

8. ROZMNAŻANIE GENERATYWNE

WSTĘP

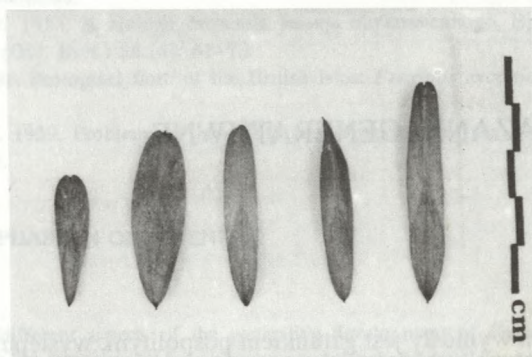
W Polsce jesion wyniosły jest gatunkiem pospolitym, występującym przede wszystkim w wilgotnych (bagiennych) lasach olchowo-jesionowych i lasach łęgowych. Zapotrzebowanie na sadzonki jesionu zdeterminowane jest stosunkowo niewielką powierzchnią właściwych siedlisk przeznaczonych do zalesienia tym gatunkiem. Olsy jesionowe stanowią zaledwie 0,7% powierzchni wszystkich siedlisk leśnych Polski (Tramplera i in. 1990). Niewiele jesionu wprowadza się również na inne siedliska. W składzie docelowym na siedlisku olsu jesionowego (O1J) procentowy udział jesionu wyniosłego powinien wynosić 60%, a na siedlisku lasu wilgotnego (Lw) i lasu łęgowego (Lł) 30–40% (Anonim 1988).

W szkółkarstwie ozdobnym siewki jesionu wyniosłego wykorzystywane są jako podkładki pod różne odmiany dekoracyjne tego gatunku. Ponadto często obsadza się nim parki i pobocza dróg.

Duży obszar naturalnego występowania jesionu wyniosłego sprawia, że przystosowany jest on do wzrostu w bardzo zróżnicowanych warunkach klimatycznych, obejmujących klimat morski, przejściowy, pośredni kontynentalny i suchy kontynentalny (Martyn 1985). Tak szerokie spektrum warunków klimatycznych w obrębie naturalnego zasięgu jesionu nie pozostaje bez wpływu na fizjologiczną dojrzałość zarodków i związany z nią spoczynek nasion (Varasova 1956).

8.1. MORFOLOGIA NASION

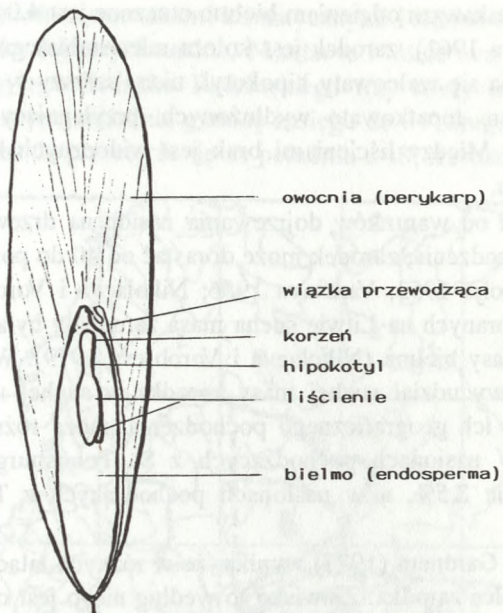
Owoce jesionu wyniosłego jest spłaszczone, oskrzydłone, jednonasienna niełupka. Pojedyncze skrzydłaki zebrane są w luźne, wydłużone wiechy, osadzone po kilka obok siebie. Skrzydełko jest skórzaste, początkowo zielone, w miarę dojrzewania i wysychania zmienia swoją barwę na jasnobrązowe.



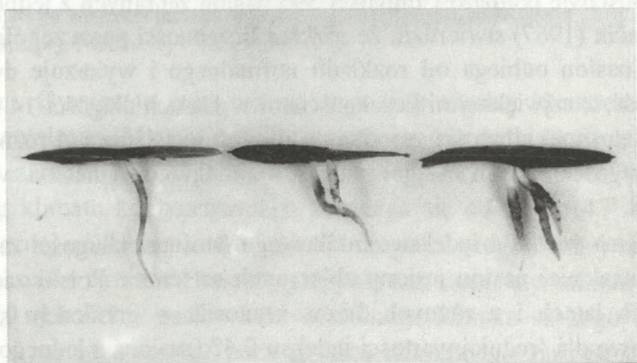
Ryc. 1. Różne formy skrzydłaków jesionu wyniosłego (fot. E. Szubert)

Wielkość skrzydłaków jest bardzo zróżnicowana i jest cechą osobniczą pojedynczych drzew. Długość ich wynosi 18–58 mm, średnio 35,2 mm, a szerokość 5–15 mm (Matovič i Simančik 1968). Skrzydełka mogą być lekko skrzycone, na wierzchołku ostro lub tępo zakończone, a niekiedy klinowato wycięte (ryc. 1). Sporadycznie można spotkać niełupki nietypowo oskrzydłone w trzech płaszczyznach.

Owocnia, zbudowana z kilku warstw lekko zdrewniałych komórek, otoczona jest od zewnątrz i od wewnątrz warstwami kutykuli o grubości odpowiednio 6,64 i 3,30 μm (Šustova 1961). Wewnątrz owocni znajduje się spłaszczone nasiono, elipsoidalnie wydłużone, z mniej lub bardziej zastrzonymi końcami. Stanowi ono zazwyczaj połowę (30–66%, przeciętnie 48%) długości skrzydełka, otoczone jest cienką, brązową łupiną nasienną silnie zrośniętą z bielmem. Na powierzchni łupiny nasiennej występują grube komórki, których zewnętrzne ściany są słabo skutykizowane, a wnętrze ich jest wypełnione ligniną. Pod łupiną nasienną występuje cienka warstwa kutykuli (1,05 μm), ściśle przylegająca do bielma (Šustova 1961).



Ryc. 2. Podłużny przekrój przez nasienie w skrzydlaku jesionu wyniosłego (schemat)



Ryc. 3. Skrzydlaki jesionu wyniosłego z kielkującymi (jednym, dwoma i trzema) nasionami (fot. E. Szubert)

Białe z niebieskawym odcieniem bielmo otoczone jest 4,04 μm warstwą kutykuli (Šustova 1961); zarodek jest koloru mlecznobiałego. W budowie zarodka wyróżnia się walcowaty hipokotyl, nieco szerszy w części korzeniowej, oraz parę łopatkowato wydłużonych, przylegających do siebie liścieni (ryc. 2). Między liścieniami brak jest widocznych liści zarodkowych i epikotyłu.

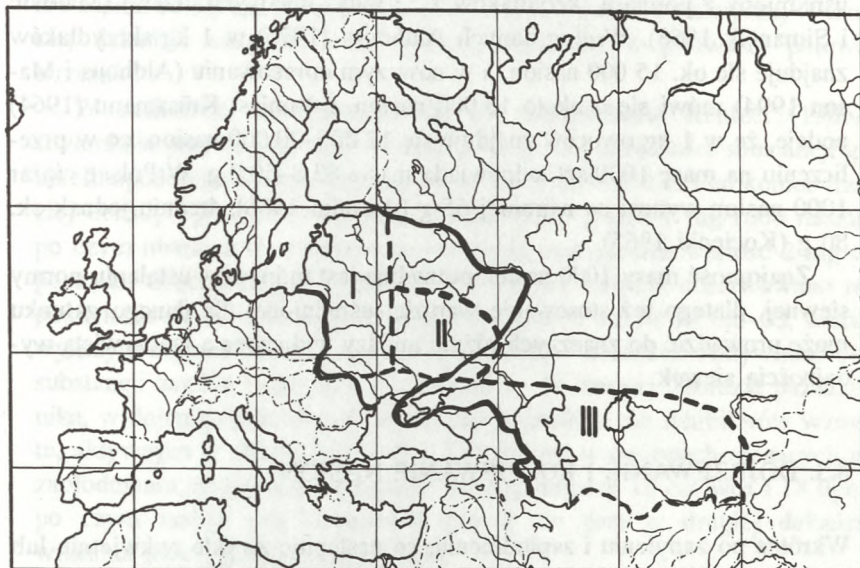
W zależności od warunków dojrzewania nasion na drzewie oraz geograficznego pochodzenia, zarodek może dorastać od 40 do ponad 90% długości bielma (Dolja 1953; Varasova 1956; Nikolaeva i Vorob'eva 1978). W nasionach zebranych na Litwie sucha masa zarodków była 50 razy niższa od suchej masy bielma (Nikolaeva i Vorob'eva 1979). Według Judina (1967) procentowy udział suchej masy zarodka w suchej masie nasion, w zależności od ich geograficznego pochodzenia, może różnić się nawet pięciokrotnie. W nasionach pochodzących z St. Petersburga udział ten stanowił zaledwie 2,5%, a w nasionach pochodzących z Taszkientu aż 12,5%.

Z obserwacji Gardnera (1977) wynika, że w różnych latach 0–11% nasion nie wykształca zarodka. Zjawisko to według niego jest częściowo, bo w około 1,1%, rekompensowane przez dwa nasiona w skrzydlaku. W niektórych partiach udział skrzydlaków z dwoma nasionami może przekraczać nawet 12,5% (Tylkowski, dane npbl.). Jeszcze rzadziej trafiają się trzy nasiona w jednym skrzydlaku (ryc. 3) oraz nasiona z dwoma zarodkami (Barton 1945; Tylkowski, dane npbl.).

Na podstawie pomiarów długości 595 nasion zebranych z jednego drzewa Simančik (1967) stwierdził, że rozkład liczebności poszczególnych klas długości nasion odbiega od rozkładu normalnego i wykazuje dwuwierchołkowość, z największymi liczebnościami w klasach długości 14 i 19 mm. Również stosunek długości zarodka do długości nasienia był różny i u nasion o długości 14 mm osiągał wartość 0,66–0,76, a u nasion większych 0,47–0,58.

Przeciętna wielkość indeksu zarodkowego (stosunek długości zarodka do długości nasienia) nasion jesionu zbieranych na terenie Polski zachodniej, w różnych latach i z różnych drzew wynosiła w granicach 0,42–0,63. Przykładowo dla średniej wartości indeksu 0,42 (nasiona z jednego drzewa) rozrzut pojedynczych obserwacji zamykał się w granicach 0,33–0,54 (Tylkowski, dane npbl.).

W powiązaniu z warunkami klimatycznymi i skorelowaną z nimi wielkością zarodka dojrzałych nasion, Nikolaeva i Vorob'eva (1978) wyróżniły na terenie byłego Związku Radzieckiego trzy strefy (ryc. 4). Pierwsza z nich, obejmuje wschodnią granicę zasięgu do 34° długości geograficznej wschodniej, aż do przecięcia się na południu z 48° szerokości geograficznej



Ryc. 4. Północno-wschodnia granica zasięgu jesionu wyniosłego z wydzielonymi strefami odpowiadającymi wielkości indeksu zarodkowego w dojrzałych nasionach: I – 0,4–0,5; II – 0,6; III – 0,7–0,9 (wg Nikolaewej i Vorob'ewej 1978)

północnej. Granica ta pokrywa się z granicą między klimatem morskim i kontynentalnym (Martyn 1985). Nasiona jesionu w tej strefie charakteryzują się zarodkami o współczynniku 0,4–0,5. Druga strefa, wchodząca w zasięg klimatu kontynentalnego, rozciąga się od 54 do 47° szerokości geograficznej północnej i od 36 do 47° długości geograficznej wschodniej, a zarodki nasion jesionu charakteryzują się tam współczynnikiem 0,6. Trzecia strefa wchodzi w zasięg kontynentalnego klimatu suchego i wybitnie suchego i rozciąga się już poza granicę naturalnego zasięgu jesionu, na południe od 47° szerokości geograficznej północnej, a współczynnik zarodkowy wynosi tam 0,7–0,9.

8.2. MASA 1000 NASION/SKRZYDLAKÓW

Masa 1000 skrzydlaków jesionu na Morawach i Słowacji wynosi przeciętnie 77,8 g, przy czym masa nasion równa się 44,3 g, a masa owocni wraz ze skrzydełkiem 33,5 g, o wilgotności odpowiednio 10,1 i 8,5% (wynik uśredniony z pomiaru skrzydlaków z 23 indywidualnych drzew) (Matovič i Simančik 1968). Według danych Aldhousa (1975) w 1 kg skrzydlaków znajduje się ok. 15 000 nasion, a w nowszym opracowaniu (Aldhous i Mason 1994) mówi się o około 13 000 nasion, natomiast Krüssmann (1964) podaje, że w 1 kg owoców znajduje się 12 000–20 000 nasion, co w przeliczeniu na masę 1000 szt. odpowiada masie 83,8–50,0 g. W Polsce ciężar 1000 nasion wynosi co najmniej 65 g (Anonim 1988), średnio jednak ok. 80 g (Kocięcki 1965).

Znajomość masy 1000 nasion potrzebna jest m.in. przy ustalaniu normy siewnej, dlatego też stosowanie wartości uśrednionej dla danego gatunku może prowadzić do znacznych różnic między wyliczoną a rzeczywistą wydajnością siewek.

8.3. DOJRZEWANIE I ROZSIEWANIE NASION

Wkrótce po zapyleeniu i zapłodnieniu, co następuje zwykle w kwietniu lub maju, jeszcze przed rozwojem liści, nasiona/skrzydłaki szybko dorastają do normalnych rozmiarów. W Bułgarii zarodek osiąga swoje ostateczne wymiary już w fazie dojrzałości mleczno-woskowej w sierpniu i później już nie rośnie (Marinov 1977a). W warunkach bardziej surowego klimatu, w okolicach St. Petersburga, proces dojrzewania nasion jest opóźniony o około jeden miesiąc. W okresie od 20 sierpnia do 20 września sucha masa zarodków nasion tej proveniencji wzrosła ponad dziesięciokrotnie, a bielma 1,7 razy (Zaborovskij i Varasova 1959).

W miarę dojrzewania nasion zmienia się też skład ilościowy materiałów zapasowych. W końcu września zawartość tłuszczów w nasionach (z St. Petersburga) była ponad dwukrotnie wyższa niż miesiąc wcześniej. Zawartość cukrów wzrosła w tym czasie o 1/3, obserwowano również pojawienie się skrobi, której nie było wcześniej oraz ponad dwukrotny wzrost zawartości azotu białkowego (Zaborovskij i Varasova 1959).

Zmianom ilościowym materiałów zapasowych w okresie dojrzewania (na Białorusi), od fazy mlecznej na początku września do dojrzałości pełnej w grudniu towarzyszy wysychanie nasion od wilgotności 55 do 6,5% (Savčenko 1975). Według tego autora, okres stabilizacji kumulowania tłuszczów w endospermie jest najlepszym terminem do rozpoczynania przysposabiania nasion do siewu. Na południu Białorusi przypada on zazwyczaj w trzeciej dekadzie sierpnia, a na północy Białorusi w pierwszej połowie września.

W nasionach, rozwijających się po zapłodnieniu, Kentzer (1966a) stwierdziła przy użyciu chromatografii bibułowej duże ilości substancji giberelinopodobnych, zlokalizowanych w strefie Rf 0,8–1,0. Pod koniec trzeciej dekady lipca ilość GA₃ przekraczała nieco ponad 1 mg/1000 nasion, po czym obniżyła się i ponownie osiągnęła maksymalną wartość 2 mg na początku trzeciej dekady września. Od połowy sierpnia obserwowano też pojawienie się substancji giberelinopodobnych w strefie Rf 0,0–0,3, w najwyższym stężeniu również w trzeciej dekadzie września. Aktywność obu substancji zanikła całkowicie w listopadzie. W drugiej dekadzie października, w dojrzałych nasionach wykazano pojawienie się inhibitorów wzrostu, aktywnych w strefie Rf 0,1–0,2. Cytokiny, w nasionach rosnących po zapłodnieniu, najwyższą aktywność osiągają między 15 czerwca i 18 lipca, po czym maleje ona stopniowo, prawie do zera w drugiej dekadzie września (Szczepkowska i in. 1978).

W początkowym stadium rozwoju nasion i formowania się zarodka stwierdzono wzrost aktywności kwasu abscyzynowego, z maksimum aktywności w końcu czerwca, po czym następuje stopniowy jej spadek, aż do zupełnego zaniku w dojrzałych nasionach w końcu września (Szczepkowska i in. 1978).

Pełną dojrzałość zbiorczą skrzydłaki osiągają w październiku, kiedy ich skrzydełka przybierają kolor jasnobrązowy. W miarę dojrzewania wilgotność nasion obniża się od ponad 60% w drugiej dekadzie sierpnia do 44% w pierwszej dekadzie października (Zaborovskij i Varasova 1959). Dojrzałe skrzydłaki długo utrzymują się na drzewach, jednak większość z nich opada w ciągu zimy (patrz także rozdz. 10). Niekiedy skrzydłaki pozostają na drzewach do sierpnia następnego roku (Gardner 1977), a czasami jeszcze dłużej, bo do końca października (obserwacje w latach 1993/1994, w Poznaniu, Tylkowski, dane npl.).

Odległość lotu skrzydlaków opadających z drzew zależy w dużym stopniu od siły wiatru. Przy prędkości wiatru 5–7 m/s skrzydlaki opadały do 180–200 m od drzewa w terenie otwartym i 20 m w drzewostanie (Šustov 1971).

8.4. ZBIÓR SKRZYDLAKÓW

Pora zbioru skrzydlaków zależy w dużym stopniu od przeznaczenia nasion. Po wczesnym zbiorze, w drugiej połowie sierpnia lub na początku września, kiedy skrzydełka są jeszcze zielone (tzw. zbiór na zielono), nasiona nadają się tylko do natychmiastowego wysiewu w szkółce. W okresie między zbiorem a siewem należy zwrócić baczna uwagę, aby nie dopuścić do zagrzania się wilgotnych (>50% wilgotności) skrzydlaków. Powinno się je zbierać do koszy lub w przewiewne worki. Po wczesnym siewie i korzystnym przebiegu warunków pogodowych można spodziewać się wschodów już na pierwszą wiosnę.

Skrzydlaki zrywane w pełnej dojrzałości, w październiku lub w listopadzie, wymagają przynajmniej 7–8 miesięcy stratyfikacji w celu ustąpienia spoczynku nasion, wobec czego trudno byłoby uzyskać wschody na najbliższą wiosnę. Nadają się one natomiast do długoterminowego przechowywania w stanie podsuszonym.

Zbiór nasion jesionu jest stosunkowo łatwy, gdy zrywa się skrzydlaki z nisko osadzonych i łatwo dostępnych koron drzew alejowych lub parkowych, w przeciwieństwie do zbioru z wysokich drzew rosnących w zwarłym drzewostanie. Z 1 kg plonu otrzymuje się po oczyszczeniu 850–950 g skrzydlaków (Kocięcki 1965). Z drzew stojących, w ciągu jednego dnia pracy, wykwalifikowany robotnik może zebrać i oczyścić 7–10 kg skrzydlaków (Tyszkiewicz 1949).

Mechaniczny zbiór skrzydlaków przez otrząsanie z drzew na siatki lub płachty przy użyciu wibratora może być stosowany na niewielką skalę, na przykład na plantacjach nasiennych. Wydajność takiego pozyskiwania nasion w przypadku jesionu jest raczej niska i mało opłacalna. Zależy ona przede wszystkim od wielkości drzewa, od umiejscowienia wibratora na drzewie, od amplitudy i częstotliwości drgań oraz od wilgotności nasion (Osipov i in. 1976). Można tym sposobem zebrać około 70% nasion,

z drzew o wysokości 10–12 m, średnicy 18–22 cm, zawieszając wibrator na pniu na wysokości 4,2 m, i stosując około 900 wstrząsów na minutę przez 80 s, przy ich amplitudzie 4–11 cm i wilgotności skrzydłaków około 10%. Przy wilgotności skrzydłaków 30% ich pozyskanie tą metodą spada do około 40%.

8.5. OCENA NASION

8.5.1. OCENA JAKOŚCI NASION

Jakość nasion jesionu wyniosłego powinno oceniać się jeszcze przed zrywaniem skrzydłaków z drzew. W niektórych latach zdarza się, że 15–75% nasion może być uszkodzonych przez larwy ćmy *Pseudargyrotoza conwagnana* (Gardner 1977; Wardle 1959), bądź też pustych, w efekcie niezapylenia na skutek złych warunków pogodowych.

Najprostszym sposobem określenia zdrowotności nasion, zwłaszcza spoczynkowych, jest próba krojenia. Do próby tej pobiera się 300 nasion (3×100), które moczy się przez 2 doby w wodzie, po czym na podstawie wyglądu przekroju w dwóch płaszczyznach ocenia się zdrowotność bielma i zarodka. Metoda ta pozwala ocenić jakość nasion szybko, choć tylko pobieżnie.

8.5.2. OCENA CZYSTOŚCI NASION

Ocenę tę wykonuje się na próbce ściślej, którą pobiera się z próbki średniej. Próbka średnia (100 g) reprezentuje partię do 100 kg nasion. Wielkość próbki ściślej dla jesionu wyniosłego powinna odpowiadać masie 50 g nasion (Antosiewicz i Kocięcki 1976). Według I.S.T.A. (1993) próbka średnia (400 g) reprezentuje zapas 1000 kg, a próbka ściśła jest równa połowie próbki średniej. W ocenie czystości wyróżnia się nasiona czyste, uszkodzone mechanicznie, uszkodzone przez owady, uszkodzone przez grzyby, uszkodzone przez gryzonie, skielkowane, puste, obce oraz zanieczyszczenia z badanego gatunku, zanieczyszczenia mineralne i inne. Po ustaleniu procentowego udziału nasion czystych określa się poziom czystości: wysoki 95%, średni 90% i dopuszczalny 85%.

8.5.3. OCENA ŻYWOTNOŚCI NASION

Ocena żywotności nasion jesionu przez badanie zdolności kiełkowania nie znajduje praktycznie zastosowania z uwagi na stan spoczynku nasion i długi czas potrzebny do jego likwidacji przez stratyfikację. Zasady I.S.T.A. (1993) dopuszczają stosowanie tej metody, jednak po uprzednim przysposobieniu (po stratyfikacji) nasion przez 2 miesiące w 20°C i następnie 7 miesięcy w 3–5°C. Tak przysposobione nasiona umieszcza się na 8 tygodni na wilgotnej bibule w przezroczystych pojemnikach, w temperaturze cyklicznie zmiennej 20–30°C (16+8 godz.). Pierwszego liczenia kiełkujących nasion dokonuje się po 2 tygodniach.

Najczęściej stosowaną metodą oceny żywotności nasion jesionu jest metoda barwienia zarodków (I.S.T.A. 1993), opracowana przez Lakona (1942). Metoda oparta jest na redukcji 1% roztworu bezbarwnej soli 2,3,5-chloroku trójfenylotetrazolu (w skrócie TTC), o pH 6,5–7,0 do czerwono zabarwionego trifenyloformazanu, pod wpływem procesów zachodzących w żywych komórkach. Martwe tkanki nie zabarwiają się.

W próbkę podlegającej ocenie TTC powinno być 4 × 100 nasion. Przed właściwą oceną nasiona należy wyjąć ze skrzydełek i moczyć w wodzie przez kilkanaście godzin. Po wyjęciu z wody odcina się z obu stron boczne krawędzie nasion ok. 0,5 mm na całej długości (od wierzchołka do wierzchołka) i umieszcza nacięte nasiona w roztworze TTC w 30°C na 16–24 godzin, w ciemności. Po tym czasie nasiona płucze się bieżącą wodą na sicie i następnie poddaje ocenie. W tym celu rozchyla się dwie połowki bielma i wyjmuje zarodek. Ocenie podlega zarówno bielmo, jak i zarodek. W przypadku zabarwienia na kolor czerwony, czasami nawet wiśniowy, uważa się je za żywotne. Gdy bielmo jest nie zabarwione, nasiono uznaje się za niezdolne do skielkowania nawet w przypadku, gdy zarodek jest żywy. Nieliczne plamy nekrotyczne w peryferyjnych strefach bielma nie dyskwalifikują jeszcze nasion, jednak gdy nekrozy występują w pobliżu zarodka, nasiono uznaje się za niezdolne do skielkowania.

Na równi z metodą barwienia w TTC, zasady I.S.T.A. (1993) zalecają do oznaczania żywotności nasion jesionu test izolowanych zarodków. Po moczeniu całych skrzydełek w wodzie przez 24 godziny (4 × 50 szt.), wyjmuje się z nich nasiona i moczy w wodzie przez dalsze 24–48 godzin, po czym skalpelem lub żyłką nacina się krawędzie nasion i wyjmuje

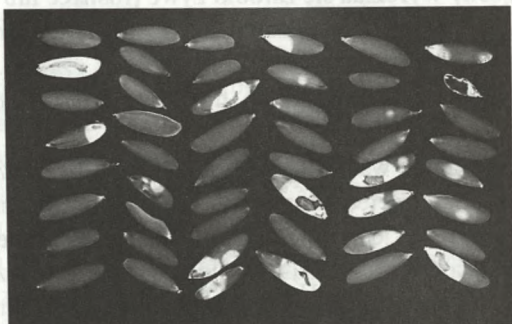
nieuszkodzone zarodki. Podczas wyjmowania zarodków należy zachować umiarkowanie sterylne warunki, używając 70% etanolu do czyszczenia narzędzi. Izolowane zarodki inkubuje się na wilgotnej bibule w szalkach Petriego, w plastikowych pudełkach lub na kielkowniku Jacobsena, w stałej temperaturze 20–25°C przez 14 dni z 8 godzinnym oświetleniem w ciągu doby. Podczas oceny wyróżnia się zarodki żywe (rosnące lub nie zmienione, lekko powiększone, jędrne, białe, żółte lub zazielenione) oraz nieżywotne (porażone pleśniami, psujące się, szare, brązowe lub czarne). Wynik oceny, wyrażony ilorazem zarodków żywych do wszystkich nasion użytych do oceny, podaje się w procentach.

W Polsce i w krajach wschodnioeuropejskich do oceny żywotności nasion jesionu stosuje się metodę barwienia zarodków w wodnym roztworze indygokarminu (1:2000), jednak w krajach zachodnioeuropejskich metoda ta nie jest stosowana (Suszka 1991). Zarodki, wyjęte z moczonych nasion, poddaje się próbie barwienia, przez 1 godzinę w temperaturze pokojowej, w ciemności. Po upływie tego czasu zarodki opłukuje się w wodzie i ocenia stopień ich zabarwienia (Antosiewicz i Kocięcki 1976). W przeciwieństwie do metody tetrazolowej, w metodzie indygokarminowej zabarwieniu na kolor ciemnoniebieski ulegają tylko martwe tkanki, a żywe pozostają białe, nie zabarwione. Niestety w metodzie tej nie ocenia się bielma, którego jakość decyduje także o żywotności nasion (Holmes i Buszewicz 1956).

Machaniček (1967) porównywał wyniki żywotności 6 partii nasion jesionu wyniesłego ocenianych metodą tetrazolową, metodą izolowanych zarodków oraz próbą kielkowania. Wyniki wszystkich trzech ocen różniły się nieco – najwyższe wyniki uzyskiwano w ocenie tetrazolowej, a najniższe podczas próby kielkowania. Jedna z ocenianych partii nasion wykazała bardzo wysoką żywotność po ocenie tetrazolowej (89%), natomiast po stratyfikacji ciepło-chłodnej (20°/3–5°C przez 2+7 mies.) w próbie kielkowania, po 60 dniach w temperaturze pokojowej, skiełkowała zaledwie w 38%, jednak wynik ten może świadczyć o niewłaściwej metodzie przysposobienia nasion jesionu (Tylkowski 1993).

Jedną z najnowszych metod stosowanych do oceny żywotności nasion, ale nie akceptowanych jeszcze przez I.S.T.A., jest metoda rentgenograficzna. Dla nasion jesionu zaadaptował ją Machaniček (1976). Nasiona wyjęte ze skrzydełek moczy się przez 16 godzin w 30% roztworze NaJ lub KJ, w temperaturze pokojowej. Sól, zastosowana podczas tej inkubacji, impregnuje martwe

komórki nasion. Po opłukaniu przez półtorej minuty na sicie pod bieżącą wodą, osącza się nasiona z resztek wody bibułą i suszy w temperaturze 65°C przez półtorej godziny. Wysuszone nasiona prześwietla się promieniami rentgena i ocenia ich jakość na podstawie obrazu na kliszy (rentgenogramie). Nasiona żywe są jasne, martwe natomiast są zaimpregnowane, ciemne (ryc. 5).



Ryc. 5. Rentgenogram nasion jesionu wyniosłego. Widoczne nasiona puste i uszkodzone przez owady (fot. T. Tytkowski)

Okres ważności oceny nasion jest stosunkowo krótki i dla nasion przechowywanych luzem w nie kontrolowanych warunkach nie przekracza 5 miesięcy, a dla nasion stratyfikowanych zaledwie 1 miesiąc (Antosiewicz i Kocięcki 1976).

Wyróżnia się trzy klasy jakości nasion jesionu wyniosłego, o których decyduje ocena żywotności. Do klasy I zalicza się nasiona, których żywotność jest równa lub wyższa od 81%, do klasy II nasiona o żywotności co najmniej 71% i do klasy III nasiona o żywotności równej lub wyższej od 50% (Antosiewicz i Kocięcki 1976).

8.6. PRZECHOWYWANIE NASION

8.6.1. PRZECHOWYWANIE NASION PO ZBIORZE

Nasiona jesionu wyniosłego zalicza się do kategorii „orthodox”, co oznacza, że można je bez utraty żywotności podsuszyć do stosunkowo niskiej wilgotności (Roberts 1973).

Dojrzałe nasiona, przeznaczone do przechowywania, należy podsuszyć. Podosuszanie przeprowadza się zazwyczaj w przewiewnych miejscach, na przykład na strychach, w temperaturze otoczenia lub w pomieszczeniach ogrzewanych, w temperaturze pokojowej. Skrzydlaki, początkowo wilgotne, powinny być rozłożone cienką warstwą na drewnianym podłożu i często przegarniane, aby uniknąć samozagrzewania się nasion i rozwoju grzybów. Po osiągnięciu przez skrzydlaki wilgotności 9–11% można je przechowywać luzem w warstwie do 30 cm grubości lub w skrzynkach albo przewiewnych workach, w suchym i chłodnym pomieszczeniu. W taki sposób można przechowywać skrzydlaki tylko przez jedną zimę, do rozpoczęcia stratyfikacji (Antosiewicz i Kocięcki 1976). Skrzydlaki podosuszone do 7% wilgotności zachowują w pełni żywotność nawet po 2,5 roku przechowania w temperaturze 10–11°C, w szczelnie zamkniętych naczyniach lub workach foliowych (Vlase i in. 1973). W temperaturze 5°C żywotność nasion przechowywanych szybko się obniża – po 7 latach prawie połowa nasion była jeszcze żywotna (z początkowych 66 spadła do 35%), a po 8 latach wszystkie nasiona utraciły żywotność (Barton 1945).

Skrzydlaki przeznaczone do długoterminowego przechowywania powinny być podosuszone do wilgotności 8–10% i przechowywane w szczelnie zamkniętych pojemnikach, na przykład w plastikowych kanistrach lub workach foliowych, w temperaturze –3°C. Taki sposób przechowywania zapewnia zachowanie żywotności nasion przez 8 i więcej lat (Suszka 1987).

Podosuszenie nasion do wilgotności 3,7% pozostawało bez wpływu na ich żywotność (Jahnel i Zentsch 1961).

8.6.2. PRZECHOWYWANIE NASION W STANIE NAPEĆZNIALYM

W pełni napęczniałe nasiona jesionu wyniosłego, pozostawione w skrzydlakach, umieszczone na wilgotnej bibule w szalkach Petriego, przechowywano przez 6 lat w temperaturze 22–25°C. Ich żywotność obniżyła się w tym czasie z początkowo wysokiej 95 do 40% (Villiers 1972a). Nasiona tej samej partii, powietrznie suche, przechowywane w tej samej temperaturze, utraciły całkowicie żywotność już po 2 latach.

Przetrzymywanie nasion w stanie napęczniałym w temperaturze pokojowej powodowało po dwóch latach formowanie się w zarodku cytolisomów,

a po pięciu latach obserwowano w nich rozległe uszkodzenia systemu membran. Podczas próby kiełkowania zarodków izolowanych z tych nasion obserwowano opóźnienie początku kiełkowania o 5–7 dni, w porównaniu z 1–2-dniowym opóźnieniem kiełkowania zarodków z nasion poddanych pięczeniu przez 3 miesiące w temperaturze pokojowej. W tym czasie wakuole w komórkach działały jak lizosomy, pochłaniając i hydrolizując uszkodzone organelle cytoplazmatyczne. Formowanie się nowych organelli następowało przez podział i przedzielenie błonami stref uszkodzonych od widocznych stref nie uszkodzonych w nielicznych, istniejących jeszcze organellach (Villiers 1972a).

Zachowanie żywotności nasion napęczniałych przez tak długi okres w temperaturze pokojowej było możliwe dzięki aktywnym procesom naprawczym błon cytoplazmatycznych i systemów genetycznych w uwodnionych komórkach (Villiers 1972a).

8.6.3. PRZECHOWYWANIE NASION PO STRATYFIKACJI

Przechowywanie nasion przysposobionych do kiełkowania, a więc już pozbawionych spoczynku, można rozpatrywać jako czynność zmierzającą do powstrzymania kiełkowania przed siewem przez stosunkowo krótki czas bądź też jako sposób przechowania nasion przez co najmniej kilka miesięcy. W przypadku przedwczesnego kiełkowania nasion podczas dołowania czy stratyfikacji, gdy niemożliwe jest dokonanie siewu ze względu na warunki pogodowe lub nieodpowiedni stan gleby w szkółce, proces kiełkowania można powstrzymać przez obniżenie temperatury.

W warunkach gospodarczych stosuje się okrywanie dołowanych nasion warstwą ubitego śniegu lub umieszczenie ich w lodowni, w temperaturze nieco poniżej 0°C (Tyszkiewicz 1949; Kocięcki 1965). Nasiona przysposobione do kiełkowania można wraz z podłożem stratyfikacyjnym zamrozić w temperaturze –3°C w chłodni na 8 tygodni, bez jakiegokolwiek obawy obniżenia ich zdolności kiełkowania i wschodzenia (Suszka 1987, 1989). Dłuższe mrożenie (do 20 tygodni) nasion w takich warunkach przyczynia się do niewielkiego spadku zdolności ich kiełkowania i wschodzenia.

Innym sposobem powstrzymania kiełkowania nasion jesionu i jednocześnie sposobem przechowywania nasion pozbawionych spoczynku jest szybkie ich podsuszenie po stratyfikacji do wilgotności ok. 10%, pod wa-

runkiem, że temperatura suszenia nie będzie wyższa od 15°C. Suszenie wilgotnych nasion po stratyfikacji w temperaturze wyższej może zaindukować w nich spoczynek wtórny, skutkiem czego będą wymagały one ponownej stratyfikacji (Celjadinova 1957; Judin 1970; Tylkowski dane npbl.). Poprawnie podsuszone nasiona można przechować w szczelnie zamkniętych pojemnikach w temperaturze -3°C nawet przez 80 tygodni. Po wysiewie nasiona takie podejmują kiełkowanie wkrótce po umieszczeniu w wilgotnym podłożu, w temperaturze 3-25°C, a ich zdolność kiełkowania (64,4%) jest tylko nieznacznie niższa od nasion nie przechowywanych (72,5%) (Tylkowski 1990). Podsuszenie nasion do wilgotności 16% powoduje szybką utratę zdolności kiełkowania podczas przechowywania zarówno w 3° jak i -3°C, natomiast nie stwierdzono różnicy w zdolności kiełkowania nasion podsuszonych do 12% wilgotności i przechowywanych w obu temperaturach przez 48 tygodni.

Nasiona podsuszone po przystosowaniu do kiełkowania można bez utraty żywotności przechowywać w temperaturze -196°C, w ciekłym azocie (Tylkowski, dane npbl.)

8.7. SPOCZYNEK NASION

8.7.1. CHARAKTERYSTYKA SPOCZYNKU

Zgodnie z podziałem typów spoczynku nasion (Nikolaeva i in. 1985), nasiona jesionu wyniosłego klasyfikowane są do grupy spoczynku kombinowanego, A1-B-V3. Oznacza to, że spoczynek tych nasion wywołany jest równocześnie słabym, egzogennie hamującym oddziaływaniem owocni (A1), endogennym spoczynkiem morfologicznym spowodowanym niedorośnięciem zarodka (B) oraz głębokim, endogennym spoczynkiem, którego przyczyną jest fizjologiczny mechanizm hamowania (V3).

Podczas stratyfikacji skórzasta owocnia hamuje silnie rozwój zarodka przez ograniczenie dostępu tlenu do nasienia (Villiers i Wareing 1964). Wyjęcie nasion ze skrzydełek lub perforacja ściany owocni (otwór o średnicy 1 mm) oraz atmosfera wzbogacona w tlen, znacznie przyspieszały wzrost zarodka w porównaniu ze wzrostem zarodków w nasionach z nie uszkodzoną owocnią, chociaż we wcześniejszych badaniach zależności takich nie stwierdzono (Ferency 1955).

Zarodek, choć morfologicznie wykształcony, jest fizjologicznie niedojrzały i wymaga odpowiednich warunków do wzrostu i ustąpienia spoczynku. W temperaturze 18–20°C zarodki rosną szybciej w nasionach napęczniałych i pozbawionych skrzydełek, niż w nasionach ze skrzydełkami. Zarodki w nasionach pozbawionych skrzydełek rosły również, gdy nasiona te stratyfikowano wyłącznie w 5°C, a po 6 miesiącach skielkowały w ponad 60%. Natomiast stratyfikacja całych skrzydlaków w tej temperaturze spowodowała, że nasiona nie kiełkowały wcale w ciągu 20 miesięcy, a w 6% skielkowały po 2 latach, to jest do czasu zakończenia próby (Villiers i Weiring 1964).

8.7.2. SPOCZYNEK ZARODKA

Zarodki wyjęte z nie stratyfikowanych, spoczynkowych nasion, pochodzących z Litwy, Białorusi i Ukrainy, umieszczone na wilgotnej bibule w temperaturze 20°C, praktycznie nie rosły w ciągu 22 dni, zarówno na świetle, jak i w ciemności. Po 2 miesiącach stratyfikacji nasion w 15–16°C izolowane z nich zarodki skielkowały w w/w warunkach, w zależności od pochodzenia, w 5–67%, a po 6 miesiącach takiej stratyfikacji w 70–93%. Prawie wszystkie zarodki skielkowały dopiero wtedy, gdy wyjęto je z nasion stratyfikowanych w ciepło-chłodnym układzie termicznym 15–16°/5–6°C, 2+4 miesiące (Nikolaeva i Vorob'eva 1978; Vorob'eva 1981).

W innych, wcześniejszych badaniach Nikolaeva (1967) obserwowano jednak w temperaturze 15–20°C powolny wzrost 52% zarodków, izolowanych z nasion wkrótce po zbiorze. Procentowy udział rozwijających się zarodków wzrastał do 70% po przechowaniu nasion na sucho, bez żadnych objawów morfologicznej nienormalności siewek. Podobne wyniki uzyskano wcześniej (Dolja 1953). Siewki wyhodowane z nasion nie stratyfikowanych, które rosły w warunkach krótkiego dnia w temperaturze 22–26°C, charakteryzowały się karłowatością (wysokość ich nie przekraczała 0,9 cm) i brakiem liści właściwych, w przeciwieństwie do normalnie rosnących siewek w warunkach dnia długiego. Wydłużanie czasu oświetlenia przy zbyt niskiej temperaturze i małym natężeniu światła wpływało w znacznym stopniu, choć nie zawsze, na normalny wzrost siewek z zarodków nasion spoczynkowych. Podwyższenie temperatury i wyższe natężenia światła

podczas wzrostu siewek przyczyniały się do całkowitej likwidacji objawów fizjologicznej karłowatości roślin zarówno przy długim, jak i krótkim dniu (Nikolaeva 1967).

Te przeciwstawne obserwacje (Nikolaeva 1967; Nikolaeva i Vorob'eva 1978) mogły być spowodowane odmiennymi warunkami meteorologicznymi podczas dojrzwania nasion w różnych latach, wywierającymi silny wpływ na rozwój zarodków w nasionach (Tylkowski 1993). Przyczyn różnej reakcji zarodków można też dopatrywać się w błędach metodycznych popełnionych podczas ich wyjmowania z nasion. Villiers i Wareing (1964) porównywali wzrost zarodków izolowanych z nasion świeżo napęczniałych, które umieszczono albo na wilgotnej bibule albo na szkle, w nasyczonej wodą atmosferze. Zarodki na bibule zazieleniły się po 3 tygodniach, a ich korzenie wykazywały geotropizm dodatni, w przeciwieństwie do braku jakiegokolwiek wzrostu zarodków na szkle. Sugerowało to wymywanie inhibitorów wzrostu z zarodków umieszczonych na bibule, jak się jednak później okazało, przyczyną braku wzrostu zarodków na szkle było ich częściowe odwodnienie (Villiers i Wareing 1965).

Zarodki wyizolowane z nasion nie stratyfikowanych oraz z nasion po stratyfikacji cieplej (4 miesiące w temperaturze 18°C), albo ciepło-chłodnej (18/5°C, 1+4 mies.) zawsze kiełkowały na wilgotnej bibule, pod warunkiem, że po wyjęciu z nasion były przez 48 godzin intensywnie płukane w wodzie. Zarodki nie płukane, wyjęte z nasion nie stratyfikowanych lub z nasion tylko po cieplej stratyfikacji nie rosły wcale, natomiast z pewną zwłoką podejmowały wzrost zarodki po traktowaniu ciepło-chłodnym. Gdy omawiane zarodki wysadzono do doniczek i umieszczono w oświetlonym, ciepłym pomieszczeniu, zdrowe siewki uzyskano z obu, płukanych i nie płukanych zarodków wyjętych z nasion po stratyfikacji ciepło-chłodnej, natomiast karłowate siewki z krótkimi międzywęzłami otrzymano z zarodków płukanych po stratyfikacji cieplej. Zarodki nie płukane po cieplej stratyfikacji oraz zarodki z nasion nie stratyfikowanych, zarówno płukane, jak i nie płukane, pozostawały w stanie spoczynku (Villiers i Wareing 1964).

8.7.3. WPŁYW ENDOGENNYCH REGULATORÓW WZROSTU

Wydaje się, że źródło spoczynku zarodków może być zlokalizowane w liścieniach. Gdy liścienie zarodków izolowanych z nasion spoczynkowych,

niecałkowicie jeszcze dojrzałych (z zielonych skrzydlaków), umieszczono na pożywce w sposób umożliwiający pobieranie przez nie wody, to zarodki pozostawały spoczynkowe. W przypadku, gdy liścienie nie miały kontaktu z podłożem lub gdy zostały one usunięte, wówczas zarodki nie przejawiały objawów spoczynku. Sugeruje to, że inhibitory są produkowane w liścieniach, w trakcie procesu pęcznienia (Bulard i Monin 1963). Nie udało się jednak stwierdzić obecności inhibitorów wzrostu w suchych, spoczynkowych nasionach ani też podczas ich pęcznienia w temperaturze 2°C (Villiers i Wareing 1964). Gdy nasiona pęczniały w temperaturze 18°C, wykazano przy użyciu chromatografii bibułowej, w strefie Rf 0,8–0,9 obecność rozpuszczalnych w wodzie inhibitorów. Po 48 godzinach pęcznienia w wodzie w temperaturze 18°C stwierdzono w nasionach występowanie dużych ilości stymulatorów wzrostu rozpuszczalnych w eterze. Stymulatory te zanikały po 12 tygodniach pęcznienia.

Brak zdolności do podejmowania normalnego wzrostu przez zarodki ze spoczynkowych nasion przypisywany jest hamującemu działaniu dużych ilości kwasu indoliloctowego (IAA) i kwasu abscyzynowego (ABA). W 1 g suchej masy odtłuszczonych zarodków, wyjętych z nie stratyfikowanych nasion jesionu wyniosłego, stwierdzono zawartość 75 mg IAA, 68 mg indolilo-3-acetonitrylu i 31 mg ABA (Nikolaeva i Vorob'eva 1979). W miarę wzrostu zarodka, już po 3 miesiącach stratyfikacji ciepłej w 15–16°C obserwowano duży spadek zawartości wszystkich wymienionych substancji do poziomu odpowiednio 17,6, 26,5 i 3,5 mg w 1 g suchej masy zarodków. Po stratyfikacji ciepło-chłodnej 15–16°/0–3°C (3+4 miesiące) nie stwierdzono występowania IAA w zarodkach, a poziom indolilo-3-acetonitrylu i ABA obniżył się odpowiednio do 5,5 mg/g i 0,6 mg/g suchej masy. W bielmie nasion nie stratyfikowanych zawartość IAA, indolilo-3-acetonitrylu i ABA była niewielka i wynosiła odpowiednio 1,1, 1,2 i 0,2 mg/g suchej masy bielma, a po stratyfikacji ciepło-chłodnej 0, 1,4 i 0,1 mg. Obniżanie się poziomu ABA w zarodkach i bielmie nie zależało od temperatury, chociaż w temperaturze 15–16°C proces ten zachodził znacznie szybciej niż w 0–3°C. W przeciwieństwie do ABA, obniżanie się poziomu IAA w zarodkach i bielmie było silnie uzależnione od temperatury stratyfikacji. W fazie ciepłej spadek poziomu IAA zachodził szybko, natomiast podczas stratyfikacji wyłącznie w chłodzie poziom IAA pozostawał prawie nie

zmieniony. Zastosowanie chłodu po ciepłej fazie stratyfikacji sprzyjało dalszemu spadkowi poziomu IAA w zarodkach (Nikolaeva i Vorob'eva 1979).

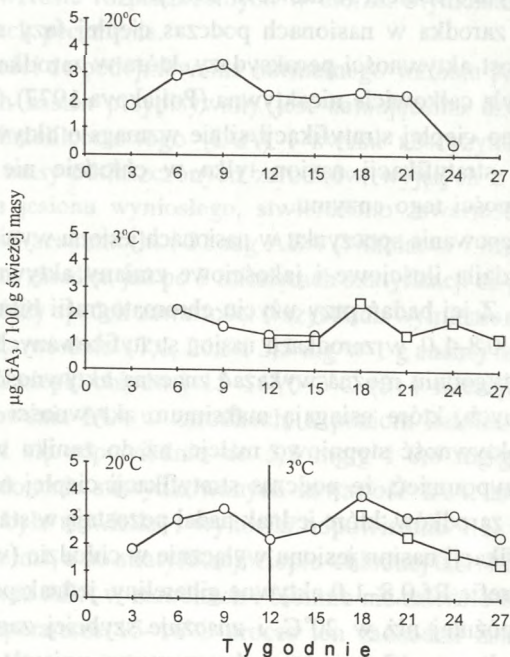
Zarodki izolowane z nasion stratyfikowanych 2 miesiące w 15–16°C i następnie przez 4 miesiące w 5–6°C, umieszczone na wilgotnej wacie w szalkach Petriego w temperaturze 20°C, rosły normalnie (korzeń, hipokotyl i liście), natomiast w temperaturze 10°C wzrost korzenia był zahamowany. Wzrost zarodków na świetle w 20°C był bardziej intensywny niż w ciemności, a w temperaturze 10°C odwrotnie. Gdy próbę wzrostu tych zarodków przeprowadzono w obecności kwasu abscyzynowego ABA (0,1 mg/l lub 1 mg/l), obserwowano silne zahamowanie wzrostu w 20°C (na świetle i w ciemności) przy obu koncentracjach, natomiast w 10°C stężenie ABA 0,1 mg/l stymulowało wzrost korzenia na świetle, a hamowało wzrost hipokotyli i liści (Nikolaeva 1967).

Wzrostowi zarodka w nasionach podczas ciepłej fazy stratyfikacji towarzyszył wzrost aktywności peroksydazy, która w zarodkach nasion spoczynkowych była całkowicie nieaktywna (Poljakova 1977). Wyjęcie zarodków z nasion po ciepłej stratyfikacji silnie wzmagало aktywność peroksydazy. Podczas stratyfikacji nasion tylko w chłodzie nie obserwowano wzrostu aktywności tego enzymu.

Podczas ustępowania spoczynku w nasionach jesionu wyniosłego, Kentzer (1966b) stwierdziła ilościowe i jakościowe zmiany aktywności endogennej giberelin. Z jej badań przy użyciu chromatografii bibułowej wynika, że w strefie Rf 0,8–1,0, w zarodkach nasion stratyfikowanych tylko w 20°C, już w trzecim tygodniu można wykazać znaczną aktywność substancji giberelinopodobnych, które osiągają maksimum aktywności w 9 tygodniu, po czym ich aktywność stopniowo maleje, aż do zaniku w 24 tygodniu. Warto tutaj przypomnieć, że podczas stratyfikacji ciepłej następuje w nasionach wzrost zarodków, które jednak nadal pozostają w stanie spoczynku. Podczas stratyfikacji nasion jesionu wyłącznie w chłodzie (w 3°C) również wykazano w strefie Rf 0,8–1,0 aktywne gibereliny, jednak pojawiły się one o 3 tygodnie później niż w 20°C, i znacznie szybciej zanikły, bo w 18 tygodniu. Ponadto, w 12 tygodniu obserwowano pojawienie się innych aktywnych giberelin w strefie Rf 0,0–0,3, których nie było w 20°C, a ich aktywność utrzymywała się do 27 tygodnia, to jest do zakończenia eksperymentu. W temperaturze tej procesy wzrostu zarodka zachodzą bardzo

wolno i tylko niewielki procent nasion jest zdolnych do skielkowania (ryc. 6).

W warunkach stratyfikacji ciepło-chłodnej, prowadzącej do likwidacji spoczynku nasion, aktywność obu substancji giberelinopodobnych utrzymywała się aż do rozpoczęcia kiełkowania nasion (Kentzer 1966b). W zależności od warunków cieplnych stratyfikacji, zmiany ilościowe i aktywności giberelin notowano także w bielmie nasion jesionu. W chłodnej fazie stratyfikacji ciepło-chłodnej stwierdzono wysoką aktywność giberelin w dwóch strefach Rf 0,0–0,3 i 0,8–1,0, natomiast gdy nasiona stratyfikowano przez cały czas w temperaturach stałych (cieplej lub chłodnej), aktywne gibereliny były tylko w jednej strefie (Rf 0,8–1,0) (Kentzer 1966b).



Ryc. 6. Zmiany aktywności substancji giberelinopodobnych, aktywnych w strefie Rf 0,0–0,3 (kwadraty) i Rf 0,8–1,0 (kółka), izolowanych za pomocą chromatografii bibułowej z zarodków nasion jesionu wyniosłego, stratyfikowanych w różnych temperaturach (wg Kentzer 1966a, zmienione)

Przy użyciu chromatografii cienkowarstwowej w zarodkach nasion stratyfikowanych w 20/3°C wykazano w strefie Rf 0,4–0,6 również aktywne, lecz nie zidentyfikowane gibereliny, których nie stwierdzono w zarodkach nasion nie stratyfikowanych (Kentzer 1966b).

Podczas stratyfikacji w warunkach prowadzących do likwidacji spoczynku, już w cieplej fazie, począwszy od czwartego tygodnia, zaznaczał się silny wzrost aktywności cytokinin, w dwóch strefach Rf 0,5–0,7 i 0,9–1,0. Po zmianie temperatury stratyfikacji z cieplej na chłodną aktywność cytokinin dalej wzrastała, po czym, po sześciu tygodniach, zaczęła się obniżać. Aktywność cytokinin miała zapewne związek z podziałami komórek zarodka, obserwowanymi w tym okresie stratyfikacji przez Ljaśuka (1971). W strefie Rf 0,0–0,2 natomiast nie stwierdzono aktywnych cytokinin, typowych dla rozwijających się nasion (Szczepkowska i in. 1978).

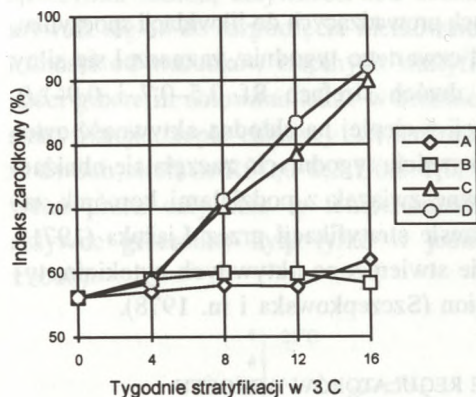
8.7.4. EGZOGENNE ODDZIAŁYWANIE REGULATORÓW WZROSTU

Reakcja zarodków na egzogenne działanie IAA jest zróżnicowana. Oddziaływanie IAA w stężeniu 0,001% na zarodki izolowane z nasion po stratyfikacji cieplej (6 miesięcy w 15–16°C), hamowało ich wzrost o 70% w przypadku nasion pochodzących z Litwy i o 90% w przypadku nasion z Ukrainy. Takie samo stężenie IAA, lecz zastosowane po stratyfikacji ciepło-chłodnej 15–16°C/5–6°C (2+4 miesiące), wywołało hamowanie wzrostu izolowanych zarodków odpowiednio o 30 i 0% (Nikolaeva i Vorob'eva 1979).

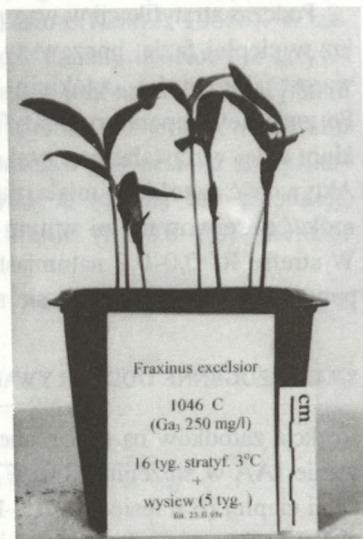
Egzogennie zastosowana giberelina A₃ (0,05%) silnie stymulowała, w porównaniu z zarodkami kontrolnymi, wzrost zarodków izolowanych z nasion stratyfikowanych przez 20 dni w 15–20°C (Nikolaeva 1967). Stopień stymulacji wzrostu zarodków przez giberelinę o tym stężeniu zależał jednak w dużym stopniu od stanu nasion, z których zarodki izolowano. W przypadkach stymulacji wzrostu zarodka przez giberelinę, dalszy wzrost siewek był nienormalny, gdyż roztwór 0,05% gibereliny silnie hamował wzrost pędu i formowanie liści. Stężenie GA₃ 1 mg/l w pożywce przeciwdziałało inhibicji wzrostu zarodków i siewek, silniej na świetle niż w ciemności (Bulard i Monin 1963).

Zarodki wyjęte z nasion, pochodzących z Taszkientu, stratyfikowanych w ciepłe przez 3 miesiące, umieszczone na wilgotnej bibule w temperaturze

20°C podejmowały wzrost już na 3 dzień, a 99% z nich uznano za normalnie rosnące po 6 dniach trwania próby. W identycznych warunkach, zarodki z nasion pochodzących z St. Petersburga rozpoczynały wzrost do-



Ryc. 7. Wzrost zarodka w nasionach jesionu wyniosłego (wyjętych ze skrzydłaków) stratyfikowanych w 3°C w podłożu (A) lub bez podłoża stratyfikacyjnego (B, C, D). Nasiona przed stratyfikacją bez podłoża moczone przez 24 godziny w wodzie (B), w roztworze GA₃ w stężeniu 250 mg/l (C) lub 500 mg/l (D)



Ryc. 8. Siewki jesionu wyniosłego 5 tygodni po wysiewie w szklarni. Nasiona przed wysiewem stratyfikowano jak w wariancie C ryciny 7

piero po 8 dniach, a 96% z nich uznano za rosnące po 18 dniach (Judin 1967). Rosnące zarodki wysadzono do doniczek z ziemią i umieszczono w cieplej szklarni. Począwszy od pojawienia się pierwszej pary liści, codziennie przez 20 dni наносono na pączek szczytowy roślin po jednej kropli 0,02% roztworu gibereliny. Po 4 miesiącach siewki traktowane gibereliną były 3–4 razy wyższe niż nie traktowane i miały 2 razy więcej liści. Liście te odbiegały jednak od normalnego wyglądu, rosły bowiem pojedynczo. Wysokość siewek kontrolnych wynosiła od 8,7 cm (nasiona z St. Petersburga) do 12,8 cm (nasiona z Krasnodaru). Na skutek przedłużonej wegetacji i nie ukończonego wzrostu, siewki traktowane roztworem gibereliny wymarzały podczas zimy.

Stratyfikacja nasion (wyjętych z owocni) w piasku nasyconym roztworem kwasu giberelowego (Gibrescol) o stężeniu 1×10^{-3} lub 5×10^{-3} M i do 60% pojemności wodnej zapewniała bardzo szybki wzrost zarodka w nasionach, zarówno podczas stratyfikacji w ciepłe (17–20°C, indeks zarodkowy bliski 100% po 12 tygodniach), jak i w chłodzie (4–6°C, indeks zarodkowy bliski 100% po 11 tygodniach) (Wciślińska 1977a, b). Podobne wyniki uzyskali Szalai (1965), Judin (1967) i Simančik (1967) po moczeniu nasion przed stratyfikacją przez 24 godziny w roztworze gibereliny 100 mg/l (porównaj ryc. 7 i 8).

8.8. PRZYSPOSABIANIE NASION DO SIEWU

W praktyce szkółkarskiej często bywa jeszcze stosowany tak zwany siew nasion po zbiorze „na zielono”. Warunkiem uzyskania wschodów na pierwszą wiosnę jest bardzo wczesny termin zbioru, przypadający w Wielkiej Brytanii już na przełomie lipca i sierpnia (Aldhous 1975), w Bułgarii w połowie września (Marinov 1977b), a w Polsce na początku września (Tyszkiewicz 1949).

Optymalny termin zbioru i natychmiastowego siewu nasion „na zielono” wyznaczyć można na podstawie przebiegu zmian wilgotności skrzydłaków i zawartości tłuszczów w nasionach. Przypada on na okres gwałtownego spadku wilgotności skrzydłaków oraz na czas stabilizowania się zawartości tłuszczów przy jednoczesnym spadku zawartości cukrów i skrobi w nasionach (Savčenko 1975).

W miarę opóźniania zbioru i siewu zdolność wschodzenia nasion stopniowo maleje. W Bułgarii skrzydłaki zbierane i wysiewane w terminie 2 i 17 IX 1975 r. weszły na następną wiosnę w 84,7 i 83,5%, natomiast zebrane i wysiane 29 IX, 17 X i 3 XI weszły odpowiednio w 51,9, 16,3 i 7,8% (Marinov 1977b).

Temperatura gleby na początku września utrzymuje się zazwyczaj w zakresie 15–20°C i po wysiewie w tym terminie wystarczająco długo oddziałując na nasiona w glebie, sprzyja kontynuacji wzrostu nie w pełni wyrosniętego zarodka (Lakon 1911; Dolja 1953; Zaborovskij i Varasova 1959). Po wysiewie należy zadbać, aby gleba nie ulegała zbyt niemu przesuszeniu, ponieważ wzrost zarodka i ustępowanie spoczynku zachodzą tylko

w nasionach dostatecznie uwodnionych. W Niemczech, w okolicach Hamburga, szkółkarze już w końcu sierpnia wysiewają wraz z nasionami jesionu nasiona roślin uprawnych, charakteryzujących się produkcją obfitej masy zielonej, na przykład rzepiku, które bardzo szybko wschodzą, zapewniają ocienienie gleby i zabezpieczają ją przed wysychaniem. Przed nastaniem mrozów wyrosnięte rośliny rzepiku są ścinane, rozdrabniane i równomiernie rozrzucone na całej powierzchni (ryc. 9). W ten sposób nasiona jesionu zabezpieczone są przed mrozami, a gleba jest dodatkowo wzbogacona w substancje organiczne. Wiosną, jeszcze przed wschodami jesionu, gdy zachodzi potrzeba, żywe rośliny rzepiku i ewentualne chwasty opryskuje się desykantami.

Skrzydłaki zerwane z drzew nieco później we wrześniu, lecz jeszcze zielone, i wysiane zaraz do gruntu przelegują do drugiej wiosny (Tyszkiewicz i Dąbrowska 1953). Z autopsji znam przypadek przelegiwania nasion jesionu wysianych „na zielono” po zbiorze w roku 1984, na powierzchni ok. 0,5 ha w jednej ze szkółek w województwie gdańskim. Okazało się, że łączny czas stratyfikacji ciepłej i chłodnej w warunkach naturalnych



Ryc. 9. W Szlezewiku–Holsztynie, po sierpniowym siewie do gruntu przechowywanych skrzydłaków jesionu wraz z nasionami rzepiku, w końcu października ścina się i rozdrabnia wyrosnięte rośliny rzepiku i mulczyje nimi zasiewy (fot. T. Tylkowski)

w glebie był zbyt krótki, spowodowany szybkim nadejściem zimy już w końcu października, a także bardzo wczesną wiosną w roku następnym. Ukazuje to, jak bardzo ryzykowny jest siew nasion po zbiorze „na zielono”, tym bardziej, że warunki cieplne w glebie na głębokości wysianych nasion w różnych latach mogą znacznie odbiegać od właściwych dla ustępowania spoczynku i są nieprzewidywalne. Kocięcki (1965) nie zaleca także do szerszego stosowania ani dołowania, ani siewu nasion zebranych „na zielono”, ponieważ takie postępowanie daje różne wyniki, najczęściej nie zadowalające.

Skrzydłaki zrywane w fazie pełnej dojrzałości nasion, w październiku i listopadzie, wymagają stratyfikacji ciepło-chłodnej 15–20°/1–7°C, przy czym faza ciepła powinna trwać 2–4 miesiące, a faza chłodna 3–4 miesiące (Jahnel i Zentsch 1961; Judin 1967, 1973; Nikolaeva i in. 1985; Suszka 1978a, b). Łączny czas przysposobienia nasion do siewu wynosi 5–8 miesięcy. Długość fazy ciepłej uwarunkowana jest wielkością zarodka, który pod koniec tej fazy powinien przekraczać 80% długości bielma. Termin siewu nasion, przysposobionych przez stratyfikację, przypada zazwyczaj na koniec marca lub na początek kwietnia. Przysposobianie nasion należy zatem rozpoczynać odpowiednio wcześnie, już na początku sierpnia. W tym czasie jednak skrzydłaki na drzewach są jeszcze zielone, z czego wynika, że w tej sytuacji należy dysponować nasionami przechowywanymi.

Przytoczony układ cieplny stratyfikacji dotyczy również nasion dojrzewających w warunkach klimatycznych Polski. Nasiona pochodzące z południowych partii zasięgu (np. Bułgaria, Krym, Taszcent) nie wymagają wcale lub wystarcza im tylko jeden miesiąc ciepłej stratyfikacji poprzedzającej stratyfikację chłodną (Varasova 1956; Marinov 1977a). Podobne wyniki uzyskał Simančik (1969a) na Słowacji. Wysiał on nasiona jesionu w szklarni w temperaturze 18–25°C, po 4–6 miesięcznej, wyłącznie chłodnej stratyfikacji i uzyskał wschody ponad 80%. W pracy Simančika (l.c.) brak jest jednak informacji o wielkości zarodków w nasionach, która w sposób istotny decyduje o warunkach cieplnych stratyfikacji.

W Polsce nasiona jesionu zerwane na początku października można niekiedy przysposobić do wysiewu już na następną wiosnę (Kocięcki 1965). W tym celu skrzydłaki należy zaraz po zbiorze przez 3 dni moczyć w wodzie o temperaturze pokojowej. Po namoczeniu miesza się je z wilgotnym, gruboziarnistym piaskiem rzeczonym (na 1 część nasion przypadają 3 części piasku, w stosunku objętościowym) i umieszcza w skrzynkach stratyfika-

cyjnych z ażurowym dnem z nierdzewnej metalowej siatki o oczkach 3 mm. Skrzynki z nasionami wstawia się do pomieszczenia o temperaturze ok. 20°C na 2 miesiące, a następnie przenosi do piwnicy o temperaturze 2–8°C. Podczas stratyfikacji kontroluje się okresowo (co 2 tygodnie) stan nasion i wilgotność piasku i w miarę wysychania uzupełnia ubytki wody. W przypadku stwierdzenia przedwczesnego kiełkowania, skrzynki z nasionami należy umieścić w temperaturze 0°C lub nieco niższej, na przykład w lodowni. W omawianym tutaj postępowaniu z nasionami Kocięcki nie uwzględnił zróżnicowanych warunków pogodowych podczas dojrzewania nasion w różnych latach, dlatego też zastrzega, że „jeżeli wysieje się nasiona niezupełnie przygotowane do skielkowania, wtedy znaczna ich część przeleży do następnego roku”, oraz że „lepiej jest przechować nasiona przez zimę i dopiero wiosną poddać je stratyfikacji”.

Zabieg przysposobiania do siewu przez stratyfikację polega na umieszczeniu skrzydlaków w wilgotnym substracie (torf, piasek lub ich mieszanina w stosunku objętościowym 1:1 lub 2:1) oraz na okresowej kontroli wilgotności podłoża i przewietrzaniu nasion. Wilgotność podłoża stratyfikacyjnego ocenia się manualnie. Jest ona optymalna wówczas, gdy po ściśnięciu podłoża w dłoni ukaza się pomiędzy palcami pojedyncze krople wody. Należy zapewnić właściwy reżim cieplny stratyfikacji. W ciepłej fazie (16 tygodni) kontrole przeprowadza się co tydzień, a w chłodnej (również 16 tygodni) co dwa tygodnie. Wyjęcie nasion z owocni umożliwia skrócenie ciepłej fazy stratyfikacji z 16 do 4 tygodni (Suszka i in. 1994).

Podczas ciepłej fazy stratyfikacji nasion już po 10 dniach obserwuje się wzrost zarodków, spowodowany głównie przez powiększanie się objętości komórek w efekcie pęcznienia. Po 2 miesiącach komórki zarodka są około 2 razy większe. Na początku 3 miesiąca stratyfikacji ciepłej zaczynają się podziały mitotyczne komórek. Pod koniec tego miesiąca formuje się stożek wzrostu pędu z dwoma zawiązkami liści zarodkowych, a na przeciwnym końcu osi zarodkowej formuje się apikalny merystem korzenia. Mitozy są kontynuowane podczas stratyfikacji chłodnej, a liczba komórek wzdłuż osi zarodka zwiększa się ze 180–200 do 400–450, czyli 2–2,5 razy (Ljašuk 1971; patrz także rozdz. 3 i 7).

W czasie ciepłej fazy stratyfikacji obserwuje się w komórkach merystematycznych korzenia zanikanie ciał tłuszczowych i towarzyszący mu spadek zawartości tłuszczów z 20% na początku do 4% pod koniec tej

fazy, ponadto wzrost zawartości białek z 14 do 24% w suchej masie oraz pojawianie się licznych ziarn skrobi, zwłaszcza w strefie kory wewnętrznej i czapeczce korzeniowej (Villiers 1970). W fazie chłodnej stratyfikacji ciepło-chłodnej obserwuje się znaczny wzrost wielkości jąder komórkowych, które powiększają około dwudziestokrotnie swoje normalne rozmiary oraz prawie dwukrotny wzrost zawartości komórkowego RNA (Villiers 1972b).

Próby stratyfikacji nasion jesionu wyniosłego bez podłoża podjęte w Instytucie Dendrologii w Kórniku oraz w placówkach naukowych Francji i Belgii w celu usprawnienia i ułatwienia zabiegu przysposabiania do siewu, zostały zakończone powodzeniem (Van de Walle 1987; Tylkowski 1990; Muller 1992). Skrzydlaki, umieszczone w plastikowych pudełkach, nawilża się stopniowo w ciągu kilku dni do wilgotności 52,5–60,0%. Poziom tej wilgotności powinien być regulowany i utrzymany przez cały czas przysposabiania, które odbywa się w takim samym reżimie cieplnym, jak podczas stratyfikacji w podłożu. Ubytki wody powinno się uzupełniać w fazie cieplej przynajmniej raz w tygodniu, a w fazie chłodnej co dwa tygodnie.

Duża wilgotność skrzydlaków i podwyższona temperatura sprzyjają rozwojowi grzybów zarówno saprofitycznych, jak i pasożytniczych, wobec czego zaleca się profilaktyczne lub interwencyjne stosowanie fungicydów, takich jak na przykład 1% Benlate (Tylkowski 1990).

Spoczynek nasion jesionu wyniosłego nie zawsze jednak ustępuje podczas stratyfikacji w podłożu lub bez podłoża z regulowaną wilgotnością skrzydlaków na poziomie 52,5–60,0% (Tylkowski 1993). Nasiona, które dojrzewały w warunkach pogodowych znacznie odbiegających od przeciętnych pod względem opadów atmosferycznych i temperatury (np. suche i gorące lato 1989 r.), były w niewielkim tylko procencie zdolne do kiełkowania i wschodzenia po przysposobieniu wyżej opisanymi metodami. Zastosowanie w tym przypadku cyklicznie powtarzanego moczenia skrzydlaków w wodzie, w cieplej fazie stratyfikacji co tydzień przez 1 godzinę, a w fazie chłodnej co dwa tygodnie, również przez 1 godzinę, zapewniło ustąpienie spoczynku większości nasion. Po moczeniu wodę z pojemników wylewa się, a pozostawione w nich skrzydlaki przykrywa się niezupełnie szczelnie wiekiem, włókniną lub folią plastikową (ryc. 10; Tylkowski 1994). Metoda ta jest jak dotąd najmniej uciążliwa w likwidacji spoczynku i przysposabianiu do siewu nasion pozostawionych w skrzydlakach. Można też ją



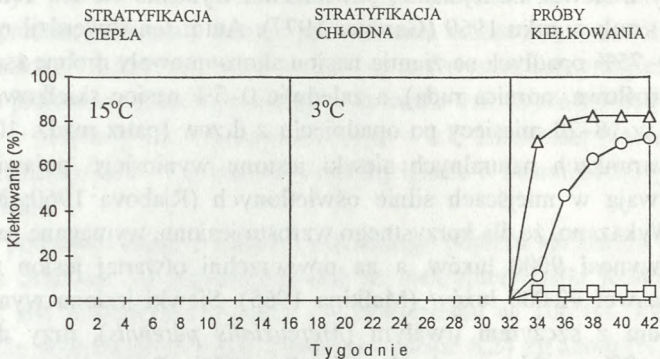
Ryc. 10. Skrzydlaki jesionu wyniosłego stratyfikowane sposobem bez podłoża, z cyklicznie powtarzanym moczeniem w wodzie (fot. T. Tylkowski)

stosować z powodzeniem w warunkach gospodarczych, wykorzystując pomieszczenia o temperaturze pokojowej (ciepła faza stratyfikacji) i piwnicę (chłodna faza stratyfikacji). Niewielkie wahania temperatury są dla ustępowania spoczynku praktycznie bez znaczenia. Zbędne ponadto jest stosowanie jakichkolwiek fungicydów, bowiem podczas moczenia skrzydlaków w wodzie, każdorazowo dochodzi do wymywania rozwijającej się grzybni i zarodników oraz ich usuwania wraz z wylewaną wodą (Tylkowski 1994).

8.9. KIEŁKOWANIE NASION

Temperaturę kiełkowania nasion jesionu po ciepło-chłodnej stratyfikacji (4 mies. w 15–20°C, następnie w 0–3°C przez różne okresy) badał Judin (1970) i stwierdził, że spoczynek nasion ustąpił całkowicie dopiero po 3 miesiącach chłodnej stratyfikacji, a w najwyższym procencie skiełkowały nasiona w 5 i 10°C, odpowiednio w 70 i 78%. W temperaturze 15 i 20°C skiełkowało zaledwie 4 i 1% nasion. Podwyższenie temperatury do 20°C może znacznie przyspieszyć kiełkowanie, ale tylko w przypadku nasion,

których spoczynek ustąpił całkowicie. W nasionach, których spoczynek nie został jeszcze przezwyciężony, podwyższona temperatura indukuje spoczynek wtórny (ryc. 11), co oznacza, że nasiona te będą zdolne do podjęcia kiełkowania dopiero po ponownej stratyfikacji w chłodzie (Celjadinova 1957).



Ryc. 11. Przebieg kiełkowania nasion jesionu wyniosłego podczas prób kiełkowania w 3°C (kółka), w 3~20°C (trójkąty) i 20°C (kwadraty), przeprowadzonych po stratyfikacji skrzydlaków w 15/3°C (16 + 16 tyg.)

Wyeliminowanie ryzyka zaindukowania w nasionach spoczynku wtórnego przez podwyższoną temperaturę, na przykład 20°C, zastosowaną po stratyfikacji ciepło-chłodnej, zapewnia działanie temperatury cyklicznie zmiennej 3~20°C, 3~25°C lub 5~25°C w cyklu dobowym 16+8 godzin (Suszka 1978a; Tylkowski 1988; Piotto 1994), albo 5~15°C w cyklu 10+14 godzin/dobę (Muller 1986; Suszka i in. 1994). W temperaturze cyklicznie zmiennej nasiona jesionu skiełkowały w takim samym procencie, jak w 3°C (powyżej 90%), lecz bardzo energicznie i o prawie 10 tygodni wcześniej, bo już po 4 tygodniach. W temperaturze 20°C odsetek skiełkowanych nasion nie przekraczał 20%, a pozostałe, nie kiełkujące nasiona zapadły w stan spoczynku wtórnego.

W kontekście powyższych rezultatów temperatura cyklicznie zmienna 20~30°C, zalecana do kiełkowania nasion jesionu wyniosłego przez I.S.T.A. (1993), jest niewłaściwa i powinna być zweryfikowana (Piotto 1994).

8.10. ODNOWIENIE NATURALNE

W drzewostanie, w pobliżu Derbyshire w Wielkiej Brytanii, w którym udział jesionu wyniosłego wynosił 90%, sprawdzano w latach 1966–1969 liczbę żywych nasion na powierzchni 1 m². W zależności od urodzaju liczba ta wynosiła od 0,08 w roku 1967 do 101 sztuk w roku 1966. Liczba jednorocznych siewek na tej samej powierzchni wynosiła od 0 w roku 1967 do 31,6 sztuk w roku 1969 (Gardner 1977). Autor ten stwierdził również, że aż 49–75% opadłych na ziemię nasion skonsumowały drobne ssaki (np. mysz zaroślowa, normica ruda), a zaledwie 0–5% nasion skiełkowało, zazwyczaj w 18–20 miesięcy po opadnięciu z drzew (patrz rozdz. 10).

W warunkach naturalnych siewki jesionu wyniosłego pojawiają się i przeżywają w miejscach silnie oświetlonych (Rjabova 1960; Malkina 1965). Wykazano, że dla korzystnego wzrostu jesionu, wymagane natężenie światła wynosi 9000 luxów, a na powierzchni otwartej jesion zużywa energię nawet 42 000 luxów (Malkina 1965). Siewki jesionu wyniosłego pod runem z szczyrem trwałym (*Mercurialis perennis*), przy dostępie światła < 9%, szybko zamierały (Wardle 1959). Przy niedostatecznym oświetleniu często dochodzi do plagiotropowego wzrostu młodych siewek i silnego korzenienia się zakrytych fragmentów pędu (Zaugol'nova 1967).

W celu zapewnienia korzystnego wzrostu dla nalotu jesionu na powierzchni, gdzie nastąpiło już odnowienie naturalne (w 3-piętrowym lesie dębowo-jesionowym z domieszką lipy, klonu i wiązu), podszyt powinien być usunięty w okresie 6–8 lat, a drugie piętro na 3–4 lata przed ostatecznym wyrębem (Nikitin 1958). Również na potrzebę usuwania chwastów i właściwe prześwietlenie koron zwraca uwagę Bourne (1945), zalecając usuwanie wąskich pasów drzew na kierunku północ-południe.

8.11. PRODUKCJA SADZONEK

8.11.1. PRODUKCJA SADZONEK W NAMIOTACH FOLIOWYCH

Materiał sadzeniowy jesionu przeznaczony na tereny skaliste i przemysłowe można produkować pod namiotami foliowymi, zarówno w pojemnikach, z zakrytym systemem korzeniowym, jak i bezpośrednio w podłożu,

z tak zwanym odkrytym systemem korzeniowym. W celu maksymalnego wykorzystania powierzchni pod namiotami stosuje się siew pełny. Przy współczynniku wydajności siewu 0,7 z powierzchni 1 m^2 powinno się uzyskać 400 siewek, co w przeliczeniu odpowiada zapotrzebowaniu 5 kg nasion na 1 ar szkółki (Gorzelałk i in. 1982). Przy tej wydajności na jedną siewkę przypada 25 cm^2 , natomiast we Francji przyjmuje się liczbę 80 siewek na 1 m^2 , czyli pięciokrotnie mniej niż w Polsce (Suszka i in. 1994).

W produkcji sadzonek jesionu pod osłonami można stosować kilka rodzajów podłoży. Najbardziej odpowiednie są torf wysoki lub przejściowy (a); ściółka jodłowa (b); ich mieszaniny w stosunku 1:1; (a) ze ściółką świerkową (c) w proporcji 1:1; mieszanka (b)+(c) – 1:1; mieszanka (b)+less – 1:1; mieszanka (c)+less – 1:1; oraz (a)+ trociny iglaste w stosunku 2:1 (Gorzelałk i in. 1982).

Na podstawie analizy składu chemicznego popiołu spalonych sadzonek jesionu ustalono, że zapotrzebowanie na makropierwiastki jednorocznych siewek jest stosunkowo wysokie i w przeliczeniu na 100 tys. roślin, przy odczynie podłoża pH 5,0–6,0, powinno wynosić 6,24 kg azotu (N), 2,00 kg fosforu (P), 6,72 kg potasu (K) i 7,20 kg wapnia (Ca) (Terpiński 1984; patrz także rozdz. 6).

Przysposobione do siewu nasiona/skrzydłaki (po stratyfikacji) wysiewa się w końcu zimy lub wczesną wiosną na głębokość 2 cm. Początek kiełkowania nasion jeszcze podczas przysposabiania świadczy o gotowości danej partii do wysiewu, lecz wcale nie oznacza, że wszystkie nasiona są całkowicie pozbawione spoczynku. Różnica czasu między ustąpieniem spoczynku pierwszych i ostatnich nasion pozyskanych z tego samego drzewa może przekraczać nawet 30 dni. Zasiewy należy zatem w początkowym okresie chronić przed zbyt wysoką temperaturą, aby umożliwić w nasionach niedostratyfikowanych zakończenie procesu ustępowania spoczynku i zabezpieczyć je przed indukcją spoczynku wtórnego (Celjadinova 1957). Namioty w tym czasie powinny być cieniowane i intensywnie wietrzone, a podłoże aż do wzejścia nasion należy utrzymywać we właściwej wilgotności.

W trzeciej dekadzie lipca należy przystąpić do hartowania roślin. Folie z namiotów zdejmuje się zazwyczaj w pierwszej dekadzie sierpnia, by siewki zdążyły zdrewnieć przed nastaniem jesiennych przymrozków.

W uprawie pod namiotami foliowymi w południowej Norwegii, w optymalnych warunkach, z zastosowaniem sztucznego doświetlania zaraz po wschodach nasion, jednoroczne siewki jesionu osiągają wzrost do 2 m (Habjoerg 1976).

8.11.2. PRODUKCJA SADZONEK W SZKÓŁCE

Nasiona po stratyfikacji powinny się wysiewać do gleby na głębokość 1,5–2 cm, wcześniej, już w końcu marca lub na początku kwietnia, gdy tylko pozwalają na to warunki. W szkółkach leśnych stosowany jest zazwyczaj siew rzędowy na zagonach szerokości 1 m, w 5 rzędach, w odstępach co 25 cm. Między zagonami pozostawia się odstępy 50–60 cm, umożliwiające swobodny przejazd kołami ciągnika. Dopuszcza się także siew pełny, lecz jest on rzadko stosowany ze względu na trudności związane z odchwaszczaniem.

Ilość nasion, potrzebną do wysiewu na powierzchni 1 ara oblicza się według wzoru:

$$N = \frac{L \cdot t}{c \cdot z \cdot w}$$

N – ilość nasion w kg na jednostkę powierzchni,

L – zamierzona liczba siewek z jednostki powierzchni,

t – ciężar 1000 nasion w gramach,

c – czystość plonu w %,

z – zdolność kiełkowania lub żywotność w %,

w – przewidywana wydajność siewu w %.

Najbardziej kontrowersyjnym czynnikiem w powyższym wzorze jest wartość w , czyli przewidywana wydajność siewu wyrażona w procentach. Na podstawie licznych obserwacji przeprowadzonych w Zakładzie Nasienictwa IBL (Tyszkiewicz i Obmiński 1963) ustalono dla jesionu wyniosłego orientacyjną granicę wydajności siewu 60–90%.

Według normy obowiązującej obecnie w Polsce (Anonim 1988; Niski 1991), ilość nasion I klasy wysiewanych siewem rzędowym (częściowym), powinna wynosić 2 kg/ar. Z powierzchni tej powinno się uzyskać nie mniej niż 8 tys. sadzonek I i II klasy. Z wyliczenia wynika, że wydajność siewu przyjęto 6%, to znaczy, że co najmniej z 36% wszystkich żywotnych nasion powinny wyrosnąć siewki.

Wydajność siewu przyjęta dla siewu pełnego według normy mieści się w przedziale 29,7–44,5%. W rzeczywistości jednak uzyskiwana wydajność siewek jesionu wyniosłego znacznie odbiega od zakładanej. Niemtur i Gazda (1993) stwierdzili, że średnia liczba siewek uzyskiwana z nasion wysiewanych w szkółkach leśnych Karpat i Sudetów w latach 1988–1991 nie przekraczała 6,5 % wydajności przewidywanej przez normy. Oznacza to, że zamiast spodziewanych 31 mln uzyskano tylko 2 mln sadzonek. Tak niska wydajność świadczy między innymi o niewłaściwym przysposobieniu nasion lub zbyt późnym ich siewie po stratyfikacji na wiosnę albo też jest wynikiem przelegiwania nasion, w przypadku siewu „na zielono”. Siew wiosenny w zbyt mocno ogrzaną glebę stwarza duże ryzyko zaindukowania w nasionach spoczynku wtórnego.

Produkcja sadzonek jesionu wyniosłego w ostatnich latach, przykładowo w RDLP Poznań (dane uzyskane dzięki uprzejmości mgr. inż. W. Szychowiaka), przedstawiała się następująco (tab. 1):

Tabela 1

Produkcja sadzonek w RDLP Poznań [w tys. szt.]

Rok	Pozyskanie skrzydłaków [kg]	Jednolatki	Dwulatki	Trzylatki	Ogółem
1990	376	–	–	–	–
1991	661	1028	944	411	2383
1992	521	607	945	570	2122
1993	580	961	441	663	2065

Jeżeli przyjmiemy, że wszystkie nasiona zbierano „na zielono” i wysiewano jesienią, to wydajność siewu (przy założeniu, że masa 1000 nasion wynosi 80 g, a czystość i zdolność kiełkowania równa się 100%) wynosi 7,3–21,8%.

W tabeli 2, dzięki uprzejmości mgr. inż. W. Fondera z Generalnej Dyrekcji Lasów Państwowych, przedstawiono pozyskanie skrzydłaków i produkcję siewek jesionu w Lasach Państwowych w Polsce w latach 1986–1993.

Przy tych samych założeniach jak w tabeli 1 wydajność siewu w całej Polsce wynosiła od 5,5% w roku 1990 do 39,8% w roku 1991. Z dużym prawdopodobieństwem można wnioskować, że na tę ostatnią wartość

Tabela 2

Pozyskanie nasion i produkcja siewek jesionu w Polsce (wg danych Generalnej Dyrekcji Lasów Państwowych)

Rok	Pozyskanie skrzydlaków [kg]	Produkcja sadzonek		
		jednolatki		dwulatki i starsze
		[tys. szt.]	orientacyjna wydajność siewu [%]	[tys. szt.]
1986	13 978	–	–	–
1987	5 284	16 468	9,4	21 481
1988	3 954	15 418	23,3	19 587
1989	16 215	4 813	9,7	32 587
1990	4 779	11 102	5,5	11 815
1991	6 827	23 763	39,8	13 992
1992	3 273	7 683	9,0	25 581
1993	7 031	10 567	25,8	18 904

nałożyły się wyniki wschodów nasion, które przelegiwały przez sezon wegetacyjny w roku 1990 po zbiorze i siewie jesienią w roku 1989.

Przy produkcji materiału sadzeniowego jesionu szczególną uwagę należy zwrócić na występowanie i korzystny wpływ endotroficznej mikoryzy (patrz rozdz. 11). W glebie pozbawionej grzybów mikoryzowych właściwych dla jesionu, po 4 miesiącach od wysiewu nasion stwierdzono, że aż 80% siewek zmarło, a pozostałe były w bardzo złej kondycji, w przeciwieństwie do siewek, które rosły prawidłowo w tej samej glebie (pH ok. 4), inokulowanej wcześniej odpowiednimi kulturami grzybowymi (Levisohn 1956).

W walce z chwastami, poza ich mechanicznym niszczeniem, można stosować herbicydy, na przykład symazyne (Gesatop 50 WP), w dawce nie przekraczającej 1,5 kg/ha. Na glebach zasobnych w próchnicę ilość tę można podwyższyć do 2 kg (Zentsch 1960). W okresach suszy powierzchnie odchwaszczane herbicydami należy koniecznie nawadniać z uwagi na niekorzystne, synergistyczne oddziaływanie suszy i herbicydu na siewki.

Sadzonki jesionu wyniosłego przeznaczone do upraw leśnych i plantacji oraz do zadrzewień powinny odpowiadać kryteriom przewidzianym w normach branżowych (patrz tab. 3). Siewki jesionu wykształcają silny korzeń palowy, dlatego przy produkcji sadzonek typu 3/0 przeznaczonych do upraw leśnych lub formy M (sadzonek do zadrzewień), podcięcie korzeni powinno być przeprowadzone na głębokości 20 cm.

Tabela 3

Szczegółowe wymagania dotyczące sadzonek jesionu wyniosłego do upraw leśnych, plantacji i zadrzewień (wg Hejmanowskiego i in. 1976)

Przeznaczenie	Symbol produkcyjny lub symbol formy	Klasa jakości	Wysokość pędu [cm]	Wysokość nieugależnionego pnia [cm]	Średnica pnia na wysokości 1 m [mm]	Minim. długość korzeni [cm]	Inne wymagania	
Do upraw leśnych i plantacji	1/0	I	15	-	-	25	1 podcięcie korzeni po 1 roku	
		II	10	-	-	20		
	2/0	I	40	-	-	25		
		II	20	-	-	25		
	3/0	I	70	-	-	25		
		II	50	-	-	25		
	1/1	I	40	-	-	25		-
		II	20	-	-	25		
1/2	I	60	-	-	25			
	II	40	-	-	25			
Do zadrzewień	M	I	81	-	-	20	1 szkółkowanie	
		II	61-80	-	-	20		
	N	I	201	80-100	12	20	1 szkółkowanie i podcięcie korzeni	
		II	151-200	60-80	8	20		
	P	-	300	200-220	22	25	2 szkółkowania	
K	I			nie produkuje się			-	
	II			nie produkuje się				

K - krzewiasta; M - młodociana; N - naturalna; P - pienna.

Według norm obowiązujących w Wielkiej Brytanii (Aldhous i Mason 1994) minimalna wysokość i mierzona w szyi korzeniowej średnica sadzonek przeznaczonych do zalesień powinny mieć odpowiednio 25 cm i 6,5 mm, a stosunek suchej masy pędu do suchej masy korzenia nie powinien być wyższy niż 3:1.

8.12. WPŁYW PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGO NA WZROST SIEWEK

Kiełkujące nasiona naświetlano niewielkimi dawkami promieni gamma radioaktywnego kobaltu (Sapankevič 1964). Sześć partii nasion po 1000 szt. umieszczono w świeżym mchu i zawinięto w bibułę. Pakiety z nasionami

poddano napromienianiu przez 0 (kontrola), 1, 2, 3, 24 i 48 godzin, po czym nasiona wysiewano w szkółce, wiosną 1956 roku. W pierwszym roku obserwowano wschody i przeżycie siewek. Do 20 maja wzeszło 81,8% nasion kontrolnych i 93–95% nasion poddanych napromienianiu. W końcu wegetacji w pierwszym roku pozostało 56% siewek z nasion kontrolnych, a w grupie siewek z nasion napromieniowanych nastąpiło duże zróżnicowanie liczebności. Najmniej siewek przeżyło z nasion naświetlanych przez 1 godzinę (54%), a najwięcej z nasion naświetlanych przez 24 godziny (72%). W latach następnych liczba siewek, które wypadły uległa wyrównaniu. Istotne różnice obserwowano natomiast we wzroście siewek. Średnia wysokość trzyletnich siewek z nasion kontrolnych była niska (32 cm) w porównaniu z siewkami z nasion naświetlanych przez 24 godziny (45 cm) lub 48 godzin (54 cm).

Chira i Kantor (1970) napromieniowywali promieniami gamma nasiona *Fraxinus excelsior* var. *pendula* Ait. przed siewem jesiennym, wkrótce po zbiorze (seria 1) lub dopiero po stratyfikacji (brak informacji o warunkach cieplnych stratyfikacji), przed wiosennym siewem w gruncie (seria 2). W obu seriach użyto po 1650 nasion (w 1 powtórzeniu). Stosowano między innymi dawki odpowiadające napromienianiu 0,3 i 5 kr. Wiosną, z nasion nie poddanych napromienianiu wzeszło 4,1 i 3,3% (odpowiednio seria 1 i 2), natomiast z nasion napromieniowanych 3 i 5 kr. wzeszło 1,0 i 9,4% oraz 1,7 i 5,0% (odpowiednio seria 1 i 2). Autorzy w świetle uzyskanych wyników uważają, że naświetlanie nasion po stratyfikacji dawką 5 kr. stymuluje ich zdolność wschodzenia o 284% w stosunku do nasion nie naświetlanych. Letalna dawka napromieniania nasion naświetlanych po zbiorze mieściła się powyżej 50 kr.

8.13. WPŁYW INNYCH CZYNNIKÓW NA USTĘPOWANIE SPOCZYNKU NASION

O pozytywnym wpływie moczenia nasion jesionu wyniosłego przez 72 godziny w wodzie o temperaturze 49°C pisze Chirilei (1954). Według niego w ciągu 18 dni po tym zabiegu skielkowało 68% nasion. Podjęta próba moczenia całych skrzydłaków w podobnych warunkach zakończyła się niepowodzeniem (Tylkowski, dane npl.).

Chemiczne traktowanie nasion 2% roztworem KNO_3 zastosowane przed stratyfikacją, wywarło stymulujący wpływ na późniejsze ich kiełkowanie (Johnson 1946).

W Bułgarii, Simeonov (1975) badał wpływ Na_2MoO_3 na kiełkowanie nasion i wschody w gruncie. Okazało się, że moczenie nasion (bez skrzydełek) przez 24 godziny w 1% roztworze tego związku znacznie podwyższało laboratoryjną zdolność kiełkowania i wschody nasion w gruncie. Zastosowanie innych stężeń Na_2MoO_3 było mniej skuteczne. Gdy całe skrzydłaki poddawano początkowo przez 6 dni działaniu temperatury cyklicznie zmiennej (3-krotnie w ciągu doby przez 3–4 minuty w ciepłej wodzie o temperaturze 35–40°C później w temperaturze 12°C), a następnie wysiano w gruncie, to po 44 dniach wschody osiągnęły poziom 86%. Niestety, autor nie podał żadnych informacji o wielkości zarodka w nasionach użytych do badań. W podobnych badaniach przeprowadzonych również w Bułgarii nie wykazano żadnego stymulującego wpływu związków molibdenu na kiełkowanie nasion jesionu wyniosłego (Marinov 1977c).

Liczne kwasy (ferulowy, kawowy, parahydroksybenzoesowy, protokatechusowy i taninowy) stosowane na nasiona jesionu, w 3 różnych stężeniach (1, 10 i 100 mg/l) przed stratyfikacją w 5°C, redukowały zarówno zdolność kiełkowania nasion, jak i długość hipokotyli (Kentzer i Szczepkowska 1970).

8.14. ALLELOPATIA

Wodne wyciągi z mieszaniny korzeni jesionu wyniosłego i dębu oraz mieszaniny korzeni klonu i jesionu wykazywały stymulujący wpływ na kiełkowanie i silnie hamujący wpływ na wzrost siewek dębu szypułkowego w kulturach wazonowych. Wyciągi wodne z liści jesionu wykazywały natomiast hamujący wpływ na zdolność wschodzenia żołądki (Gubareva 1964).

W badaniach laboratoryjnych (Tylkowski i Krawiarz, dane npbl.) wykazano nieznaczny, hamujący wpływ na kiełkowanie nasion rzodkiewki, umieszczonych na bibule w wodnym wyciągu ze skrzydełek owoców jesionu, zbieranych w październiku. Wyciągi wodne ze skrzydełek z owoców zebranych 4 miesiące później, w lutym następnego roku, po okresie obfitych opadów deszczu i temperaturze powyżej 0°C, wykazywały natomiast niewielki stymulujący wpływ na kiełkowanie nasion i wzrost korzeni



Ryc. 12. Hamujący wpływ wyciągu wodnego z owocni jesionu wyniosłego na kiełkowanie nasion rzodkiewki, po zbiorze skrzydłaków w październiku 1993 r. (X_s) i stymulujący wpływ po zbiorze skrzydłaków z tego samego drzewa w lutym 1994 r. (II_s). K – wariant kontrolny, woda. Od października do lutego temperatura powietrza utrzymywała się powyżej 0°C przy dużej ilości opadów deszczu (fot. E. Szubert)

włośnikowych rzodkiewki (ryc. 12). Wynika z tego, że substancje hamujące zostały wraz z deszczem wypłukane ze skrzydełek.

Hamujący wpływ wodnych ekstraktów nasion jesionu wyniosłego na kiełkowanie nasion sosny zwyczajnej wzrastał, gdy do ekstraktu dodawano IAA, H_2O_2 lub dezoksyrybonukleazę oraz był redukowany po dodaniu gibereliny lub kwasu askorbinowego w ilości 100 mg/l (Simančík 1969b).

Instytut Dendrologii PAN
ul. Parkowa 5
62-035 Kórnik

LITERATURA

- Al' bickaja M. A., Moroz O. B. 1965. O vidovom sostave i količestve semjan v počve iskusstvennych jasenevych nasazdenij na Dnepropetrovščine. Bot. Žurn. 50(6): 856–861.
- Aldhous J. R. 1975. Nursery Practice. Forestry Commission Bulletin No. 43, London.
- Aldhous J. R., Mason W. L. 1994. Forest Nursery Practice. Forestry Commission Bulletin 111, London.
- Anonim 1988. Zasady hodowli lasu. PWRiL, Warszawa.

- Antosiewicz Z., Kocięcki S. 1976. Materiał siewny. Nasiona drzew i krzewów leśnych i zadrzewieniowych. BN-76/9211-02. Wydawnictwa Normalizacyjne, Warszawa.
- Barton L. V. 1945. Viability of seeds of *Fraxinus* after storage. Contrib. from Boyce Thompson Inst., 13: 427-432.
- Bulard C., Monin J. 1963. Étude du comportement d'embryons de *Fraxinus excelsior* L. prélevés dans des graines dormantes et cultivés *in vitro*. Phytion, Buenos Aires 20(2): 115-125.
- Celjadinova A. I. 1957. Prispособitel'noe značenie perioda pokoja u semjan u drevesnyh rastenij. Agrobiologija, 2: 94-100.
- Chirilei H. 1954. Accelerarea germinatiei semintelor citorva arbori forestieri prin treatment termic. Bul. Sti. Acad. Repub. Rom. (Sect. Sti. biol.) 6(4): 1037-1045.
- Dolja N. I. 1953. K voprosu o fiziologii prorastanija zarodyšej semjan jasenja obyknovennogo. Dokl. Akad. Nauk SSSR, 88(4): 729-732.
- Ferency L. 1955. The dormancy and germination of seeds of the *Fraxinus excelsior* L. Acta Biol., Szeged 12, 17.
- Gardner G. 1977. The reproductive capacity of *Fraxinus excelsior* on the Debryshire limestone. J. Ecology 65(1): 107-118.
- Gorzela A., Mateja L., Sobczak R. 1982. Wytyczne uprawy sadzonek wytypowanych gatunków drzew w namiotach foliowych z odkrytym i zakrytym systemem korzeniowym. Lasy Państwowe, Naczelny Zarząd Lasów Państwowych, Warszawa.
- Gubareva V. A. 1964. Vlijanie listovyh i kornevych vydelenij na rost duba. Les. Choz. 12: 22-24.
- Habjoerg A. 1976. Hurtigproduksjon av traer. Gartneryrket, 66(5/6): 70-73, (16/17): 346-350.
- Hejmanowski S., Król S., Niski A. 1976. Materiał sadzeniowy. Sadzonki drzew i krzewów do upraw leśnych, plantacji i zadrzewień. Norma branżowa BN-76/9212-02. Wydawnictwa Normalizacyjne.
- Holmes G. D., Buszewicz G. 1956. Forest tree seed investigation. Rep. For. Res. For. Comm., London.
- I.S.T.A. 1993. International Rules for Seed Testing, Rules 1993. Seed Science and Technology. Vol. 21, Supplement, Rules.
- Jahnel H. 1957. Beiträge zum Stratifizieren von Forstsaatgut III. Augewandte Botanik XXXI 5: 159-165.
- Jahnel H., Zentsch W. 1961. Beiträge zum Stratifizieren von Forstsaatgut. IV. (*Fraxinus excelsior* L.). Angew. Bot. 34(5): 221-245.
- Johnson L. P. V. 1946. Effect of chemical treatments on the germination of forest tree seeds. For. Chron. 22(1): 17-24.
- Judin V. G. 1967. Prorastanie izolirovanyh zarodyšej nekotorych vidov jasenja. Ekologo-fiziologičeskie osobennosti introducirowanyh rastenij. Izd. Nauka, Leningrad. 158-163.
- Judin V. G. 1970. The optimal germination temperatures for tree seeds depending on the duration of the cold stratification. Proceedings of the Intern. Symp. on Seed Physiol. of Woody Plants, held at Kórnik, 3rd to 8th September 1968. PWN, Warszawa-Poznań, s. 85-90.
- Judin V. G. 1973. Primenenie politermostatnoj ustanovki dlja izučenija biologii prorastanija semjan. Bot. Žurn. 58(6): 848-853.

- Kentzer T. 1966a. Gibberellin-like substances and growth inhibitors in relations to the dormancy and after-ripening of ash seeds (*Fraxinus excelsior* L.). Acta Soc. Bot. Pol. 33(4): 575–585.
- Kentzer T. 1966b. The dynamics of gibberellin-like and growth-inhibiting substances during seed development of *Fraxinus excelsior* L. Acta Soc. Bot. Pol. 35(3): 477–484.
- Kentzer T., Szczepkowska E. 1970. The influence of phenolic compounds on the effect of cold stratification of Ash seeds. Naturwissenschaften 57(4): 199.
- Kocięcki S. 1965. Dołowanie i stratyfikacja nasion drzew leśnych. PWRiL, Warszawa.
- Krüssmann G. 1964. Die Baumschule. Paul Parey in Berlin und Hamburg.
- Lakon G. 1911. Beiträge zur forstlichen Samenkunde. II. Zur Anatomie und Keimungsphysiologie der Eschensamen. Naturwiss. Forst- und Landw. 9: 285.
- Lakon G. 1942. Topographischer Nachweis der Keimfähigkeit der Getreidefruchte durch Tetrazoliumsalze. Ber. Deut. Botan. Ges. 60: 299–305.
- Lisicyn D. I. 1959. Dinamika soderžanija uglevodov i žirov pri sozrevanii i prorastanii semjan jasenja. Bidzimizija 24(5): 850–854.
- Ljašuk A. I. 1971. Anatomiczeskie izmenenija zarodyša *Fraxinus excelsior* L. v processe stratifikacii semjan. Bot. Žurn. 56: 1689–1693.
- Mahaniček J. 1967. Quality determination of seeds with delayed germination by the viability of their embryos. Comm. Inst. Forest. Czechosloveniae, Praha 5: 89–97.
- Mahaniček J. 1976. Rentgenologické stanovení životnosti semene jasanu. Biológia semen lesných dřevin, technika a ekonomika lesného semenárstva. Sborník referátov z celoštátnej vedeckej konferencie 17–19.5.1976, KRPÁČOVO. s. 83–87.
- Malkina I. S. 1965. Fotosintez drevesnogo podrosta pod pologom lesa. Bot. Žurn. 50(5): 673–679.
- Marinov I. 1977a. Narastvane zarodiša na semenata pri obiknovenija (*Fraxinus excelsior* L.) i polskija (*Fraxinus oxycarpa* Willd.) jasen po vreme na zreene i stratifikacija Gorskostop. Nauka 14(2): 13–19.
- Marinov I. 1977b. Posev na semenata ot planinski i polski jasen s različna zrelost. Gorsko Stopanstvo 33(5): 14–19.
- Marinov I. 1977c. V'zdejstvieto na molibdena v'rchu k'lnjaemostta na jasenovite semenata. Gorsko Stopanstvo 33(2): 15–19.
- Martyn D. 1985. Klimaty kuli ziemskiej. PWN, Warszawa.
- Matovič A., Šimančík F. 1968. A morphological study of *Fraxinus excelsior* L. and *F. angustifolia* Vahl, their fruits and seeds gathered in several regions of Moravia and Slovakia. Acta Univ. Agric., Facultas Silviculturae 37(4): 285–304.
- Muller C. 1986. Semences forestières caractéristiques, conservation, germination. Amélioration, génétique des arbres forestières, numéro spécial 1986.
- Muller C. 1992. Conservation des graines et les problèmes de levée de dormance chez les feuillus précieux. Rev. For. Fr. XLIV – No sp., 39–46.
- Niemtur S., Gazda M. 1993. Szkółki leśne w warunkach pogarszającego się stanu zdrowotnego lasów karpaccich i sudeckich. Prace IBL 764: 61–78.
- Nikitin V. K. 1958. Vlijanie izrezivaniya materinskogo pologa na sochranenie i razvitie jesenovogo podrosta. Sborn. Rabot Lesn. Choz. Vsesojuz. Nauč.-Issled. Inst. Lesovod. 37: 30–46.
- Nikolaeva M. G. 1967. Fiziologija glubokogo pokoja semjan. Izd. Nauka, Leningrad.

- Nikolaeva M. G. 1977. Nekotorye itogi izučeniya pokoja semjan. Bot. Žurn. 62(9): 1350–1368.
- Nikolaeva M. G., Razumova M. V., Gladkova V. N. 1985. Spravočnik po proraščivaniju pokojaščichsja semjan. Nauka, Leningrad.
- Nikolaeva M. G., Vorob'eva N. S. 1978. Biologija semjan jesenja obyknovenogo *Fraxinus excelsior* L. različnogo geografičeskogo proischoždenija. Bot. Žurn. 63(8): 1155–1167.
- Nikolaeva M. G., Vorob'eva N. S. 1979. Izučenie roli abscezovoj kisloty i indol'nyh soedinenij v pokoe semjan vidov jasenja. Fiziol. Rast. 26: 137–146.
- Niski A. 1991. Normy vysiewu nasion drzew i krzewów leśnych. Rozdział w: Poradnik leśniczego. Wydawnictwo Świat, Warszawa.
- Osipov Ju., Gaziev F., Numatov T. 1976. Sbor semjan vibracionnym sposobom. Les. Choz. 4: 62–64.
- Piotto B. 1994. Effects of temperature on germination of stratified seeds of three ash species. Seed Sci. Technol. 22: 519–529.
- Poljakova E. N. 1977. Voprosy teorii i praktiki semenowedenija pri introdukcii, 185. Nauka i tehnika, Minsk.
- Rjabova P. I. 1960. O dinamike travjanogo pokrova i samoseve drevno-kustarnikovyh porod v Manyčskom leschoze Rostovskoj oblasti. Bot. Žurn. 45(3): 441–443.
- Roberts E. H. 1973. Predicting the storage life of seeds. Seed Sci. Technol. 1: 499–514.
- Rypák M., Kamenická A. 1986. Rastové regulátory, odpočinok a klíčenie semien drevín. Acta Dendrobiologica. Bratislava.
- Sapankevič P. V. 1964. Razvitie sejancev, počúennych ot krylatok jasenja obyknovenogo, obrabotannyh gamma lučami. Lesn. Žurn., Archangel'sk 7(5): 8–11.
- Savčenko A. I. 1975. Sokraščenie srokov predposevnoj podgotovki semjan. Les. Choz. 4: 61–62.
- Simančik F. 1967. Morfológia a vývin embryí vo vzt'ahu ku klíčnemu odpočinku semien drevín. Problémy dendrobiologie a sadovnictva. 7: 197–283.
- Simančik F. 1969a. Vplyv teploty a giberelinu na skracenie klíčneho odpočinku u semien *Fraxinus excelsior* L. Vědecké Symposion Lesnické Fakulty, Brno – květen – 1969.
- Simančik F. 1969b. Controlling the activity of inhibiting substances in seeds of *Fraxinus excelsior* by means of growth regulators. Čas. Slezk. Muz. (Ser. C, Dendrol.) 8: 71–76.
- Simeonov A. 1975. Stimulirane k'lnjaemosta na seminata ot obiknoven jasen črez tretirane v'v voden raztov ot molibden. Gorsko Stopanstvo 31(8): 45–47.
- Šustov B. S. 1971. Dal'nost' rasprostraneniya plodov-krylatok jasenja obyknovenogo. Uč. Zap. Uljanovsk. Gos. Ped. Inst. 21(6): 54–59.
- Šustova E. A. 1961. Nekotorye osobennosti anatomičeskogo stroeniya semennyh pokrovov trudnoprastajuščich semjan drevnyh rastenij. Lesn. Žurn. 4(2): 161–164.
- Suszka B. 1978a. How to achieve simultaneous germination of after-ripened hardwood seed? Symposium sur la régénération et le traitement des forets feuillues de qualite en zone tempérée. IUFRO S1.05–00. INRA-CNRF Nancy-Champenoux, France, 11 au 15 Septembre 1978, s. 30–40.
- Suszka B. 1978b. Seeds studies on bird-cherry, beech, oak, ash and maple. Symposium sur la régénération et le traitement des forets feuillues de qualité en zone tempérée.

- IUFRO S1.05–00. INRA-CNRF Nancy-Champenoux, France, 11 au 15 Septembre 1978, s. 58–59.
- Suszcza B. 1987. Storage of after-ripened seeds of European ash (*Fraxinus excelsior* L.) in the frozen stratification medium. Symposium, Sbornik Referatu, Okrasné Zahradnictví, 60 let Zahradnického Výzkumu v Československu, Praha 18–21.8.1987, s. 120–126.
- Suszcza B. 1989. Physiological aspects of seed conservation. Ann. Sci. For., 46 suppl., Forest Tree Physiology. 72–84.
- Suszcza B. 1991. The indigo carmine test. Tree and shrub handbook. International Seed Testing Association. Rozdz. 10: 1–9.
- Suszcza B., Muller C., Bonnet-Masimbert M. 1994. Nasiona leśnych drzew liściastych od zbioru do siewu. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa–Poznań, INRA Editions.
- Szalai I. 1965. Brechung der keimruhe von *Fraxinus*-samen durch gibberellinsäure. Acta Biologica (Szeged) 11(1–2): 93–100.
- Szczepkowska E., Krzyśko K., Kentzer T. 1978. Changes in cytokinin activity and its relation to the dynamics of gibberellin-and abscisic-like substances during development and removal of dormancy of ash seeds. Acta Physiol. Plant. 1(1): 5–13.
- Terpiński Z. 1984. Szkółkarstwo ozdobne. Wydanie IV. PWRiL Warszawa.
- Trampller T., Kliczkowska A., Dmyterko E., Sierpińska A. 1990. Regionalizacja przyrodniczo-leśna Polski na podstawach ekologiczno-fizjograficznych. PWRiL, Warszawa.
- Tylkowski T. 1988. Storage of stratified seeds of European ash (*Fraxinus excelsior* L.). Arbor. Kórnickie 33: 259–266.
- Tylkowski T. 1990. Mediumless stratification and dry storage of after-ripened seeds of *Fraxinus excelsior* L. Arbor. Kórnickie 35: 143–152.
- Tylkowski T. 1993. After-ripening of European ash (*Fraxinus excelsior* L.) seeds matured in dry weather conditions. Arbor. Kórnickie 38: 131–139.
- Tylkowski T. 1994. Przynoszenie spoczynkowych nasion do siewu przez cyklicznie powtarzane moczenie w wodzie. I. Jesion wyniosły *Fraxinus excelsior*. Sylwan 138(11): 53–59.
- Tyszkiewicz S. 1949. Nasiennictwo leśne. IBL, Seria D, nr 2, Warszawa
- Tyszkiewicz S., Dąbrowska J. 1953. Stratyfikacja nasion drzew i krzewów leśnych. Roczn. Nauk Leśnych, Tom I. Prace IBL 102: 155–221.
- Tyszkiewicz S., Obmiński Z. 1963. Hodowla i uprawa lasu. PWRiL, Warszawa.
- Van de Walle C. 1987. Germination uniformity of *Fraxinus excelsior* controlled by seed water content during cold treatment. Physiol. Plant. (Copenhagen) 69: 645–650.
- Varasova N. N. 1956. Osobennosti semjan jasenja obyknovennogo različnogo geografičeskogo proischoždenija. Tr. Botan. Inst. AN SSSR, ser. IV, 11.
- Villiers T. A. 1971. Cytological studies in dormancy. I. Embryo maturation during dormancy in *Fraxinus excelsior*. New Phytol. 70: 751–760.
- Villiers T. A. 1972a. Cytological studies in dormancy. II. Pathological ageing changes during prolonged dormancy and recovery upon dormancy release. New Phytol. 71: 145–152.
- Villiers T. A. 1972b. Cytological studies in dormancy. III. Changes during low-temperature dormancy release. New Phytol. 71: 153–160.

- Villiers T. A., Wareing P. F. 1964. Dormancy in Fruits of *Fraxinus excelsior* L. J. Exp. Bot. 15(44): 359–367.
- Villiers T. A., Wareing P. F. 1965. The Possible Role of Low Temperature in Breaking the Dormancy of Seeds of *Fraxinus excelsior* L. J. Exp. Bot. 16(48): 519–531.
- Vlase I., Mihalache A., Rădulescu S., Voinescu L. 1973. [Influence of the duration and method of storage on the viability of *Tilia tomentosa* and *Fraxinus excelsior*]. Silvicultură 29: 141–170. [For. Abstr. 36: 202.]
- Vorob'eva N. S. 1981. Osobennosti rosta zarodyšej dvuch vidov roda *Fraxinus* (*Oleaceae*) v svjazi s pokoem semjan. Bot. Žurn. 66(7): 1763–1769.
- Wardle P. 1959. The regeneration of *Fraxinus excelsior* in woods with a field layer of *Mercurium perennans*. J. Ecol. 47(2): 483–497.
- Wciślińska B. 1977a. The Role of Gibberellic Acid (GA_3) in the Removal of Dormancy in *Fraxinus excelsior* L. Seeds. Biol. Plant. (Praha), 19(5): 370–376.
- Wciślińska B. 1977b. Badania nad wpływem temperatury i innych czynników na kiełkowanie nasion jesionu wyniosłego (*Fraxinus excelsior* L.). Sylwan 121(7): 65–77.
- Zaborovskij E. P., Varasova N. N. 1959. Biologija prorastanija semjan jasenja obyknovenogo i uslovija podgotovki ich k posevu. Sbornik rabot po lesn. chozj. 3: 76–110.
- Zentsch W. 1960. Über die Anwendung von Simazin in Forstpflanzgarten. Vorläufige Mitteilung. Arch. Forstw. 9(11): 1049–1050.
- Zaugol'nova L. B. 1967. The biology of natural regeneration in *Fraxinus excelsior*. Nauč. Dokl. Vyss. Školy (Biol. Nauki), Moskva, 10(5): 98–102.

GERMINATIVE PROPAGATION

Summary

Ripe seeds of European ash are characterized by deep combinat rest which is the consequence of morphological immaturity of the embryo and of endogenous dormancy. This rest is overcome under conditions of two-step, warm-followed-by-cold stratification. The optimal temperature of the warm stratification phase lies between 15° and 20°C while the cold phase between 2° and 5°C. In the warm phase cells elongate and the embryo grows till it attains about 65–70% of the length of the seed. This is a necessary precondition for the process of after-ripening in the cold phase to start. The needed duration of the warm phase depends on the initial size of the embryo. Seeds from the southern and southeastern parts of the species range are characterized by having a well developed embryo, 70–90% of the seed length, and therefore the needed duration of the warm phase is short, from 0 to 6 weeks. In the western and northern zone of the distribution of the species, which includes Poland, the embryo attains no more than 40–60% of the seed length. The duration of the warm phase of the stratification needed to allow the embryos to reach full size ranges from 6 to 16 weeks. In Poland as a standard rule we have adopted a stratification regime of 15/3°C (16 + 16 weeks).

During dormancy release hormonal changes take place in the seeds. The most interesting changes concern the activity of gibberellins (Fig. 6).

To effectively prepare ripe ash seeds for germination, the samaras should be kept moist without any medium and periodically soaked in water for 1 hr. This treatment is applied in

the same thermal regime as during stratification in a medium, during the warm phase once a week and during the cold phase once every two weeks.

Seeds in samaras which have been prepared for sowing can be sown in the nursery in early spring to prevent exposing seeds to the action of high temperatures that could induce a secondary dormancy. It is also possible to freeze seeds which have been released from dormancy and to keep them for several weeks at -3°C . One can also partially dry after-ripened seeds to 10% water content and store them at 3°C for 1 year or at -3°C even for 2 years without loss of the ability to germinate. Seeds which have been prepared for sowing and stored in this manner will immediately germinate after sowing.

The range of optimal constant temperatures for germination of European ash fluctuates around 10°C . In laboratory conditions this can be a cyclically fluctuating temperature of $3-5^{\circ}-15-25^{\circ}\text{C}$ (16 + 8 hr/day).

Samaras collected green should be sown immediately in the soil or stratified (warm-followed-by-cold) shortly after collection since they are unsuited for storage. Fully ripe samaras, partially dried to 8–10% of water content, can be stored in sealed containers at -3°C for more than 8 years without loss of viability.