wysokość drzewostanu 27 m — 90 nasion

Wymienione powyżej ilości nasion obejmują również nasiona puste. Czynnikiem ograniczającym w badaniach Sarvasa obradanie nasion, okazało się zapylenie. Na mało żyznych siedliskach opad nasion był ze względu na przedwczesne opadanie słabo zapylnych kwiatostanów o 20% niższy od plonu potencjalnie możliwego. Również w Wielkiej Brytanii stwierdzono istnienie wyraźnej korelacji między intensywnością pylenia a urodzajem nasion (Hyde 1951).

Rozwój szyszki i nasion zależy między innymi również od pory zapylenia. Z przedwczesnie (eksperymentalnie) zapylnych kwiatostanów żeńskich rozwijają się szyszki niewyrośnięte, plon takich szyszek i jakość formujących się w nich nasion są niskie. Zapylenie przeprowadzone w fazie całkowitej gotowości kwiatostanu żeńskiego, prowadzi do powstania prawidłowo rozwiniętych szyszek i nasion (Ehrenberg i Simak 1956). W wyniku samozapylenia powstają u sosny zwyczajnej nasiona gorszej jakości niż z zapylenia krzyżowego. Zdolność do wydawania nasion powstałych w wyniku samozapylenia jest cechą osobniczą uwarunkowaną dziedzicznie (Ehrenberg i Simak 1956).

W górzyskiej części Szwecji północnej (Norrland) badano w latach 1960—1962 plon nasion w 6-ciu strefach wzniesienia nad poziom morza. Wyjątkowo dobry urodzaj szyszek w latach 1959—1962 nastąpił tam po serii ciepłych okresów letnich w latach 1957—1961 (Cederstam 1963). W rejonie tym urodzaj szyszek jest zazwyczaj bardzo słaby lub też drzewa nie obradają szyszek wcale (Anonim 1945). W latach wysokiego urodzaju obradanie szyszek jest w Szwecji na południu i północy kraju mniej więcej jednakowe, a nasiona są dobrej jakości. W północnej Szwecji lata dobrego urodzaju są jednak rzadkie, a 64° szer. geogr.



pn. i 300 m n.p.m. są granicą, do której nasiona posiadają normalnie zdolność kiełkowania dochodzącą do 50%. Poza tą granicą jakość nasion obniża się gwałtownie (H a g n e r 1958).

W krajach skandynawskich podjęto pierwsze, udane zresztą, próby uniezależnienia produkcji nasion od niekorzystnych warunków klimatycznych i siedliskowych. Realizacji tego celu służą tam liczne już dziś plantacje nasienne. Obejmują one klony dobierane według takich kryteriów, które mają zapewnić wysoką wartość genetyczną produkowanego w nich materiału nasiennego. Lindquist (1943), jeden z propagatorów idei plantacji nasiennych w Szwecji przewidywał, że plantacje te umożliwią pełne pokrycie zapotrzebowania na wysokowartościowe nasiona już po kilku dziesiątkach lat. Spodziewał się on zbioru nasion w ilości 50 kg z 1 ha plantacji nasiennej rocznie. Już w bliskiej przyszłości okaże się, czy przewidywania te były słuszne.

#### ROZSIEWANIE I WYŁUSZCZANIE NASION

Łuski szyszki sosny są tak zbudowane, że ich części wewnętrzne składają się z komórek cienkościennych, a zewnętrzne z grubościennych. Wysychanie tkanki powoduje odkształcanie się łusek, a następnie ich odginanie i w efekcie „otwieranie się” szyszki. Odgięcie łusek jest u sosny tak wydatne, że większość nasion może wypaść swobodnie, a potrząśnięcie szyszkami bądź ich uderzenie umożliwia wypadnięcie nasion spod łusek mniej odgiętych (T y s z k i e w i c z i T o m a n e k 1946). W naszej strefie klimatycznej szyszki otwierają się po dostatecznym przeschnięciu na wiosnę, a nasiona rozsiewają się swobodnie. Zawartość wody w szyszkach jest w Polsce w marcu już o połowę niższa niż w grudniu (T y s z k i e w i c z i S z y m k i e w i c z 1938). Warunki ekologiczne nie zawsze i nie wszędzie sprzyjają jednak przeschnianiu i otwieraniu się szyszek. W górach północnej Norwegii łuski odginają się tak słabo, że sprawia to trudności nawet przy sztucznym wyluszczeniu nasion.

Wyluszczenie nasion z takich szyszek trzeba przedłużać tam do kilku dni, a szyszki wyjmować codziennie z wyluszczeni i przez krótki czas za każdym razem moczyć (M o r k 1957). Przy dobrej wentylacji i nieprzekraczaniu temperatury 45°C można zabieg ten powtórzyć bez żadnej szkody dla nasion nawet 10-krotnie (N o r d s t r ö m 1953a).

Sztuczne wyluszczenie nasion sosny polega na umieszczeniu poduszonych szyszek w warunkach stosunkowo wysokiej temperatury i odpowiedniej wilgotności powietrza. Optymalne warunki dla żywotności wyluszczonego nasion są zapewnione, gdy prężność pary wodnej w powietrzu wyluszczeni nie przekracza prężności, odpowiadającej ciśnieniu słupa rtęci o wysokości 40 mm, co odpowiada 40 g pary wodnej w 1 m<sup>3</sup> powietrza (T y s z k i e w i c z i T o m a n e k 1946).



Okazuje się zatem, że przy stosunkowo niskiej zawartości wody w szyszkach (do 20%), nawet temperatura 50—70°C nie obniża jakości wyłuszcanych nasion sosny, jeśli tylko w powietrzu otaczającym szyszki nie znajduje się nadmierna ilość pary wodnej. Opracowane w Polsce tablice psychrometryczne do użytku w wyłuszczeniach pozwalają na wyłuszczenie nasion w optymalnych warunkach temperatury i wilgotności powietrza (Tyszkiewicz i Tomanek 1946).

Potwierdzenie tezy Tyszkiewicza i Tomanka stanowią rezultaty uzyskane w Szwecji przez Hermelina (1958). Wyłuszczone już nasiona podzielono metodą rentgenologiczną na klasy według stopnia dojrzałości zarodka i poddano przez 16 godzin działaniu temperatur w zakresie 50—100°C, w dwóch oddzielnych seriach eksperymentalnych — przy 0% i 100% wilgotności względnej powietrza. Okazało się, że przy pełnym nasyceniu powietrza parą wodną dobrze wykształcone nasiona wykazywały uszkodzenia już w 50°C, a nasiona niższych klas jakości utraciły około połowy zdolności kiełkowania. W temperaturze 60°C wszystkie nasiona były już martwe. Przy braku pary wodnej w powietrzu natomiast odporność nasion była znacznie wyższa. Poważniejsze obniżenie zdolności kiełkowania nasion najmniej dojrzałych następowało w temperaturze 60—70°C, a w przypadku najwyższej klasy jakości dopiero w temperaturze 80—90°C. O odporności dobrze wykształconych nasion na wysokie temperatury w absolutnie suchym powietrzu, świadczy zdolność kiełkowania tych nasion po pobycie w najwyższych stosowanych w eksperymencie temperaturach:

w 80°C — 95% zdolności kiełkowania

w 90°C — 66% zdolności kiełkowania

w 100°C — 4% zdolności kiełkowania.

Tkanka prabienna nasion sosny jest na działanie wysokich temperatur bardziej odporna niż tkanki zarodka (Bartels 1958).

Ilość nasion, które wyłuszczać można z szyszek, może podlegać wahaniom w szerokich granicach. Według danych pochodzących z Polski, Niemiec, Rosji i Belgii może ona wynosić od 0,56 do 1,10 kg nasion z 1 hl szyszek lub od 0,94 do 3,00 kg nasion ze 100 kg szyszek (Tyszkiewicz 1938). W Polsce pozyskano 2,15—2,34 kg nasion ze 100 kg szyszek większych zebranych z drzew poniżej 20 lat, a 1,49—2,08 kg nasion ze 100 kg szyszek mniejszych z drzew starszych w wieku powyżej 80 lat (Sucheckii 1933).

W związku z wysychaniem szyszek w okresie od jesieni do wiosny, wagowy odsetek nasion w szyszkach wzrasta stopniowo, przy prawie niezmiennym ciężarze nasion. W Polsce wynosi on średnio 1,4—1,8% we wrześniu, a 2,0—2,7% w marcu (Kurdiani wg Tyszkiewicza 1938). Wysychanie szyszek i ich wielkość uwzględnił w swych badaniach Tyszkiewicz (1938). Podaje on, że wydajność nasion z szyszek dużych wzrastała od września do kwietnia z 1,1 do 1,8 kg, a z szy-



szek małych z 0,9 do 1,4 kg ze 100 kg świeżo zebranych szyszek.

Zabieg oddzielania skrzydełek od nasion przeprowadzany jest zazwyczaj natychmiast po wyłuszczeniu nasion z szyszek. Nasiona sosny zwyczajnej są bardzo wrażliwe na uderzenia i takie sposoby traktowania, które mogą spowodować uszkodzenia mechaniczne okrywy nasiennej i obniżyć przez to ich zdrowotność (T y s z k i e w i c z 1938; H u s s 1950). Nasiona uszkodzone przy odskrzydlaniu nie reagują na działanie światła słonecznego czy ultrafioletowego, które stymulują kiełkowanie (N o r d s t r ö m 1953b). Urządzenia odskrzydlające i oczyszczające powinny być zatem tak skonstruowane, aby procent nasion uszkodzonych mógł być jak najniższy.

#### BUDOWA NASION

Dojrzałe nasiona sosny spoczywają parami na łuskach nasiennych i składają się z nasienia właściwego i obejmującego je kleszczowato, lecz nie przyrośniętego, błoniastego skrzydełka. Nasienie zawiera zarodek (nowy sporofit), w którym można wyróżnić korzeń zarodkowy, część podliścieniową (hypokotyl), kilka liścieni i znajdujący się między nimi pączek zarodkowy. Zarodek otoczony jest haploidalną tkanką prabielmą. Prabielmą, zwykle choć nieprawidłowo nazywane bielmem, jest tkanką miękką, której komórki są wypełnione zapasowymi materiałami pokarmowymi. Prabielmą powstaje w woreczku zalążkowym (gametoficie żeńskim) bez udziału podwójnego zapłodnienia, jak to ma miejsce u roślin okrytozalążkowych. Po zapłodnieniu rozrasta się ono przez pewien czas i absorbuje tkankę ośrodka (makrosporangium), która w dojrzałym nasieniu zredukowana jest do cienkiej błony otaczającej prabielmą. Błona ta i wszystkie pozostałe, na zewnątrz niej pozostające części nasienia pochodzą z diploidalnych tkanek drzewa (sporofitu) macierzystego. Zewnętrzzną ścianę nasienia tworzy okrywa nasienna, powstała z osłonki zalążka (M a l i n o w s k i 1953).

Okrywa nasienna ma kształt podłużnie sercowaty i niesymetryczny. Mimo pokrycia warstewką wosku nie stanowi ona przeszkody w pobieraniu wody przez nasienie. Chłonec silniej wodę z otoczenia niż znajdujące się pod nią prabielmą, okrywa nasienna zapewnia stały dopływ wody w fazie pęcznienia nasienia (B a r t e l s 1956). U nasion suchych tworzy się zwykle między okrywą nasienną a prabielmą komora powietrzna. Podczas pęcznienia w wilgotnym środowisku lub w wodzie woda absorbowana przez okrywę nasienną wypełnia stopniowo komorę i wypiera z niej powietrze, opuszczające zatopione nasiona w postaci pęcherzyków. Nasiona suche pływają zatem na wodzie, podczas pęcznienia toną one stopniowo. Właściwość tę wykorzystano w metodzie sortowania nasion w wodzie (S i m a n ċ i k 1962a, 1965).

Skrzydełko, dzięki swej lekkości, swemu kształtowi i stosunkowo du-



zej powierzchni umożliwia wirowy lot nasienia w powietrzu, a tym samym przyczynia się do przenoszenia i rozsiewania nasion na większe odległości (Ligacze w 1963). Kontur skrzydełka jest cechą specyficzną dla drzewa macierzystego.

W badaniach prowadzonych w Szwecji (Simak 1953b) wykazano, że pokrój nasienia i kształt mikropylarnego (ostrzejszego) końca są właściwościami charakterystycznymi dla drzewa macierzystego, a niezależnymi od wpływów środowiska. Bezwzględne rozmiary nasion natomiast są stosunkowo zmienne. Nasiona pełne są dłuższe od pustych, długość nasion wzrasta wraz z długością szyszki. W pojedynczej szyszce nasiona są największe w części środkowej, najmniejsze u jej podstawy. Nasiona powstałe w szyszkach z południowej części korony są większe, niż nasiona z pozostałych rejonów korony (Simak 1953a).

Indywidualne różnice między nasionami różnych drzew dostrzeżono już stosunkowo dawno (Kurdiani 1908, wg Tyszkiewicza 1938), sądzono jednak wówczas, że nie tylko kształt, ale i barwa nasienia są dziedzicznie uwarunkowane. Zbadanie tego zjawiska zostało umożliwione przez wykorzystanie metody szczepienia sosny. Pozwoliło to na zbadanie różnych właściwości, w tym również właściwości szyszek i nasion, w zupełnie odmiennych w porównaniu z miejscem pochodzenia warunkach ekologicznych. Klony sosny przeniesione z północnej i środkowej Szwecji w okolice Sztokholmu charakteryzują się w nowym miejscu nasionami wyższej jakości niż drzewa macierzyste tych klonów, rosnące na naturalnych stanowiskach (Simak i Gustafsson 1954). Okazało się zatem, że szereg istotnych cech nasion, między nimi cecha tak zasadnicza jak stopień rozwoju prabielma i zarodka, mogą być skutecznie modyfikowane przez czynniki ekologiczne.

W niekorzystnych warunkach środowiska, zwłaszcza w rejonach o zbyt niskiej sumie ciepła w okresie letnim w północnej Europie i Azji, rozwój zarodków przebiega zazwyczaj anormalnie. Często są tam nasiona pozbawione zarodka, nasiona z kilkoma (2 lub 3) zarodkami zatrzymanymi we wczesnych fazach rozwoju lub też nasiona z jednym wprowadzonym lecz niewyrosniętym zarodkiem. Zjawisko to zauważono i zbadano najwcześniej w Finlandii lecz szczegółowo zanalizowano je w Szwecji, dzięki zastosowaniu fotografii rentgenowskiej (Müller-Olsen i Simak 1954). W oparciu o morfologię i stopień rozwoju wyróżniono tam 5 klas jakości zarodka (0, I, II, III i IV) i 2 klasy prabielma. Zjawisko niewykształcania zarodków stwierdzono również w ZSRR na materiale nasiennym pochodzącym z najdalej na północy położonych stanowisk sosny zwyczajnej (Prawdin 1964).

Barwa nasion sosny jest w Polsce najczęściej czarna, brązowa lub pstra, rzadziej szara lub płowa (Tyszkiewicz 1949), nasiona puste są najczęściej zupełnie jasne. Nasiona drzew pojedynczych posiadają jednolitą barwę. Z badań szwedzkich nad nasionami z drzew szczepio-



nych wynika jednak, że barwa nasienia i skrzydełka są cechami związanymi w znacznym stopniu ze środowiskiem i przez nie modyfikowanymi (Simak i Gustafsson 1954). W Związku Radzieckim stwierdzono, że nasiona jaśniejsze przeważają na siedliskach suchych, nasiona ciemne na wilgotnych (Czerepnin 1964).

#### SKŁAD CHEMICZNY NASION

Zarodek sosny otoczony jest tkanką prabielmą, w której nagromadzone są zapasowe substancje pokarmowe. U roślin nagozalążkowych wyróżniono dotąd trzy zasadnicze typy prabielm: tłuszczowo-aleuronowe, aleuronowe i skrobiowe. Rodzaj *Pinus* i prawie wszystkie inne rodzaje rodziny *Pinaceae* posiadają prabielmę tłuszczowo-aleuronową (Burgenstein 1900 i Söderberg 1954, według Hegnauera 1962).

Ilość substancji tłuszczowych jest w nasieniu sosny zwyczajnej bardzo wysoka i może się wahać od 28 do 33,5% w zachodniej i środkowej Europie (różni autorzy, wg Kantora i Simančika 1966), natomiast w Europie wschodniej może przekraczać w południowych proveniencjach 39% (Prawdina 1964). Tłuszcze licznych gatunków z rodziny *Pinaceae* zawierają nienasycone kwasy tłuszczowe. Eckley (wg Hegnauera 1962) stwierdził, że w nasionach 9 gatunków sosen łączna ilość nasyconych kwasów tłuszczowych nie przekracza 1—10%, natomiast kwasy nienasycone występują w pokaźnych ilościach: olejowy w 12—58%, linolowy w 31—72% i linolenowy w 5—28%. Wszystkie dotychczasowe badania wykazały, że w rodzinie *Pinaceae* kwasy olejowy, linolowy i linolenowy są głównymi kwasami tłuszczowymi w nasionach (Hegnauer 1962).

Prawie cały azot jest w spoczynkowych nasionach sosny zwyczajnej związany z białkami, których ilość dochodzi do 34,2% suchej masy nasienia. Skrobi w spoczynkowych nasionach sosny zwyczajnej dotąd nie wykazano (Räder-Roitsch 1957). Ogólna ilość cukrów dochodzi w tych nasionach według tego autora do 4,5% w stosunku do ich suchej masy.

#### JAKOŚĆ NASION

Jakość nasion wyznaczają takie właściwości jak ciężar i rozmiary, stopień rozwoju zarodków i prabielm, ich żywotność oraz wydajność siewek.

Przyczyny zmienności ciężaru nasion mogą być różne. Mogą być one związane z wielkością szyszek, z położeniem nasienia w szyszce i pozycją szyszki w koronie drzewa. Należy tu stwierdzić, że wyniki prac różnych



badaczy nie są pod tym względem zgodne. W południowej Rosji stwierdzono, że najcięższe nasiona pochodzą z środkowej strefy korony (K a p p e r 1924), w Niemczech natomiast najcięższe nasiona zbierano w strefie dolnej (A c a t a y 1938).

W Szwecji stwierdzono, że w drzewostanie rosnącym w warunkach sprzyjających produkcji nasion ciężar 1000 nasion z szyszek najmniejszych (dł. 2,1—2,5 cm) wynosił 3,77 g, a z szyszek największych (dł. 4—5 cm) aż 5,2 g (S t e f a n s s o n 1946).

Duże zróżnicowanie ciężaru nasion stwierdzono na niewielkich obszarach w związku z różnorodnością występujących tam typów lasu (P r a w d i n 1964), stopniem zwarcia drzewostanów, z wiekiem drzew i warunkami pogody (C z e r e p n i n 1964). Przy porównywaniu nasion pochodzących z różnych stanowisk, rozrzuconych na wielkich obszarach, uwidacznia się natomiast zależność ciężaru nasion od szerokości geograficznej i wysokości nad poziomem morza (T y s z k i e w i c z 1939, P r a w d i n 1964, C z e r e p n i n 1964) i związanych z tym warunkami klimatu, a zwłaszcza gleby i temperatury powietrza. W rejonach, w których następuje zaostrzenie się warunków klimatycznych zimy, a obniżanie się ciepłoty w okresie wegetacji, średni ciężar nasion maleje. Wyliczone na podstawie danych T y s z k i e w i c z a (1939) średnie wieloletnie ciężaru 1000 nasion sosny zwyczajnej w poszczególnych okręgach nasiennych przedwojennej Polski są przykładem takiej prawidłowości:

|                               |        |
|-------------------------------|--------|
| okręg wołyński                | 6,35 g |
| okręg mazowiecki              | 6,26 g |
| okręg małopolski              | 6,15 g |
| okręg wielkopolsko-pomorski   | 6,10 g |
| okręg poleski                 | 6,09 g |
| okręg augustowsko-białowiecki | 5,86 g |
| okręg wileński                | 5,66 g |

Na obszarze Związku Radzieckiego ciężar nasion sosny zwyczajnej może się wahać w bardzo szerokich granicach. Ciężar 1000 nasion proveniencji północnych i dalekowschodnich spada do 4—5 g, u niektórych proveniencji położonych na południowej granicy zasięgu dochodzi do 10—11 g (P r a w d i n 1964).

W przypadku nasion sosny zwyczajnej pochodzenia szwedzkiego stwierdzono (dzięki zastosowaniu metody fotografii rentgenowskiej) wyraźne korelacje dodatnie między stopniem dojrzałości zarodka a wielkością i ciężarem nasienia. Dotyczą one jednak wyłącznie nasion zbieranych z drzew indywidualnych. W próbach nasion pochodzenia mieszanego ciężar nasion nie jest miernikiem dojrzałości zarodka (S i m a k 1955).

Wyraźny związek zachodzi między ciężarem nasion a wielkością szyszek, im mniejsze są bowiem rozmiary szyszek, tym lżejsze są zawarte w nich nasiona (K o c z k a r 1950, H e i t i E l i a s o n 1940).



W badaniach nad nasionami sosny zwyczajnej, z drzew pojedynczych z Szwecji środkowej stwierdzono, że ze wzrostem ciężaru szyszki wzrasta ilość i wielkość nasion w szyszce. Spośród szyszek o tym samym ciężarze szyszki bogatsze w nasiona zawierają nasiona mniejsze (Simak 1953a). Dalsze czteroletnie badania nad szyszkami z tych samych drzew wykazały ponadto, że ilość nasion wzrasta z wielkością szyszki według zależności liniowej, a ilość nasion pustych maleje, co oznacza wzrost czystości plonu. W badaniach tych (Simak 1960) stwierdzono następujące ilości nasion w szyszce w zależności od jej ciężaru:

| ciężar szyszki<br>(sucha masa) | ilość nasion |
|--------------------------------|--------------|
| 6 g                            | 33—68        |
| 4 g                            | 24—47        |
| 2 g                            | 14—26        |
| 1 g                            | 7—16         |

Rozmiary i ciężar nasion oraz stopień rozwoju zarodka nie wystarczają jeszcze do określenia jakości nasion, pojmowanej w znaczeniu ich pełnej, biologicznej wartości. Podstawowym warunkiem do zaliczenia do klasy wysokiej jakości musi być wysoka energia i zdolność kiełkowania tych nasion.

W szyszce sosny zwyczajnej jakość nasion zmniejsza się od wierzchołka ku podstawie, nasiona z dolnej części szyszki są zwykle bezużyteczne (Damianni 1964).

Poglądy na znaczenie położenia szyszki w koronie drzewa dla jakości zawartych w niej nasion są rozbieżne. W Niemczech wykazano, że nasiona z dolnej i górnej strefy korony nie różnią się jakością (Zentsch 1961), natomiast w Rumunii najwyższą jakością odznaczały się nasiona z zachodniej strony korony, jakość nasion zmniejszała się tam stopniowo ku podstawie korony, (Damianni 1964).

Wiek drzew nie wpływa, jak się wydaje na jakość produkowanych przez nie nasion. Wynika to z badań przeprowadzonych w białoruskiej części Puszczy Białowieskiej nad nasionami sosen w wieku od 100 do 240 lat (Azniew 1960). Podobne rezultaty uzyskano w badaniach nad nasionami z drzew 300-letnich w północnej Szwecji i z drzew ponad 250-letnich w północnej Norwegii (Lindroth 1943, Mork 1957). W Niemczech stwierdzono, że nasiona z drzew starych są zazwyczaj lepsze, niż nasiona z drzew młodszych (Strohmeier 1938).

W sposób najbardziej istotny decydują o jakości nasion warunki klimatyczne, co dostrzeżono najwcześniej w Finlandii i Szwecji. W surowych warunkach dalekiej północy drzewa obradzają stosunkowo rzadko, a pozyskane z nich nasiona charakteryzują się wyjątkowo niską jakością.

W warunkach Polski nasiona o pełnej zdolności kiełkowania można wyłuszczyć już z szyszek zebranych we wrześniu. Nie nadają się one jednak do dłuższego przechowywania ze względu na wysoką zawartość



wody. Nasiona najwyższej jakości pozyskuje się w Polsce i Czechosłowacji przez wyluszczenie dobrze przeschniętych szyszek zebranych zimą (Tyszkiewicz 1949, Kasalický 1952, Kasalický i Machaniček 1965).

Zupełnie inaczej przedstawia się zagadnienie pory zbioru szyszek i jakości pozyskanych z nich nasion w północnych rejonach Skandynawii. Ze względu na rychły początek zimy pora ta przypada tam na okres jesienny. Szyszki charakteryzują się wtedy jeszcze wysoką zawartością wody, a zarodki są niedostatecznie wyrosnięte. Szyszki pozostawione na drzewach do wiosny zawierają również nasiona niskiej jakości, natomiast w nasionach z szyszek zebranych jesienią i przechowywanych przez kilka miesięcy w temperaturze około 10°C, zachodzi proces dalszego dojrzewania zarodków. Odbija się to korzystnie na żywotności i zdolności kiełkowania tak traktowanych nasion (Stefansson 1951, 1953, Edlund 1959, Nordström 1955, Mork 1957).

Przyczynę niedostatecznego rozwoju zarodków w nasionach powienności północnych dostrzega Mork (1957) w zbyt niskiej sumie ciepła w okresie czerwiec—październik. Potwierdzeniem tej tezy są, zdarzające się niekiedy, przypadki zbioru pełnowartościowych nasion po wyjątkowo ciepłym lecie, nawet w północnej Szwecji (Nordström 1955).

Biorąc pod uwagę ukształtowanie pionowe terenu, to strefa, poza którą nie należy się w Szwecji spodziewać nasion o żywotności wyższej od 50% obniża się coraz bardziej w miarę przesuwania się na północ, sięga ona:

do 550 m n.p.m. między 60 a 61,9° szer. geogr. pn.,

do 500 m n.p.m. między 62 a 63,9° szer. geogr. pn.,

do 425 m n.p.m. między 64 a 66,9° szer. geogr. pn.

Poza tą strefą, nasiona o żywotności dochodzącej do 50% można uzyskać tylko z wielkich, dobrze rozwiniętych szyszek (Tirén 1946).

Wyraźną poprawę jakości nasion stwierdzono u klonów sosny zwyczajnej północnego pochodzenia, rosnących na plantacjach nasiennych, położonych w rejonach o łagodniejszym klimacie. W doświadczeniach przeprowadzonych w południowej Szwecji (prow. Skåne) na 6—8-letnich szczepach wykazano, że dzięki korzystniejszym warunkom klimatycznym jakość szyszek i nasion była wyższa u szczepów niż u drzew macierzystych. Wyższe niż u drzew macierzystych były:

objętość szyszki o 67% ciężar 1000 nasion o 60%

ciężar szyszki o 60% ogólna liczba nasion

w szyszce o 11%

długość szyszki o 20% liczba nasion pełnych

szerokość szyszki o 16% w szyszce o 9%

Żywotność nasion ze szczepów osiągnęła 78%, wobec 12,3% w przypadku nasion z drzew macierzystych. W dwuletnich badaniach wzrost ciężaru 1000 nasion i ilości pełnych nasion w szyszce były na szczepach



w obydwu sezonach podobne. Szczepy pochodzące z północy nie różniły się od szczepów szybkoorosnących ze Szwecji południowej pod względem właściwości szyszek i jakości nasion (Johnson i inni 1953). Simak i Gustafsson (1954) stwierdzili, że wyraźnej poprawie podlegała na szczepach jakość zarodków, zwłaszcza wtedy, gdy w grę wchodziły klony pochodzące z rejonów północnych, u których w naturze nie stwierdzono w ogóle zarodków klasy najwyższej (IV), tj. całkowicie rozwiniętych. Zdolność kiełkowania nasion ze szczepów była wyraźnie i dodatnio skorelowana ze stopniem dojrzałości zarodków.

W roku 1957 przeprowadzono w Szwecji badania nad szyszkami i nasionami, zebranymi z 12-letnich szczepów, reprezentujących drzewa doborowe rosnące w naturze na wysokościach 225—700 m n.p.m. Plantacja szczepów znajdowała się w prowincji Västernorrland. Przy średnim plonie 86,8 szyszek na szczepie (z indywidualnych szczepów zbierano od 0 do 200 szyszek), średnia ilość nasion pełnych w szyszce doszła do 13,2 nasion, przy wahaniach od 4,4 do 20,7 nasion dla poszczególnych klonów. I w tym przypadku zdolność kiełkowania i ciężar nasion były w przypadku klonów z większych wysokości znacznie wyższe u szczepów, niż na naturalnych stanowiskach (Hadders i Åhgren 1958).

## PROCESY ŻYCIOWE NASION W STANIE SPOCZYNKU

### STOSUNKI WODNE

W warunkach naturalnych nasiona sosny zwyczajnej zawierają w okresie jesiennej dorzałości 20—30% wody, w okresie wiosennego rozsiewania natomiast już tylko 10—15% (Messer 1959, Schönborn 1964).

Zawartość wody w nasionach sosny zwyczajnej, bezpośrednio po wyłuszczeniu nie przekracza 5—7% świeżej masy. Stwierdzono to w Czechach po łuszczeniu szyszek przeprowadzonym bezpośrednio po zbiorze, w okresie od września do kwietnia. Notowana po niektórych terminach zbioru szyszek zawartość wody, dochodząca w wyłuszczonych nasionach do 3,5—4%, nie powodowała szkodliwych skutków dla żywotności tych nasion. Nasiona wyłuszczone z szyszek przechowywanych zimą po zbiorze, zawierały więcej wody, bo 6,8—8,6% (Kasalický i Machaniček 1965).

Po zanurzeniu w wodzie nasiona sosny pęcznieją bardzo szybko, osiągając po 24 godzinach 90% pełnej pojemności wodnej (Karlberg 1953, Rohmeder 1951). Maksymalną ilość wody pobierają nasiona w ciągu 3—4 dni moczenia (Rohmeder 1951). Absolutna ilość pobranej wody jest, jak się wydaje, niezależna od typu zarodka i wynosi w Szwecji 2,4—2,8 mg wody w jednym nasieniu po 4 dniach moczenia (Ehrenberg i inni 1955).



Pęcznienie nasion jest procesem zależnym od temperatury, a zdolność pobierania wody wzrasta przy podwyższaniu temperatury wody (Rohmeder 1951, Messer 1960). Pobieranie wody przebiega z jednakową szybkością w liścieniowej i korzeniowej strefie nasienia (Zentsch 1960). Nasiona suche chłoną wodę bezpośrednio z atmosfery, osiągając po około 48 godzinach stan równowagi z atmosferą o określonej wilgotności i temperaturze. W toku badań, w których nasiona przebywały w powietrzu o różnej wilgotności względnej (od 3 do 97%) w temperaturze 10°C okazało się, że wilgotność powietrza otaczającego nasiona (zbiornik, pomieszczenie), wyższa od 40% jest dla nasion szkodliwa (Bartels 1956).

Moczenie nasion w wodzie obniża ich żywotność. Wykazano to w Czechosłowacji (Simančík i Berta 1964), przy zastosowaniu różnych wariantów temperatury wody w zakresie 1—40°C i czasu moczenia od 1 do 6 dni. Beztlenowy sposób oddychania i związane z tym obniżenie poziomu cukrów jest przyczyną spadku żywotności moczonych nasion. Simančík i Berta przestrzegają zatem przed moczeniem nasion w roztworach podczas badań nad oddziaływaniem związków rozpuszczalnych w wodzie. Bardziej poprawne wydaje się umieszczanie nasion na podłożu, do którego dany roztwór może podsiąkać.

Nawet całkowicie napęczniałe nasiona sosny są, aż do momentu przecięcia okrywy przez rosnący korzeń, niewrażliwe na obniżenie zawartości wody, nawet do poziomu wyjściowego (Rohmeder 1951). Nasiona sosny o normalnej zawartości wody i wysokiej jakości można wysuszyć w temperaturze pokojowej za pomocą suchego powietrza prawie całkowicie, tj. do 0,1% zawartości wody w świeżej masie, bez jakiegokolwiek szkodliwego wpływu na ich żywotność. Przy tak niskiej zawartości wody nasiona kiełkują w bardzo wysokim procencie po wysiewie następującym natychmiast po wysuszeniu, jak i po półrocznym przechowywaniu (Schönborn 1964).

#### ODDYCHANIE

U nasion o różnej zdolności kiełkowania stwierdzono wyraźnie różnice pobierania tlenu po upływie 48 godzin od chwili rozpoczęcia pęcznienia w wodzie. Po 24 godzinach różnic tych jeszcze nie notowano. Najsilniej pobierały tlen nasiona o najwyższej energii kiełkowania. Jeszcze wyraźniej uwidocznił się związek między intensywnością procesu oddychania i zdolnością kiełkowania nasion po uwzględnieniu zawartości wody. Przy jednolitym poziomie zawartości wody najbardziej intensywnie oddychały nasiona o najwyższej zdolności kiełkowania. Korelacja między żywotnością nasion a ich oddychaniem nie była jednak na tyle wyraźna, aby na podstawie zużycia tlenu można było określić żywotność nasion (Hatanó 1957).



Zagadnieniem zmiany sposobu oddychania z tlenowego na beztlenowy po zanurzeniu nasion sosny w wodzie zajęli się szczegółowo S i m a n-  
 ě i k i B e r t a (1964). Pęcznienie nasion, które autorzy ci uważają za  
 pierwszą fazę kiełkowania, charakteryzuje podwyższenie intensywności  
 oddychania i zużywanie zasobów cukrów redukujących. Cukry te są  
 transportowane z bielma do zarodka przy równoczesnej enzymatycznej  
 przemianie cukrów nieredukujących na redukujące w prabielmie i za-  
 rodku. Przy dalszym pozostawianiu nasion pod wodą rozpoczyna się pro-  
 ces enzymatycznej przemiany tłuszczów na cukry. Proces ten wymaga  
 dostarczenia tlenu z zewnątrz, co w warunkach zanurzenia nasion  
 w wodzie nie jest możliwe. Z tej przyczyny następuje szybkie zużycie  
 cukrów zapasowych i obniżenie żywotności nasion.

Liczne próby polegające na moczeniu nasion sosny w wodzie przed ich  
 wysiewem, nie dały żadnych korzystnych wyników. Moczenie w wodzie  
 stojącej lub bieżącej przez 1—5 dni uznano w Niemczech i W. Brytanii  
 za zabieg całkowicie bezużyteczny (H o l m e s 1950 i 1952, S c h u b e r t  
 i inni 1960).

N y m a n (1963) uwzględnił proces oddychania podczas swych badań  
 nad wpływem światła na kiełkowanie nasion sosny zwyczajnej. Okazało  
 się, że skutki oddziaływania fal świetlnych z określonych wycinków  
 widma (spektrum działania) były podobne zarówno w odniesieniu do  
 intensywności oddychania nasion i podziałów mitotycznych, jak i do wi-  
 docznego kiełkowania. Procesy te mogą nastąpić dopiero po naświetleniu  
 nasion i rozpoczynają się zawsze w tej samej kolejności. Jak z tego wy-  
 nika, są one ze sobą wzajemnie skorelowane, a między nimi zachodzi  
 ścisły związek. Stymulacja oddychania jest indukowana przez światło  
 czerwone zawsze przed podjęciem aktywności mitotycznej, co jest do-  
 wodem, że naświetlenie wyzwała oddychanie wcześniej niż pozostałe  
 elementy składowe procesu kiełkowania. Podczerwień hamuje indukcję  
 spowodowaną światłem czerwonym. Okazało się ponadto, że układ  
 „czerwień — daleka czerwień” oddziaływał w sposób podobny na od-  
 dychanie beztlenowe, jak i na oddychanie nasion w obecności tlenu.

#### ZYWOTNOŚĆ

Terminem „żywotność” oznaczamy zdolność nasion do objawiania  
 w odpowiednich warunkach właściwych im procesów życiowych, a przede  
 wszystkim do podejmowania kiełkowania i wydawania normalnych  
 siewek.

Jednym z czynników obniżających tak rozumianą żywotność są  
 uszkodzenia mechaniczne. Przy sztucznym wywoływaniu uszkodzeń  
 ustalono, że w zależności od stopnia uszkodzenia skutki były również  
 zróżnicowane. Stwierdzano zatem: osłabienie kiełkowania i obniżenie  
 jakości zarodków i siewek, poważne osłabienie kiełkowania bądź też  
 jego całkowity brak. Podatność na uszkodzenia wzrastała proporcjonalnie



do ciężaru nasion. Po przechowywaniu wrażliwość ich wzrastała tym bardziej, im niższa była temperatura przechowywania w zakresie od 25 do  $-25^{\circ}\text{C}$ . Nasiona napęczniałe były najbardziej wrażliwe na uszkodzenia po 2 godzinach pęcznienia (Nilsson 1963).

Wykrywanie ukrytych uszkodzeń mechanicznych stało się możliwe przez zastosowanie fotografii rentgenowskiej przy użyciu  $\text{BaCl}_2$  jako środka kontrastowego. Związek ten nie wnika do wnętrza nasion nieuszkodzonych. Za pomocą tej metody wykazano, że po 5 latach przechowywania w najbardziej korzystnych warunkach, największy spadek zdolności kiełkowania charakteryzował nasiona uszkodzone. Przemawia to za przeznaczaniem do przechowywania wyłącznie nasion najwyższej jakości (Kamra 1963).

Podczas wieloletniego przechowywania nasion sosny stwierdzono, w miarę upływu czasu, obniżkę szybkości kiełkowania, a nawet — przy niezmienionej zdolności kiełkowania — spadek energii kiełkowania. U nasion takich maleje też zdolność do szybkiego pęcznienia, a wzrasta liczba kwasowa (Göcksin 1942, Vincent 1948).

Tyszkiewicz (1949) badał w latach 1935—38 zmiany energii i zdolności kiełkowania nasion sosny o różnej zawartości wody (od 6,2 do 16,4%). Nasiona te przechowywano w zamkniętych zbiornikach przy różnych temperaturach (od  $-2$  do  $25^{\circ}\text{C}$ ). W ciągu 3-letniego okresu przechowywania, pełną zdolność kiełkowania zachowały jedynie nasiona podsuszone (6,2% wody) i normalnie suche (7,4% wody) i to tylko w najniższej z zastosowanych temperatur ( $-2$  do  $2^{\circ}\text{C}$ ). W tychże warunkach stwierdzona została najniższa intensywność oddychania nasion.

Dzisiaj wiadomo już, że przez przechowywanie podsuszonych nasion sosny w obniżonej temperaturze, w zamkniętych szczelnie zbiornikach, można znacznie przedłużyć ich żywotność. W Finlandii przechowywano w ten sposób nasiona przez 10—15 lat; po 15 latach nasiona te kiełkowały w 47% w ciągu 21 dni (Ahola 1951). W Szwecji przechowywano nasiona sosny bez obniżenia ich zdolności kiełkowania przez 13—15 lat w temperaturze  $5-6^{\circ}\text{C}$  (Tirén 1942).

Podczas przechowywania nasion w zamkniętych zbiornikach nie ustają procesy oddechowe. W ich wyniku następuje obniżenie stężenia tlenu i podwyższenie stężenia dwutlenku węgla w przestrzeni pomiędzy i ponad nasionami. Stężenie  $\text{CO}_2$  wzrastało w badaniach Tyszkiewicza (1949) wraz ze wzrostem zawartości wody w nasionach i podwyższaniem temperatury przechowywania. W najbardziej korzystnych warunkach, tj. w obniżonej temperaturze i przy niskiej zawartości wody w nasionach, stężenie  $\text{CO}_2$  dochodziło do 3%, a przekroczeniu 4% stężenia  $\text{CO}_2$  towarzyszyło zwykle wydatne obniżenie zdolności kiełkowania. Jedynie nasiona nieco za wilgotne (10,8% wody), przechowywane w najniższej temperaturze ( $-2$  do  $2^{\circ}\text{C}$ ), zachowały przez rok dość wysoką zdolność kiełkowania (84%). Przechowywanie nasion sosny przez 1 rok



w atmosferze całkowicie pozbawionej tlenu lub w czystym CO<sub>2</sub> nie obniżało w najmniejszym stopniu zdolności kiełkowania (Tyszkiewicz 1949).

Częściowa próżnia, w której umieszczano nasiona na krótki okres czasu, nie obniżała zdolności kiełkowania nasion sosny. Z suszek suszonych w częściowej próżni, w temperaturach 80—150°C wyluszczone nasiona o wysokiej zdolności kiełkowania. Nasiona powietrznie suche natomiast, przechowywane w częściowej próżni, w temperaturach 50—80°C zachowywały żywotność tylko przez 15—20 minut (Bogdanow 1962).

Warunkiem długotrwałego zachowania żywotności nasion jest obniżenie temperatury do określonego poziomu. Wahania temperatur okazały się szkodliwe dla nasion przechowywanych w warunkach naturalnych w Norwegii w piasku, lub bez niego w zbiornikach otwartych lub zamkniętych (Mork 1951). W warunkach fińskich wystawienie nasion na okres 5 dni na działanie zmian temperatury, odtworzonych zgodnie z ich przebiegiem w naturze, obniżyło zdolność kiełkowania (Vartaja 1954).

Zawartość wody w nasionach jest czynnikiem, wpływającym w sposób istotny na zachowanie żywotności. Tyszkiewicz (1949) twierdzi, że większa zawartość wody obniża żywotność nasion tym bardziej, w im wyższej temperaturze są one przechowywane. Również Huss (1954) uznał zawartość wody w nasionach za główny czynnik, decydujący o żywotności przechowywanych nasion wtedy zwłaszcza, gdy temperatura jest wyższa od 0°C. Z prac wielu autorów wynika, że w miarę obniżania zawartości wody w nasionach sosny zwyczajnej wzrasta znacznie zdolność przechowywanych nasion do znoszenia niskich temperatur (Tyszkiewicz 1949, Huss 1954, Holmes i Buszewicz 1954, Schönborn 1964). Nasiona o zawartości wody niższej niż 8% mogą według Schönborna (1964) być przechowywane bez strat do 5 lat w temperaturze stałej, w zakresie 2—4°C. Dłużej niż 5 lat można zachować pełną żywotność nasion przez podsuszenie ich do 6% zawartości wody i przechowywanie w tej samej temperaturze, korzystniejsze są jednak temperatury poniżej 0°C w zakresie od —4 do —10°C, lub temperatury jeszcze niższe. Zachowanie żywotności nasion sosny na niezmiennym poziomie przez bardzo długi okres czasu wymaga już obniżenia zawartości wody w nasionach poniżej 5% i przechowywania w temperaturze —10°C, lub jeszcze niższej (Heit i Eliason 1940, Huss 1954, Schönborn 1964). Podstawowym warunkiem skuteczności opisanych powyżej metod jest zabezpieczenie nasion przed jakimikolwiek zmianami zawartości wody przez umieszczenie ich w szczelnie zamkniętych pojemnikach.

Barton (1941) stwierdziła, podczas badań nad jednym z amerykańskich gatunków sosny (*Pinus palustris* Mill.), że w niekorzystnych wa-



runkach nasiona tracą tym szybciej żywotność, iż niższa jest ona w chwili rozpoczynania przechowywania. Raz zapoczątkowany proces zamierania nasion jest według Barton nieodwracalny i prowadzi szybko do śmierci wszystkich nasion. Wynika stąd postulat przechowywania jedynie nasion najwyższej jakości.

Nieznaczone nawet obniżenie żywotności nasion, spowodowane przez niewłaściwe warunki przechowywania przyczynia się do poważnego obniżenia wydajności siewek w przypadku wysiewów gruntowych. Obniżeniu zdolności kiełkowania o 10% odpowiadało w badaniach Hussa (1954) obniżenie wydajności siewek o 40%.

Żywotność nasion sosny można określić kilkoma sposobami: na podstawie próby kiełkowania, za pomocą próby barwienia lub metodą fotografii rentgenowskiej przy użyciu środków kontrastowych.

Próby kiełkowania nasion sosny zwyczajnej przeprowadza się w warunkach dla kiełkowania optymalnych, tj. w rozproszonym świetle dziennym, w temperaturze powyżej 20°C i przy odpowiedniej wilgotności podłoża. Do tego celu używa się kiełkowników Jacobsena. Mimo zaleceń ISTA (International Seed Testing Association) warunki cieplne prób kiełkowania nie są w poszczególnych krajach jednolite. W Polsce, do kiełkowania nasion sosny stosuje się temperaturę 23°C z jednorazowym na dobę, dwugodzinnym okresem podwyższenia temperatury wody w kiełkowniku do 36°C. Energia kiełkowania oznaczana jest w Polsce po 5 dniach, a zdolność kiełkowania po 10 dniach próby kiełkowania.

Tyszkiewicz (1939) obliczył średnie liczby dni, upływających od momentu wysiewu na kiełkowniku do pojawienia się pierwszych i ostatnich nasion kiełkujących. Próbkę nasion pochodziły z terenu całej Polski w jej przedwojennych granicach, ilość próbek wahała się w latach 1931/32—1936/37 od 357 do 1518. Pierwsze nasiona kiełkujące pojawiały się średnio po 2,64—3,35 dniach, ostatnie po 6,92—9,37 dniach próby kiełkowania.

Odsetek siewek przy wysiewach gruntowych, tj. wydajność siewek, jest zazwyczaj niższy od uzyskanej w warunkach laboratoryjnych zdolności kiełkowania. Według badań bułgarskich do wydajności siewek zbliżona jest bardziej wartość liczbowa energii niż zdolności kiełkowania (Petrov 1946). W Szwecji zwrócono uwagę na fakt spadku wydajności siewek z nasion przechowywanych przez dłuższe okresy czasu (Tirén 1945).

Oprócz energii i zdolności kiełkowania, określane bywa niekiedy siła wschodzenia nasion sosny zwyczajnej, tj. zdolność kiełkowania nasion pokrytych warstwą gruboziarnistego piasku lub tłuczonej cegły.

Niekiedy obliczany jest również średni czas kiełkowania nasion, wielkość szczególnie pomocna w badaniach nad przebiegiem kiełkowania nasion pod wpływem różnych czynników (Tyszkiewicz 1949, Simančik 1965). Podejmowano również próby ujęcia zdolności i szyb-



kości kiełkowania nasion sosny zwyczajnej w jednej formule (Czabator 1962).

Do oznaczania żywotności nasion sosny metodą barwienia najszersze zastosowanie znajdują obecnie dwa związki: indygokarmin, wnikaący do tkanek martwych i barwiący je na kolor niebieski (Nielubow 1929, Krzeszkiewicz 1939, Hao 1939) oraz tetrazol, czyli 2,3,5-trójfenyltetrazoliowy chlorek lub bromek, który w żywych tkankach zredukowany jest do swej barwnej (czerwonej) postaci (Lakon 1950, Holmes 1950, Holmes i Buszewicz 1954). Metoda tetrazoliowa i indygokarminowa dają stosunkowo zgodne wyniki, co dla nasion sosny zwyczajnej wysokiej jakości potwierdził Vincent (1957).

Próba barwienia jest około 8 razy bardziej pracochłonna niż próba kiełkowania. Tyszkiewicz (1939) zaproponował skróconą próbę oceny żywotności nasion sosny, polegającą na przerwaniu próby kiełkowania w 5 dniu, tj. po oznaczeniu energii kiełkowania i poddaniu zarodków wszystkich pozostałych nieskiełkowanych nasion próbie barwienia. Sposób ten, oprócz skrócenia czasu trwania próby o połowę, ma tę zaletę, że ilość nasion barwionych zmniejsza się mniej więcej dziesięciokrotnie.

W przypadku nasion pochodzenia północnego z niedojrzałymi często zarodkami, stosowana jest w badaniach naukowych metoda oznaczania jakości nasion za pomocą fotografii rentgenowskiej (Simak i Gustafsson 1953, Müller-Olsen i Simak 1954, Ehrenberg i inni 1955). Dzięki zastosowaniu tej metody wykazano istnienie ścisłego związku między stopniem wykształcenia zarodków i rozwoju prabielma a kiełkowaniem nasion podczas próby kiełkowania. Określenie stanu fizjologicznego nasion sosny zwyczajnej okazało się przy użyciu tej metody początkowo niemożliwe, ze względu na trudności w wykrywaniu uszkodzeń mechanicznych i w odróżnianiu nasion żywych od martwych (Bartels 1956). Zastosowanie środków kontrastowych, a zwłaszcza chlorku baru ( $BaCl_2$ ) do moczenia nasion przed ich sfotografowaniem, umożliwiło pokonanie tych trudności i pozwoliło na oznaczanie żywotności nasion sosny tą metodą (Simak 1957, Simak i Kamra 1963, Kamra 1963a, b, Szczerbakowa 1964).

Stosowana w opisywanej tu metodzie dawka promieniowania, około 50—100 r, jest znacznie niższa od dawki szkodliwej, wynoszącej dla nasion sosny zwyczajnej około 600—990 r (Simak i Gustafsson 1953).

#### PROCES KIEŁKOWANIA

Pierwszym przejawem rozpoczynającego się kiełkowania nasion sosny zwyczajnej jest wzrost intensywności oddychania, po czym następuje pobudzenie aktywności mitotycznej i podjęcie wzrostu przez zarodek, pozostający do tego momentu w stanie spoczynku (Nyman 1963).



Kiełkowanie nasion proweniencji środkowoeuropejskich przebiega w przeważającej większości przypadków w sposób prawidłowy, natomiast na północnych obszarach naturalnego zasięgu geograficznego sosny dochodzi, na skutek różnic stopnia wykształcenia zarodka i prąbielma, do pewnych anomalii. Część nasion z niedokształconymi zarodkami nie jest zdolna do kiełkowania (Simak 1957, Simak i Gustafsson 1957). Natomiast nasiona sosny zwyczajnej ze stanowisk alpejskich, nawet wysoko położonych, mają zarodki prawidłowo wykształcone i kiełkują normalnie w wysokim procencie (Rohmeder 1957).

W miarę pogarszania się stanu dojrzałości zarodków ulega obniżeniu również szybkość kiełkowania (Ehrenberg i inni 1955). Podobne zjawisko obserwowano podczas prób kiełkowania nasion sosny zwyczajnej, pochodzących z kontrolowanego samozapylenia (Ehrenberg i inni 1955, Ehrenberg 1963).

Wielkość nasienia wpływa na kiełkowanie o tyle, że dzięki większej ilości substancji zapasowych siewki są bardziej żywotne i osiągają większe rozmiary. Nasiona wielkie charakteryzują się wyższą wydajnością siewek (Hadders 1963). Nasiona najwcześniej kiełkujące wydają często siewki lżejsze i wolniej rosnące (Bartels 1953).

Według Iljina (1952) nie ma związku między ciężarem a energią i zdolnością kiełkowania nasion sosny zwyczajnej. Pora przeprowadzania siewów ma natomiast wpływ na energię i zdolność kiełkowania. W przypadku nasion sosny, przechowywanych w zamkniętych pojemnikach w temperaturze 8°C, stwierdzono bowiem cykliczne zmiany — podwyższanie się zdolności kiełkowania wiosną i jesienią, a obniżanie latem i zimą (Rehačkova 1954).

#### SWIATŁO

Wyluszczone i wysiane w ciemności nasiona sosny zwyczajnej nie kiełkują lub kiełkują w nieznacznym procencie. Takie same nasiona charakteryzują się w warunkach stałego czy okresowego oświetlenia wysoką zdolnością kiełkowania (Sarvas 1951, Richter 1958, Nymán 1963, Kantor i Simančík 1966). Z badań przeprowadzonych w Czechosłowacji wynika, że podczas próby kiełkowania najbardziej korzystne jest naświetlanie nasion przez 6—8 godzin na dobę (330—360 lux), 2-godzinne naświetlanie daje jednak prawie takie same rezultaty (Kantor i Simančík 1966). Podkiełkowywanie nasion sosny przy oświetleniu ciągłym lub normalnym dziennym przyczyniło się również do uzyskania wysokiego procentu nasion wschodzących po wysiewie i do polepszenia wydajności siewek (Richter 1959).

Po jesiennych wysiewach nasion sosny zwyczajnej w stanie Nowy Jork zauważono, że nasiona pochodzące z Europy odznaczały się, w po-



równaniu z nasionami z drzew rosnących na miejscu, znacznie głębszym spoczynkiem i w większości przypadków nie kiełkowały. Spoczynek ten można było przewyciężyć przez stratyfikację nasion w obniżonej temperaturze albo też przez naświetlenie ciągłym światłem sztucznym (Heit i Eliason 1940).

Korzystny wpływ światła na nasiona sosny zwyczajnej stwierdzono również w północnej Szwecji (prow. Norrland), gdzie już 1-dniowe naświetlenie suchych, zdrowych i nieuszkodzonych nasion światłem słonecznym lub 1-godzinne światłem ultrafioletowym podwyższało odsetek nasion kiełkujących 2—3-krotnie. Z obserwacji tych wyciągnięto wniosek o konieczności poddawania nasion lokalnego, północnoszwedzkiego pochodzenia na 3 dni przed wysiewem na działanie światła (Nordström 1953b).

Wyjaśnienie przedstawionych powyżej zjawisk przyniosły wyniki badań Nymana (1963), przeprowadzonych w Szwecji przy użyciu nasion licznych proveniencji sosny zwyczajnej z terenu całego kraju. Okazało się, że kiełkowanie nasion tego gatunku jest procesem kontrolowanym przez czynnik świetlny, a światłoczułość nasion nie jest związana z proveniencją. U nasion przechowywanych w stanie suchym w ciemności, w temperaturze 3—4°C stwierdzono ją jeszcze po 3 latach. Nasiona stratyfikowane przez 1 miesiąc, tj. poddane w stanie napęczniałym na działanie niskiej temperatury (3—4°C) kiełkowały w wysokim procencie również w ciemności. Stratyfikacja likwidowała zatem zależność kiełkowania od wpływu światła.

W przypadku nasion pęczniejących, pełną zdolność kiełkowania w ciemności nabywały nasiona przez 1-godzinne naświetlenie (1700 lux) już po 6—12 godzinach pęcznienia. Nasiona suche reagowały podobnie po 24-godzinnym naświetleniu (2000 lux). Przedstawione powyżej reakcje na działanie światła stwierdzono tylko u nasion z nienaruszoną okrywą nasienną. Nienaświetlone nasiona sosny wysiewane w warunkach polowych, kiełkowały w stosunkowo wysokim procencie, chociaż wolniej niż nasiona uprzednio naświetlone.

Najbardziej aktywne okazało się w badaniach Nymana światło czerwone (około 6600 Å), jednak światło o jeszcze większej długości fali w zakresie dalekiej czerwieni (około 7300 Å) likwidowało całkowicie wpływ światła czerwonego. Reakcja taka jest powtarzalnie odwracalna, co wskazuje na istnienie systemu fitochromowego, jako układu kontrolującego kiełkowanie.

Formujące się w szyszce nasiona sosny zwyczajnej są całkowicie izolowane od wpływu światła, zaczyna ono oddziaływać na nasiona dopiero od momentu otwierania się szyszek. Wynika z tego ważny postulat metodyczny, który musi być przestrzegany w badaniach nad wpływem różnych czynników na kiełkowanie nasion sosny zwyczajnej w ciemności: wszelkie manipulacje dokonywane z nasionami, a zatem ich wyluszczenie,



odskrzydlanie, przechowywanie i wysiewy, powinny być dokonywane w warunkach zabezpieczających nasiona przed niepożądanymi skutkami naświetlenia. Warunki takie można uzyskać przez stosowanie światła obojętnego dla układu fitochromowego (zielone lub niebieskie) (N y m a n 1963).

#### TEMPERATURA

Próby kiełkowania nasion sosny zwyczajnej przeprowadzane są zazwyczaj w temperaturach wyższych od 20°C, ponieważ w takich warunkach cieplnych kiełkowanie przebiega najszybciej. Pewne różnice w przebiegu kiełkowania stwierdzano w zależności od tego, czy temperatura była stała, czy też podlegała cyklicznym zmianom. Nasiona sosny o wysokiej jakości kiełkują w jednakowo wysokim procencie w temperaturach stałych czy zmiennych w zakresie 20—30°C. Nasiona o obniżonej żywotności reagują natomiast na cykliczne zmiany temperatury podwyższeniem zdolności kiełkowania, chociaż energia ich kiełkowania (po 5 lub 7 dniach) jest w tych warunkach nadal niższa niż w temperaturze stałej (R o h m e d e r 1951).

Z badań przeprowadzonych w Związku Radzieckim nad kiełkowaniem nasion sosny zwyczajnej różnych proveniencji w ogrzewanych i nieogrzewanych kiełkownikach wynika, że nasiona proveniencji zachodnich kiełkowały w kiełkownikach ogrzewanych lepiej niż nasiona proveniencji wschodnich (S t a r c z e n k o 1956). Na tej podstawie można przypuścić, że optymalne warunki cieplne procesu kiełkowania nasion sosny zwyczajnej są zależne od proveniencji i związanych z nią warunków ekologicznych.

Nasiona sosny są zdolne do kiełkowania również w stosunkowo niskich temperaturach. Nasiona różnych proveniencji norweskich zaczęły w temperaturze 2—4°C kiełkować dopiero po 70 dniach, a po 220 dniach skiełkowało już 81—92% nasion (L ø k e n 1959). Jak to wynika z omówionych już wyników obserwacji E l i a s o n a i H e i t a (1940), istnieją związane z proveniencją różnice zdolności do podejmowania kiełkowania w warunkach obniżonej temperatury po wysiewie jesiennym.

Skutki chłodnej stratyfikacji nasion sosny zwyczajnej, polegającej na poddaniu napęczniałych nasion działaniu temperatury nieco wyższej od 0°C przez pewien okres czasu, mogą być bardzo niejednolite. Celem tego zabiegu jest zazwyczaj przewyciężenie spoczynku nasion. W przypadku nasion sosny potrzeba taka w zasadzie nie zachodzi. Stratyfikacja może jednak przynieść takie korzyści jak przyspieszenie kiełkowania, lepszy i szybszy rozwój systemu korzeniowego siewek, a dzięki temu wyższą ich odporność na suszę, lepszy wzrost siewek i wyższą ich wydajność (S c h r ö c k 1951). W przypadku nasion wysokiej jakości, straty-



fikacja przyczyniała się w doświadczeniach niemieckich tylko do przyspieszenia i wyrównania kiełkowania, jednak na procent nasion kiełkujących zabieg ten pozostawał bez wpływu (Zentsch 1958, Schuber i inni 1960). Natomiast 4—6-tygodniowa stratyfikacja nasion niższej jakości przyczyniała się do wysokiego, bo niekiedy 4-krotnego wzrostu wydajności siewek w porównaniu z nietraktowanymi nasionami kontrolnymi (Zentsch i Jähnel 1960).

Próby przeprowadzone w Związku Radzieckim, polegające na 9-dniowym moczeniu nasion w wodzie o temperaturze pokojowej, a następnie, po częściowym podkiełkowaniu, na 30-dniowej stratyfikacji takich nasion na lodzie (w temp. 1—2°C) przyniosły prawie 4-krotny wzrost wydajności siewek i polepszenie ich wzrostu (Gudcew i Romanow 1952).

Zupełnie inne skutki uzyskano przez stratyfikację nasion sosny pochodzenia północnego, charakteryzującej się niewykształconymi zarodkami. W badaniach szwedzkich stratyfikowano nasiona pochodzące z prowincji Norrland (63°30' do 64°40' szer. geogr. pn., 270—400 m n.p.m.) w piasku w temperaturze 4—5°C lub też umieszczano je w komorach, przez które przepływało powietrze o wilgotności względnej 100% i tej samej temperaturze. Stratyfikacja trwała 163 dni, w wilgotnym powietrzu nasiona przebywały 80 dni. Obydwa zabiegi przyczyniły się do 2—3-krotnego wzrostu zdolności kiełkowania nasion i silnego wzrostu siewek. Okazało się, że w opisanych powyżej warunkach następował dalszy rozwój zarodków. Nietraktowane nasiona kontrolne kiełkowały po wysiewach gruntowych w zaledwie 10—30% (Simak i Gustafsson 1957).

#### ODCZYN I SKŁAD CHEMICZNY PODŁOŻA

W badaniach przeprowadzonych w Turcji nie stwierdzono zależności między odczynem podłoża (pH=4,6 i 8,0) a zdolnością kiełkowania nasion tamtejszej sosny zwyczajnej; przy odczynie niższym nasiona kiełkowały jednak nieco szybciej (Selçuk 1957).

Odmienne wyniki uzyskano w badaniach, w których pęcznienie nasion przebiegało po ich zanurzeniu w roztworach o różnym odczynie. W Szwecji 12—24-godzinne moczenie nasion w wodzie lub w roztworach buforowych (pH=5—6) w temperaturze pokojowej, przyczyniło się do wzrostu wydajności siewek w szkółce o 30—60%. Skutki ujemne stwierdzono natomiast po moczeniu nasion w roztworach o pH niższym od 4 (Karlberg 1953). Moczenie 24-godzinne w roztworach HCl o pH=4—6 przyczyniło się (w Danii) do poważnego wzrostu wydajności siewek, zwłaszcza wtedy, gdy po wysiewie następował okres suszy (Holten 1947). W Wielkiej Brytanii natomiast stwierdzono, że mocze-



nie nasion w roztworach HCl o tym samym odczynie jest zabiegiem szkodliwym i obniża wydajność siewek w szkółce (H o l m e s 1952).

Skutki podlewania zagonów z wysiewami sosny wodą z zatok morskich okazało się w Szwecji zabójcze dla nasion i dla siewek nawet wtedy, gdy wodę morską rozcieńczano wodą słodką (S i m a k 1952).

Moczenie nasion sosny przez 12 godzin przed wysiewem w roztworze nadmanganianu potasu ( $\text{KMnO}_4$ , 5—10 mg/l), przyczyniło się do wzrostu zdolności kiełkowania o 20—33%, przy równoczesnym podwyższeniu energii kiełkowania i wzroście suchej masy siewek (S l u h a j 1958).

Moczenie nasion przed wysiewem w roztworach pierwiastków śladowych (Cu lub Co, 10—100 mg/l przez 24 godz) przyspieszyło kiełkowanie i powiększyło ciężar siewek, bądź też (w przypadku użycia  $\text{H}_3\text{BO}_3$  lub  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ , w ilości 3, 15 względnie 75 mg/l B lub Mo) przyczyniło się do zakłócenia gospodarki wodnej siewek (K ā p o s t s 1961, D o b r o s i e r d o w a 1962).

#### INNE CZYNNIKI EKOLOGICZNE

W warunkach naturalnych działają oprócz czynników sprzyjających również i czynniki ograniczające lub wprost uniemożliwiające skiełkowanie nasion i przeżycie siewek. Do takich czynników zalicza się ptaki i mrówki, wynoszące nasiona z miejsca wysiewu, mrówki osuszające swymi tunelami górną warstwę gleby, następnie konkurencję korzeniową drzew własnego gatunku, brak roślin osłaniających, równoznaczny z zaostreniem warunków mikroklimatycznych w okresie przymrozków. Deszcze zaliczono do czynników korzystnych nie tylko ze względu na wzbogacanie zasobów wody glebowej, ale i z powodu przenoszenia nasion w szczeliny i zagłębienia glebowe i pokrywanie nasion ściółką lub piaskiem (V a r t a j a 1950). Szkodliwy wpływ roślinności trawiastej na kiełkowanie nasion sosny stwierdzono w Szwajcarii. Najlepsze wyniki uzyskano tam na glebie mineralnej w drzewostanie dębowo-grabowym po zdarciu pokrywy mchu, najgorsze zaś w darni trawy *Mollinia* (H u n z i k e r 1952).

Wyraźnie szkodliwy jest według B o k o r a (1956) wpływ mikoryzy na kiełkowanie nasion. Tam, gdzie grzyby mikoryzowe zdobywają w glebie przewagę, jak to ma miejsce w starych zwartych drzewostanach, tam wydzielane przez te grzyby antybiotyki uniemożliwiają skiełkowanie nasion. Działanie tych antybiotyków jest specyficzne, tzn. najsilniej hamowane jest przez nie kiełkowanie nasion tego gatunku, z którym mikoryza współżyje. Dopiero po umożliwieniu dostępu światła do powierzchni gleby mogą rozwinąć się w niej grzyby pleśniowe rozkładające antybiotyki i kiełkowanie nasion staje się możliwe. W szkółkach można dojść do nadmiernej koncentracji antybiotyków podczas suszy, czemu można przeciwdziałać przez podlewanie gleby.



## REGULATORY WZROSTU

Badań nad wpływem regulatorów wzrostu na kiełkowanie nasion sosny zwyczajnej przeprowadzono dotąd niewiele. Moczenie nasion w roztworach kwasu  $\beta$ -indolylo(3)octowego (IAA, 10 i 1000 mg/l, 2 dni), amidu kwasu  $\alpha$ -naftylooctowego (NAA amid, 0, 1 i 10 mg/l, 2 dni) oraz kwasu  $\beta$ -indolylo(3)propionowego (IPA, 10 i 1000 mg/l, 2 dni) sprzyjało wzrostowi korzeni siewek, lecz obniżało wzrost siewek na wysokość (Miegroet 1953). Traktowanie nasion sosny kwasem naftylooctowym (NAA, 10 mg/l, 2 dni) przyczyniło się do wzrostu ilości i jakości siewek w szkółce (Simančik 1962b). Traktowanie nasion roztworami kwasu 2,4-dwuchlorofenoksyoctowego (2,4-D) o różnych stężeniach obniżało w szkółce śmiertelność i przyspieszało wzrost siewek (Kantor 1952), przy zastosowaniu stężenia 10 mg/l (2 dni) dochodziło do przedłużenia okresu wzrostu i w efekcie do powiększenia rozmiarów siewek (Fransson 1951). Simančik (1962b) uzyskał natomiast inne wyniki — zdolność kiełkowania nasion sosny zwyczajnej, potraktowanych roztworami 2,4-D ulegała obniżeniu, a śmiertelność siewek wzrastała.

Moczenie nasion sosny zwyczajnej w roztworach giberelin (20—200 mg/l) pozostało bez wpływu na kiełkowanie (Sokolow 1963, Komissarow 1961), albo też przyczyniło się do obniżenia zdolności kiełkowania przy zastosowaniu stężeń kwasu giberelowego (GA) w zakresie 5—200 mg/l (Simančik i Laffers 1963). Po wysiewie nasion moczonych przez 24 godziny w roztworach kwasu giberelowego (100—200 mg/l) do gruntu, Simančik i Laffers stwierdzili wzrost liczby siewek. Przy optymalnym stężeniu (200 mg/l) przewyższała ona o 83% liczbę siewek z nietraktowanych nasion kontrolnych. W badaniach tych stwierdzili oni również, po moczeniu nasion we wszystkich koncentracjach (5—200 mg/l), że rozmiary nadziemnej części i korzeni siewek były przy koncentracji pod tym względem optymalnej (150 mg/l) wyższe o 56% w porównaniu z siewkami z nasion kontrolnych.

## ULTRADŹWIĘKI I PROMIENIOWANIE JONIZUJĄCE

Poddanie zanurzonych w wodzie nasion sosny zwyczajnej działaniu ultradźwięków (22,5 kHz przez 10 min. przy natężeniu 15 Watt/cm<sup>2</sup>) przyczyniło się do podwyższenia energii i zdolności kiełkowania (Koczar 1961) lub (750 kHz przez 1 min. przy 3,5 kV) do wzrostu suchej masy siewek o 69% po jednym sezonie wzrostu w stosunku do siewek z nasion nie poddanych działaniu ultradźwięków (Kozubow i Ganiuszkińska 1963).

Znajomość skutków promieniowania jonizującego, działającego na żywe nasiona sosny, posiada istotne znaczenie w badaniach genetycznych oraz w pracach badawczych dotyczących możliwości stosowania fotografii rentgenowskiej dla oceny jakości i żywotności nasion.



Szkodliwe następstwa stwierdzono u nasion sosny po przekroczeniu dawki promieniowania rentgenowskiego w zakresie 600—900 r (Simak i Gustafsson 1953), natomiast przy dokonywaniu fotografii rentgenowskich stosowane są dawki w zakresie 50—100 r. Umożliwia to normalne skielkowanie takich nasion i prawidłowy rozwój siewek. Dawki promieniowania pochodzącego od kobaltu  $^{60}\text{Co}$  w wysokości 800 r nie oddziaływały w badaniach Vidakovića (1962) w sposób szkodliwy na nasiona sosny.

Szczegółowe badania prowadzone w Szwecji nad wpływem promieniowania X na późniejsze kiełkowanie nasion i rozwój siewek wykazały, że przy dawkach wzrastających od 600 do 4800 r występował szereg niekorzystnych zmian. Okazało się bowiem, że udział zaburzeń w procesie mitozy oraz śmiertelność nasion wzrastały, natomiast przyrosty siewek i ich rozmiary malały (Suszka i inni 1960). Po zastosowaniu wysokich i szkodliwych dawek (3600 i 4800 r) okazało się, że odporność nasion z całkowicie rozwiniętymi zarodkami na promieniowanie była zależna od ciężaru nasienia. Stwierdzono przy tym indywidualne różnice reakcji, zachodzące pomiędzy nasionami poszczególnych drzew (Simak i inni 1961).

Wrażliwość nasion sosny na dawki promieni rentgenowskich (600—4800 r, przy 8,1—9,3% zawartości wody w nasionach) okazała się cechą związaną z proveniencją nasion. Nasiona pochodzące z rejonów o krótkim okresie wegetacji, położonych na północy lub z położen wyższych były bardziej odporne niż nasiona z położen niższych lub pochodzące z bardziej na południe położonych rejonów Szwecji. Zdolność i szybkość kiełkowania oraz rozmiary i stopień przeżywania siewek osiągały wyższe wartości w przypadku nasion z bardziej surowych warunków ekologicznych (Ohba i Simak 1961). W przypadku nasion pochodzących z krańcowo niekorzystnych warunków Laponii, zwłaszcza zaś nasion należących do niższych klas dojrzałości zarodków, zdolność i szybkość kiełkowania podlegały obniżeniu już przy dawkach 150—300 r (Gustafsson i Simak 1958).

Nasiona gatunków szpilkowych są mniej odporne na promieniowanie jonizujące niż nasiona roślin jednoliściennych — najwyższą odpornością charakteryzują się nasiona roślin dwuliściennych. Z obserwacji tych wyciągnięto wniosek o kierunku ewolucji odporności nasion na działanie promieniowania. Ma ona zmierzać od odporności niższej do wyższej (Preobrażenskaja i Timofiejew-Razowski 1962).

#### ZMIANY CHEMICZNE PODCZAS KIEŁKOWANIA

Zmiany zachodzące w nasionach sosny zwyczajnej podczas pierwszych 21 dni kiełkowania, tj. od momentu rozpoczęcia pęcznienia aż do całkowitego uformowania się siewki śledził Räder-Roitsch (1957).



Zmianom tym towarzyszył szybki wzrost zawartości wody, która z początkowych 7,4<sup>0</sup>/o doszła po 2 dniach pęcznienia do 33,9<sup>0</sup>/o, a w ostatnim dniu badań do 80,4<sup>0</sup>/o świeżej masy siewek. Sucha masa kiełkujących nasion uległa do momentu rozwarcia się liścieni obniżeniu o 14,7<sup>0</sup>/o, a po uformowaniu się siewki nastąpił ponowny jej wzrost. Spadek suchej masy jest konsekwencją zużycia substancji zapasowych.

Skrobia, która w spoczynkowych nasionach nie występuje, pojawiła się po 2 dniach kiełkowania w nieznacznej ilości (1<sup>0</sup>/o). Poziom cukrów uległ podczas kiełkowania obniżeniu o 30<sup>0</sup>/o, natomiast udział włókniaka w suchej masie stale wzrastał. Rozkład tłuszczów (33,99<sup>0</sup>/o suchej masy nasion spoczynkowych) stanowiących obok białek główną rezerwę pokarmową w badanych nasionach sosny, przybrał większe rozmiary w ostatniej fazie kiełkowania, tj. w okresie morfologicznego kształtowania się siewek. Rozkład ten polega na rozszczepieniu tłuszczów na kwasy tłuszczowe, te zaś mogą być łatwiej transportowane z prabiella do organów zarodka. Niezależnie od tego procesu, syntetyzowane są podczas rozwoju siewki wolne kwasy tłuszczowe. Ogółem  $\frac{2}{3}$  początkowej wagowej ilości tłuszczów podlega zużyciu podczas procesu kiełkowania. Substancje białkowe (34,2<sup>0</sup>/o suchej masy nasion spoczynkowych) podlegają hydrolizie od początku pęcznienia; proces ten maskuje równoczesną syntezę białek. Produktem hydrolizy białek są proste związki azotowe, gromadzone w dużych ilościach w zawiązku pędu jako surowiec do budowy pierwszych szpilek.

Również podczas stratyfikacji nasion sosny nie nazwanego niestety gatunku, stwierdzono (badacze hiszpańscy — Mayor i inni 1966) hydrolizę białek i przemiany wolnych aminokwasów obok poważnych zmian w składzie kwasów tłuszczowych. Przy wyraźnej, od chwili rozpoczęcia kiełkowania, aktywności lipazy i proteazy, stwierdzili oni podczas stratyfikacji nieznaczną aktywność amylazy oraz silniejszą izocytrytazy oraz karboksylaz aminokwasowych. Od początku stratyfikacji obserwowano w tych badaniach wyraźny wzrost ilości kwasów rybonukleinowych, maksymalne natężenie ich syntezy stwierdzono w fazie kiełkowania nasion. Tak więc za najważniejsze skutki stratyfikacji nasion sosny uznano rozbitcie związków wielkdrobinowych na prostsze składniki i wzrost poziomu kwasów rybonukleinowych.

#### LITERATURA

- Acatay A., 1938. Untersuchungen über Menge und Güte des Samenansatzes in verschiedenen Kronenteilen einheimischer Waldbäume. Thar. For. Jahrb. 89 : 265—364.
- Ahola V. K., 1951. Männyn ja kuusen siemenen itävyiden säilyminen. Metsät. Aikak. 2/3 : 47—48.
- Anonim, 1945. Skogsodling och fröproveniens. Skogen. 32 : 93—94.



- Azniew J. N., 1960. Płodonoszenie sosny obykowniennoy w pierestojnych nasaż-dienijach Bielowieżskiej puszczy. Lesn. Żurn. Archangielsk 3:161—163.
- Bartels H., 1953. Untersuchung über die Vitalität der Koniferenkeimlinge in Abhängigkeit vom Keimzeitpunkt. Z. Forstgenet. 2 (2):42—45.
- Bartels H., 1956. Über den Wassergehalt der Nadelholzsamen. Forstwiss. Centralbl. 75:124—128.
- Bartels H., 1958. Untersuchungen über die Hitzetoleranz der Koniferensamen. Forstwiss. Centralbl. 77:287—294.
- Barton L. V., 1941. Relation of certain air temperatures and humidities to viability of seeds. Contr. Boyce Thompson Inst. 12:85—102.
- Bogdanow B. P., 1962. Effect of high temperature on Scots Pine seeds in connection with drying cones at reduced pressure. Lesn. Żurn. Archangielsk. 5:20—23 (wg For. Abstr. 25, nr 483).
- Bokor R., 1956. A mykorrhiza-gombák által termelt antibiotikumok hatása egyes fenyőfélék magjának csirazására. Erdesz Kutatas. (1):67—79.
- Cederstam B., 1963. Supplies of Pine seed in the higher parts of Norrland. Skogen. 50:88—90 (wg For. Abstr. 24, nr 3529).
- Czabator F. J., 1962. Germination value: an index combining speed and completeness of Pine seed germination. For. Sci 8:386—396.
- Czerepnin W. L., 1964. The importance of *Pinus silvestris* seed origin, weight and colour in selection. W: Selekcija dreviesnych porod w wostocznoj Sibirii. Izd. „Nauka” Moskwa. 58—68 (wg For. Abstr. 26, nr 3581).
- Damian J., Negruțiu F., Beldeanu E., 1964. Variation in yield and quality of Pine seed in relation to position on the tree. Rev. Padurilor. 79:650—655 (wg For. Abstr. 26, nr 5046).
- Dobrosierdowa J. W., 1962. Wlijanie mikroelementow na wodnyj reżim siewianciew niektórych dreviesnych porod. Fizj. Rast. 9:582—588.
- Edlund E., 1959. Höstplockning av talkkott. Norrlands Skogsv. Förb. Tidskr. (1):11—21.
- Ehrenberg C. E., 1963. Ärtlig variation i avkommeförsök med tall. Stud. Forest Suec. 10:1—135.
- Ehrenberg C. E., Gustafsson Å., Plym Forshell C., Simak M., 1955. Seed quality and principles of forest genetics. Hereditas. 41:292—365.
- Ehrenberg C., Simak M., 1956. Blommning och pollinering hos tall (*Pinus silvestris* L.). Medd. Stat. Skogsfor. Inst. 46:1—27.
- Eliason E. J., Heit C. E., 1940. The effect of light and temperature on the dormancy of Scotch Pine seed. Proc. of the Association of Official Seed Analysts of North America. 11.
- Fransson P., 1951. Kraftigare tallplantor ur hormon behandlat frö. Skogen. 38 (2).
- Göcksin A., 1942. Altersermittlung beim Saatgut der Fichte und Kiefer. Forstwiss. Centralbl. 64:111—117.
- Gudcew J. J., Romanow D. W., 1952. Predposiewnaja obrabotka siemian sosny obykowniennoy mietodom jarowizacji. Lesn. Choz. 5:73.
- Gustafsson Å., Simak M., 1958. Effect of X- and  $\gamma$ -rays on conifer seed. Medd. Stat. Skogsfor. Inst. 48 (5):1—20.
- Hadders G., 1963. Some causes of variation in the initial development of Scotch Pine (*Pinus silvestris* L.). FAO World Consult. For. Genet. Stockholm. 2a/8:1—10.
- Hadders G., Åhgren A., 1958. Kott- och fröproduktion samt frökvalität hos 12-åriga ymptrad av tall. Svenska Skogsv. Fören. Tidskr. 56:455—468.



- Hagner S., 1958. Om kott- och froproduktionen i svenska barrskogar. Medd. Stat. Skogsfor. Inst. 47 (8) : 1—120.
- Hao K. S., 1939. Über Saatgutprüfung auf biochemischen Wege. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. 71 : 141—156, 187—204, 249—269.
- Hatanō K., 1957. Über die Abhängigkeit der Atmungsintensität vom Wassergehalt bei keimenden Kiefernnsamen verschiedener Keimfähigkeit. Forstwiss. Centralbl. 76 : 376—381.
- Håkansson Å., 1956. Fröets utveckning hos gran och tall. Medd. Stat. Skogsfor. Inst. 46 : 1—23.
- Hegnauer R., 1962. Chemotaxonomie der Pflanzen. Band 1. Birkhäuser Verlag. Basel u. Stuttgart.
- Heikinheimo O., 1948a. Frösättning och fröar. Norrlands Skogsv. Förb. Tidskr. (1) : 77—96.
- Heikinheimo O., 1948b. Metsäpuiden siementämiskyvysta. III Commun. Inst. For. Fenn. 35 (3) : 1—15.
- Heikinheimo O., 1954. Taimitarhan mahtieteellinen sijainti, sjemenen alku-perä ja istutuskaudet. Acta For. Fenn. 61 (9) : 1—28.
- Heit C. E., Eliason E. J., 1940. Coniferous tree seed testing and factors affecting germination and seed quality. Tech. Bull. N.Y. Agric. Exp. Sta. No 255, 1—45.
- Hermelin J., 1958. Grobarhet hos tallfrö av skilda kvalitetsklasser efter behandling med olika temperatur och fugtighet. Svenska Skogsv. Fören. Tidskr. 56 : 448—454.
- Holmes G. D., 1950. The treatment of seed. Rep. For. Res. For. Comm. 1948/49. 34—35.
- Holmes G. D., 1952. Forest tree seed investigations. Rep. For. Res. For. Comm. 1950/51. 13—15.
- Holmes G. D., Buszewicz G., 1954. Forest tree seed investigations. Rep. For. Res. For. Comm. 1952/53. 14—17.
- Holten N. E., 1947. Planteskoleforsøg II. Dansk Skovforen. Tidskr. 32 : 74—79.
- Hunziker T., 1952. Zum Einfluss der Bodenflora auf die natürliche Föhrenverjüngung. Schweiz. Z. Forstw. 103 : 47—48.
- Huss E., 1950. Om avvingningsskador på skogsfrö. Medd. Sta. Skogsfor. Inst. 39 (3) : 1—56.
- Huss E., 1954. Undersökningar över vattenhaltens betydelse för barrträdsfröets kvalitet vid förvaring. Medd. Sta. Skogsfor. Inst. 44 (7) : 1—60.
- Huss E., 1956. Om barrskogfröets kvalitet och andra på såddresultatet inverkan- de faktorer. Medd. Sta. Skogsfor. Inst. 46 (6) : 1—59.
- Huss E., 1957. Skogsfröets avvingning i några moderna vingnötare. Svenska Skogsv. Fören. Tidskr. 55 : 359—374.
- Hyde H. A., 1951. Pollen output and seed production in forest trees. Quart. J. For. 45 : 172—175.
- Iljin A. J., 1952. Wlijanie wielicziny siemian sosny na ich kaczestwo. Lesn. Choz. 5 : 54—55.
- Johnsson H., Kiellander C. L., Stefansson E., 1953. Kottutveckling och frobeskaffenhet hos ympträd av tall. Svenska Skogsv. Fören. Tidskr. 51 : 358—389.
- Kamra S. K., 1963a. Determination of mechanical damage on Scotch Pine seed with X-ray contrast method. Stud. For. Suec. 8 : 1—20.
- Kamra S. K., 1963b. Studies on a suitable contrast agent for the X-ray radiography of Norway Spruce seed (*Picea abies*). Proc. Int. Seed. Test. Assoc. 28 : 107—201.



- Kantor J., 1952. Vliv mačeni semene sosny ob. (*Pinus silvestris* L.) a smrku ob. *Picea excelsa* L.) ve stimulatorech růstu na kličení a vývoj semenáčku. Acta Univ. Agric. Silv. Brno. 3/4 : 291—297.
- Kantor J., Šimančík F., 1966. Účinky umělého osvětlení na kličení semen některých jehličnanů. Lesn. Časopis. 12 : 203—211.
- Kāposts V., 1961. Effect of trace elements on the germination of Scots Pine and Norway Spruce seeds and on seedling development. Latv. P.S.R. Zināt. Akad. Vēstis. Rīga. (3) : 111—116. (wg For. Abstr. 24, nr 1919).
- Kapper O. G., 1924. Samenertrag der Kiefer in Südrussland. Ztschr. f. Forst- u. Jagdw. 56 : 710—716.
- Karlberg S., 1953. Om behandling av tall- och granfrö i groningsstimulerande syfte. Skr. K. Skogshogsk. Stockholm. No. 11. 1—42.
- Kasalický E., 1952. Za zvýšení kvality semena jehličnanů. Lesn. Práce. 31 : 9—13.
- Kasalický E., Machaniček J., 1965. Doba sběru smrkových, modřinových i borových šišek a jakost jejich semen. Lesn. Časopis. 9 : 809—828.
- Koczkar N. T., 1950. Zawisimost wychoda siemian sosny obyknowiennoij i ich wschożesti ot wielicziny sziszek. Lesn. Choz. 3 : 82—83.
- Koczkar N. T., 1961. Wlijanie ultrazwuka na prorastanie siemian sosny i listwiennicy. Lesn. Choz. 14 : 38—39.
- Kozubow G. M., Ganiuszka L. G., 1963. The effect of ultrasonics on Scots Pine and Norway Spruce seed. Dokl. Akad. Nauk SSSR. 150 : 421—423 (wg For. Abstr. 25, nr 492).
- Krzeszkiewicz W., 1939. Określenie potencjalnej zdolności kiełkowania nasion sosny za pomocą metody barwienia. Inst. Bad. Las. Państw. Rozpr. i Sprawozd. A. Nr 18, 1—45.
- Lakon G., 1950. Die Feststellung der Keimfähigkeit der Koniferensamen nach dem topographischen Tetrazoliumverfahren. Saatgut-Wirtschaft. 4 : 83—87.
- Ligaczew J. N., 1963. The shape and size of seed wings and their role in the dispersal of Scots Pine seeds. Lesn. Žurn. Archangielsk. 6 : 163—164 (wg For. Abstr. 25, nr 1740).
- Lindquist C. H., Malmberg E., 1943. Bättre frö för framtidens tallskogar. Svenska Skogsv. Fören. Tidskr. Stockholm. 1—11.
- Lindroth S., 1943. Tva gamla tallars fröproduction. Norrlands Skogsv. Förb. Tidskr. 3 : 258—265.
- Løken A., 1959. Spireforsøk i kjølerom. Medd. Vestland. Forstl. Forsøkssta. 11 : 1—19.
- Malinowski E., 1953. Anatomia roślin. PWN, Warszawa.
- Mayor F., Sanz M., Olmo S. M., Solves A. O., Santos- Ruiz A., 1966. Enzymes, nucleic acids in metabolic changes in pine seeds through coldhumidity stratification and in the earlier stages of germination. Third Meeting of European Biochemical Societies, Warsaw, April 1966. PWN, Warszawa.
- Messer H., 1959. Der Wassegehalt des Forstsaatgutes als Grundlage der Ernte-Veredlungs- und Aufbewahrungsmassnahmen. Forstwirt. u. Holzwirt. 14 : 226—229.
- Messer H., 1960. Über das Quellen und das Vorkeimen des Forstsamens. Forst- wirt. u. Holzwirt. 15 : 93—95.
- Miegroet M., 1953. Recherches sur la signification de quelques substances actives synthétiques pour la culture des plants forestieres. Communication No. 2. L'influence de quelques substances synthétiques sur la croissance des semis du pin sylvestre. Schweiz. Z. Forstw. 104 : 137—154.
- Mork E., 1951. Faktorer som virker pa spireevnen hos furu- gran- och bjørkefrø. Medd. Norske Skogforsøksv. 11 : 159—173.



- Mork E., 1957. Om frøkvalitet og frøproduksjon hos furu i Hirkjølen. Medd. Norske Skogsforsøksv. 14 : 349—379.
- Müller-Olsen C., Simak M., 1954. X-ray photography employed in germination analysis of Scots Pine (*Pinus silvestris* L.) Medd. Sta. Skogsfors. Inst. 44 (6) : 1—19.
- Nielubow D., 1929. Über die Anwendung der Vitalfärbung zur Bestimmung der Keimfähigkeit der Samen. Actes du Vème Congr. Intern. d'Essais des Semences. Rome. 400—404.
- Nilsson P. O., 1963. A study on mechanical damage to seed of *Pinus silvestris*. Norrlands Skogsv. Förb. Tidskr. (1) : 57—95.
- Nordström L., 1953a. Klangning av svarklängd tallkott. Norrlands Skogsv. Förb. Tidskr. (1) : 1—19.
- Nordström L., 1953b. Vår försörjning med tallfrö med särskild hänsyn tagen till Norrlands höjdlägen. Norrlands Skogsv. Förb. Tidskr. (1) : 20—84.
- Nordström L., 1955. Vår försörjning med tallfrö med särskild hänsyn tagen till Norrlands höjdlägen. Norrlands Skogsv. Förb. Tidskr. (1) : 101—160.
- Nyman B., 1963. Studies on the germination in seeds of Scots Pine (*Pinus silvestris* L.) with special reference to the light factor. Stud. For. Suec. Skogshögsk. Stockholm. No. 2.
- Ohba K., Simak M., 1961. Effect of X-rays on seeds of Scots Pine from different provenances (*Pinus silvestris* L.) *Silvae Genetica* 10 : 65—91.
- Petrov W., 1946. Wurhu sroka za izpitwane kulnjaemostta na bjäl borowite, czer borowite i smurczowite semena. *Gorsko Stopanstwo*. 2 : 2—9.
- Prawdın L. F., 1964. Sosna obyknowiennaja. Izdatielstwo „Nauka”, Moskwa.
- Preobrażenskaja E. J., Timofiejew - Rezowski N. W., 1962. A possible connection between radiation resistance and the phylogenic system in cultivated plants. *Dokł. Akad. Nauk SSSR*. 143 : 1919—1921 (wg For. Abstr. 24, nr 653).
- Räder-Roitzsch J. E., 1957. Quantitative Stoffänderungen bei der Keimung von *Pinus silvestris* L. *Forstwiss. Centralbl.* 76 : 229—245.
- Rehačková O., 1954. Untersuchung über die jährlichen Veränderungen des Keimprozentens und der Keimungsgeschwindigkeit von Föhren- und Lärchensamen. *Schweiz. Z. Forstw.* 105 : 459—467.
- Richtar B., 1958. Vliv světla na kličivost, růst a vyvoj semenáčku. *Sborn. Čsl. Akad. Zeměd. (Lesn.)* 4 : 933—936.
- Richtar B., 1959. Výsledky některých způsobů predosevní přípravy semen na kvalitu a kvantitu semenáček. *Sborn. Čsl. Akad. Zeměd. (Lesn.)* 5 : 97—106.
- Rohmeder E., 1951. Beiträge zur Keimungsphysiologie der Forstpflanzen. Bayer. Landw. Verlag. München.
- Rohmeder E., 1957. Die Röntgenfotografie im Dienst der forstlichen Staatgutbeurteilung. *Allg. Forstzeitschr.* 12 : 103—110.
- Sarvas R., 1951. Effect of light on the germination of forest tree seeds. *Oikos*. 2 : 109—119.
- Sarvas R., 1962. Investigations on the flowering and seed crop of *Pinus silvestris*. *Comm. Inst. For. Fenniae*. 53 (4) : 1—198.
- Schönborn A., 1964. Die Aufbewahrung des Staatgutes der Waldbäume. BLV. Verlagsges. München.
- Schröck O., 1951. Besseres Kiefernplanzgut durch Stratifizieren des Samens. *Forstwirtschaft-Holzwirtschaft*. 5 : 170—173.
- Schubert J., Brockhof G., Nehne G., 1960. Beiträge zur Verbesserung der Forstpflanzenanzucht. Mitteilung II: Ein Vergleich verschiedener Vorbe-



- handlungsmethoden bei Saatgut von *Pinus silvestris* L., *Picea abies* (L.) Karst., *Larix decidua* Mill. und *Abies alba* Mill. Archiv f. Forstw. 9: 639—664.
- Selçuk H., 1957. İbre örtüsü ve mul topraginın simlenme üzerindeki tesirleri. Orm. Arast. Enst. Derg. 3: 14—18.
- Simak M., 1952. Om bevattning av tallsadd med saltvatten. Medd. Sta. Skogsfor. Inst. 41 (4): 1—14.
- Simak M., 1953a. Beziehungen zwischen Samengrösse und Samenzahl in verschiedenen grossen Zapfen eines Baumes (*Pinus silvestris* L.). Medd. Sta. Skogsfor. Inst. 43 (8): 1—15.
- Simak M., 1953b. Über die Samenmorphologie der gemeinen Kiefer (*Pinus silvestris* L.). Medd. Sta. Skogsfor. Inst. 43 (2): 1—32.
- Simak M., 1955. Samengrösse und Samengewicht als Qualitätsmerkmale einer Samenprobe (*Pinus silvestris* L.). Medd. Sta. Skogsfor. Inst. 45 (9): 1—19.
- Simak M., 1957. The X-ray contrast method for seed testing. Scots Pine — *Pinus silvestris*. Medd. Sta. Skogsfor. Inst. 47 (4): 1—22.
- Simak M., 1960. Influence of cone size on seed produced (*Pinus silvestris* L.). Medd. Sta. Skogsfor. Inst. 49 (4): 1—16.
- Simak M., Gustafsson Å., 1953. X-ray photography and sensitivity in forest tree species. Hereditas. 39: 458—468.
- Simak M., Gustafsson Å., 1954. Fröbeskaffenheten hos moderträd och ympar av tall. Medd. Sta. Skogsfor. Inst. 44 (2): 1—73.
- Simak M., Gustafsson Å., 1957. Die Röntgendiagnose in der Samenkontrolle. Proc. Seed Test. Assoc. 22: 1—12.
- Simak M., Kamra S. K., 1963. Comparative studies on Scots Pine seed germinability with tetrazolium and X-ray contrast methods. Proc. Seed. Test. Assoc. 28: 2—8.
- Simak M., Ohba K., Suszka B., 1961. Effect of X-irradiation on seeds of different weight from individual trees of Scots Pine (*Pinus silvestris* L.). Botaniska Notiser. 114: 300—312.
- Simančík F., 1962a. Spôsob zvýšenia čistoty semien niektorých konifér. Lesn. Časopis. 8: 337—341.
- Simančík F., 1962b. Vplyv rastlinných stimulátorov na klíčenie semien a rast semenáčikov borovice lesnej (*Pinus silvestris* L.). Lesn. Časopis. 8: 409—419.
- Simančík F., 1965. Klíčivosť semien niektorých konifér v závislosti od rýchlosti klesania semien vo vode. Lesn. Časopis. 11: 61—70.
- Simančík F., Laffers A., 1963. Vplyv kyseliny gibberelovej na klíčivosť semien a rast semenáčikov niektorých lesných ihličnatých drevín. Lesn. Časopis. 9: 727—736.
- Simančík F., Berta F., 1964. Účinky vody pri máčaní semien borovice sosny (*Pinus silvestris* L.). Lesn. Časopis 10: 733—744.
- Sluhaj S. J., 1958. O wlijanii marganca i bora na wschożest siemian i rost modych drowiesnych rastienij. w: Mikroelementy w sielskom choziajstwie i medicinie. Akad. Nauk Latw. SSSR. 455—467 (wg For. Abstr. 20, nr 3088).
- Sokołow W. S., 1963. Effect of gibberellin solutions on the germination of seeds of tree species. Lesn. Žurn. Archangielsk. 6: 9—12 (wg For. Abstr. 25, nr 493).
- Starczenko J. J., 1956. Sezonnije osobienosti energii prorastanija siemian dieriewiew i kustarnikow. Bot. Žurn. 41: 1355—1359.
- Stefansson E., 1951. Klängningsförsök med ofullständigt mogen talkkott. Skogen. 38: 56—57.
- Stefansson E., 1953. Nagot om problem vid insamling och klängning av talkkott : ett förelöpande maddelande. Skogen. 40: 12—15.



- Strohmeyer G., 1938. Über die züchterische Bedeutung des Tausendkornge-  
wichts bei der Kiefer. Forstarchiv. 14 : 153—157.
- Suchocki K., 1933. Wpływ wieku drzew na wartość użytkową nasion sosno-  
wych. Sylwan. 51 : 57—68.
- Suszka B., Ohba K., Simak M., 1960. Über das Wachstum von Kiefernäsäm-  
lingen aus röntgenbestrahltem Samen. Medd. Sta. Skogsfor. Inst. 49 (9) : 1—18.
- Szczerbakowa M. A., 1964. Opredielenije kaczestwa siemian chwojnych mie-  
todom rentgenografii. Lesn. Choz. 17 (12) : 52—56.
- Szumakow S., 1962. Wlijanie wodnych ekstraktow iz zlakow na prorastanie  
siemian sosny i jeli. Lesn. Choz. 15 : 18—20.
- Tirén L., 1942. Förvaring av skogsfrö. Erfarenheter fran Hällnäs och Bollnäs.  
Skogen. 29 : 350—352.
- Tirén L., 1945. Om klängning, frölagring och grobarhetsbestämning. Skogsodning-  
Föredrag, hållna vid skogsodlingskursen a skogshögskolan den 23—26 april.  
Svenska Skogsv. Fören. Förlag. 33—44.
- Tirén L., 1946. Tallfröets grobarhet i Norrland. Skogen. 33 : 7.
- Tyszkiewicz S., 1938. Wyłuszczanie nasion sosny. Inst. Bad. Las. Państw. A,  
35 : 1—91.
- Tyszkiewicz S., 1939. Ocena nasion drzew. Inst. Bad. Las. Państw. A,  
45 : 1—176.
- Tyszkiewicz S., 1949. Określanie wilgotności nasion metodą barwnej reakcji.  
Wydawn. pomocn. techn.-gosp. Inst. Bad. Leśn. 5 : 1—4.
- Tyszkiewicz S., Szymkiewicz B., 1938. Studia nad określaniem urodzaju  
szyszek w drzewostanach sosnowych. Inst. Bad. Las. Państw. A, 33 : 1—90.
- Tyszkiewicz S., Tomanek J., 1946. Tablice psychrometryczne do użytku  
z wyłuszczeni nasion sosny i świerka. Inst. Bad. Leśn. B, 9 : 1—20.
- Vaartaja O., 1950. On factors affecting the initial development of Pine. Oikos  
(1951), 2 : 89—108.
- Vaartaja O., 1954. Factors causing mortality of tree seeds and succulent seed-  
lings. Acta For. Fenniae. No 62. 1—31.
- Vidaković M., 1962. Effect of gamma-rays on the growth of certain conifers.  
Šumarstvo. 15 : 325—338 (wg For. Abstr. 24, nr. 3554).
- Vincent G., 1948. Rozbory nestejně uskladnených šišek a semen lesnich dřevin.  
Zpr. Vyzkum. Úst. Lesn. ČSR. 2 : 196—223.
- Vincent G., 1957. Zkoušky klíčivosti a životnosti u semen borových, modřino-  
vých a smrkových. Prace Vyzkum. Úst. Lesn. ČSR. 12 : 133—190.
- Zentsch W., 1958. Bericht über die Ergebnisse der Aussatversuche mit stratifi-  
ziertem Forstsaatgut auf der Landwirtschafts- und Gartenbauausstellung  
Markkleeberg. Forst u. Jagd. 8 : 184—185.
- Zentsch W., 1960. Zur Wasseraufnahme keimender Koniferensamen. Naturwiss.  
47 : 70—71.
- Zentsch W., 1961. Über Eigenschaften von Kiefernasaatgut aus verschiedenen  
Kronenregionen. Forstwiss. Centralbl. 80 : 287—294.
- Zentsch W., Jahnelt H., 1960. Aussatversuche mit stratifiziertem Forstsaatgut  
im staatlichen Forstwirtschaftsbetrieb Rövershagen. Forst u. Jagd. 10 : 1—3.

## SEED PHYSIOLOGY

### Summary

In the section dealing with the formation of seeds and their dispersal the author discusses the problem of cone development and the frequency of seed years, the structure of seeds and their chemical composition. This is followed by



