

5. ROZMNAŻANIE

BOLESŁAW SUSZKA

5.1. ROZMNAŻANIE GENERATYWNE

Spośród około 530 gatunków należących do rodzaju *Quercus* jedne występują w strefie klimatu umiarkowanego na północnej półkuli w Eurazji i Ameryce, inne docierają na południe poprzez Meksyk aż do Kolumbii; niektóre gatunki występują w Azji, a zasięg ich występowania rozciąga się aż do Archipelagu Malajskiego i poza równik do Indonezji. W górach rosną do wysokości 4000 m n.p.m. (patrz rozdz. 2.2). Tu omawiamy generatywne rozmnażanie trzech tylko gatunków występujących powszechnie w Polsce. Są to dwa gatunki rodzime: dąb szypułkowy (*Quercus robur* L.) i dąb bezszypułkowy (*Quercus petraea* (MATT.) LIEBL.) oraz szeroko u nas introdukowany, północnoamerykański dąb czerwony (*Quercus rubra* L.).

Wszystkie gatunki dębu z łatwością rozmnażają się z nasion. Taki sposób rozmnażania zapewnia utrzymanie zmienności w obrębie populacji każdego z tych gatunków na poziomie genetycznym, pozostawia więc szerokie pole dla naturalnej selekcji, przebiegającej pod wpływem różnorodnych czynników środowiska zewnętrznego.

W szkółce tradycyjnej lub po siewie w pojemniki (kontenery) z każdej żołądzi wyrasta jedna siewka, odmienna pod względem genetycznym od innych osobników w populacji. Możliwe jest również tworzenie populacji roślin dębu z zarodków somatycznych. Indukując powstanie z tkanek jednego nasienia (osi zarodkowej) licznych zarodków somatycznych, tworzymy klon, czyli zespół osobników genetycznie jednorodnych. Zastosowanie takiego wegetatywnego sposobu rozmnażania do tworzenia drzewostanów na skalę gospodarczą w celu uzyskania drzew na własnych korzeniach, spowodowałoby wzrost udziału samozapylenia w proce-

się generatywnym, gdyby tak powstałe drzewa weszły w fazę kwitnienia i owocowania. Nie trudno wyobrazić sobie negatywne skutki takiej sytuacji. Obawa ta jest o tyle realna, że zarodki somatyczne można przechowywać przy zastosowaniu techniki kriogenicznej, podobnie jak osie zarodków generatywnych (CHMIELARZ 1999a, b).

5.1.1. DOJRZEWANIE ŻOŁĘDZI

Dęby produkują wiosną w okresie kwitnienia znaczne ilości pyłku przenoszonego przez wiatr (patrz podrozdz. 4.2). Szybkość jego opadania jest taka sama, jak pyłku sosny zwyczajnej i wynosi $3,5 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ (EISENHUT 1961), choć ziarna pyłku dębów nie mają komór powietrznych. U dębu szypułkowego i bezszypułkowego żołądź formują się w ciągu tego samego roku, natomiast u dębu czerwonego rozwijają się przez dwa lata, aż do jesieni następnego roku po kwitnieniu. Żołądź jest owocem jednonasiennym, bardzo rzadko dwunasiennym. Według ROHMEDERA (1972) wskaźnikiem dojrzałości owoców dębu jest łatwe odpadanie zdrowych żołądź przy lekkim potrząsaniu średnio grubych gałązek.

Twarda, gładka, zdrewniała i elastyczna okrywa to owocnia. W beżbielowym nasieniu znajduje się zarodek, składający się z osi zarodkowej i dwóch liścieni, otoczony jasnobrązową, cienką łupiną nasienną. Oś zarodkowa usytuowana jest w nasieniu od strony zaostrego końca żołądź. Składa się ona z korzenia zarodkowego oraz z zawiązka epikotyli i hipokotyli; jej masa jest około 400 razy mniejsza od masy całego nasienia. Z osią połączone są dwa doskonale wykształcone, przylegające do siebie liścienie (jej organy zapasowe), które wypełniają całkowicie wnętrze nasienia. U dębu czerwonego przestrzeń oddzielająca owocnię od zawartego w niej nasienia jest wypełniona krótkimi włoskami. Substancje odżywcze zgromadzone w liścieniach, głównie skrobia i inne węglowodany, a także związki azotowe (w tym białka) i nieznaczne ilości tłuszczów, umożliwiają wzrost korzenia i pędu siewki.

Żołądź dębu szypułkowego osiąga w Polsce już pod koniec sierpnia połowę swej wielkości ostatecznej, we wrześniu ich objętość ulega podwojeniu, a pełna dojrzałość przypada na koniec tego miesiąca. Żołądź są osadzone na szypułach, które wraz z nimi rosną. Długość szypuł dochodzi jesienią do kilku, czasem nawet do kilkunastu centymetrów (patrz podrozdz. 2.1). Jest to jedna z pewniejszych cech rozpoznawczych tego gatunku. Żołądź jest częściowo objęta miseczką.

Długość żołądź dębu szypułkowego osiąga 18–28 mm, średnica 7–15 mm, wysokość miseczki dochodzi do 8–12 mm, jej średnica do 9–14 mm (HEGI 1957).

Na jednej długiej szypule żołądzie są osadzone pojedynczo lub po 2–5 (patrz także podrozdz. 2.1).

Opadanie żołądzi dębu szypułkowego z drzew rozpoczyna się w październiku. Żołądzie opadające najwcześniej są zazwyczaj bezwartościowe – puste lub opalone przez owady. Na żołądziach świeżych lub ponownie nawilżonych są widoczne zielonkawe, później oliwkowo-brązowe, podłużne prążki (jedna z cech charakterystycznych tego gatunku), zanikające w trakcie podсыхания. Bezpośrednio przed opadnięciem barwa żołądzi przechodzi z zielonej w brązową – ciemniejszą, dopóki żołądzie zawierają dużo wilgoci, a jaśniejszą, gdy wysychają. W odróżnieniu od dębu bezszypułkowego, żołądzie tego gatunku nawet przejściowo nie przyjmują barwy o odcieniu wyraźnie różowym. Ich kształt jest na jednym drzewie zawsze stały, choć mogą różnić się wielkością. Żołądzie z różnych drzew mogą różnić się także kształtem, najczęściej są walcowate, u nasady ścięte, a u wierzchołka łagodnie zastrzone (ryc. 1A). Żołądzie postawione na znamieniu (*hilum*), w odróżnieniu od żołądzi dębu bezszypułkowego, na ogół się nie przewracają, lecz nie można ich zmusić do wirowania jak bąk. Największa średnica owocu przypada na połowę długości żołądzi (TYSZKIEWICZ 1949) (patrz także podrozdz. 2.1).

Żołądzie dębu bezszypułkowego dojrzewają w Polsce we wrześniu–październiku, po czym wkrótce opadają. Gdy jesień jest wilgotna, bogata w opady i ciepła zdarza się, że zaczynają kiełkować już na drzewach, gdy jeszcze są osadzone w miseczce. Żołądzie dojrzałe, lecz jeszcze nie kiełkujące, po opadnięciu na wilgotną ziemię lub ściółkę pęcznią i mogą masowo skiełkować. Podobnie jak u dębu szypułkowego, żołądzie najwcześniej opadłe są bezwartościowe. Dojrzałe żołądzie są niekiedy wyraźnie jasnozielone, zaróżowione, w kilka dni po opadnięciu barwa ta przechodzi w jednolicie brązową. Nie widać na ich powierzchni pasków typowych dla żołądzi dębu szypułkowego. Kształt żołądzi jest zmienny, najczęstsze są drzewa z żołądziami owalnymi, o największej średnicy prawie w środku długości lub bliżej nasady (od strony miseczki). Żołądzi takich, mniej lub bardziej pękatych, czasem kulistych, najczęściej nie można postawić na znamieniu na poziomej płaszczyźnie. Niekiedy zdarzają się jednak żołądzie o nasadzie ściętej, na której można je postawić, o kształcie na ogół walcowatym, lecz w górnej połowie, bliżej wierzchołka, nieco butelkowato przewężone i o wierzchołku dość tępym (TYSZKIEWICZ 1949).

Żołądzie dębu bezszypułkowego występują na pędzie w kątach liści pojedynczo lub osadzone są po 2–5 na wspólnej krótkiej szypule, której długość dochodzi do 15 mm (czasem nawet do 20 mm). Długość żołądzi mieści się w granicach

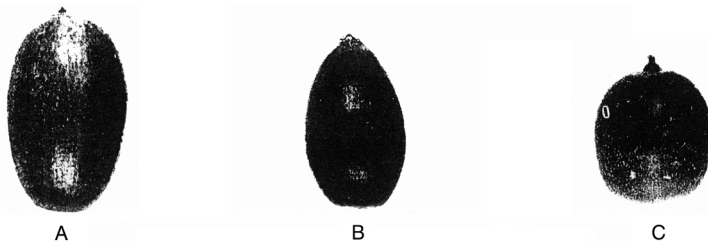
16–26 mm, ich średnica osiąga 8–14 mm, wysokość miseczki 6–12 mm, jej szerokość 8–14 mm (HEGI 1957) (patrz także podrozdz. 2.1).

Cechą morfologiczną wyraźnie odróżniającą żołądź obydwu rodzimych gatunków jest miejsce usytuowania największej średnicy. U dębu szypułkowego przypada ono najczęściej na środek żołądź, u dębu bezszypułkowego na 1/3, a czasem na 1/2 jej całkowitej długości (ryc. 1B). Odróżnienie tych gatunków wymaga jednak dodatkowego uwzględnienia całego zespołu innych cech dotyczących liści, owocostanów i żołądź (patrz podrozdz. 2.1) (TYSZKIEWICZ 1949; DUPOUEY 1983).

Żołądź dębu czerwonego występują na pędach pojedynczo lub po dwie, na bardzo krótkiej szypułce. Długość żołądź może dochodzić do 2,5 cm, ich kształt jest kulisto-jajowaty lub prawie jajowaty, a grubość jest prawie równa długości (ryc. 1C). Podstawa owoców tego gatunku jest szeroka i równa, można na niej żołądź postawić. Wierzchołek żołądź jest zakończony twardym, spiczastym wyrostkiem – pozostałością szypki słupka (TYSZKIEWICZ 1949). Barwa żołądź jest ciemnobrązowa, czekoladowa, odbiega wyraźnie, również po podeschnięciu, od barwy żołądź dębów rodzimych. Owocnia jest silnie zdrewniała i twarda, nie pęka i dobrze chroni nasienie. W odróżnieniu od żołądź dębów rodzimych miseczka dębu czerwonego jest szeroka i płytka, a jej brzegi są podwinięte ku środkowi żołądź. Od strony zewnętrznej miseczka jest pokryta dachówkowato ułożonymi, zaostrozonymi na końcach, zrosniętymi ze sobą łuskami (ENGLER i PRANTL 1894; HEGI 1957). Larwy owadów w żołądźkach dębu czerwonego w Polsce pojawiają się rzadko.

Żołądź dębu czerwonego są w pierwszym roku jesienią jeszcze niepozorne, rozrastają się i dojrzewają dopiero w drugim roku po kwitnieniu, a opadają w końcu września i w październiku, jednocześnie z żołądźkami dębów rodzimych (TYSZKIEWICZ 1949).

Żołądź dębów wyrastają z drewniejącej miseczki (kupuli), która u wszystkich omawianych tu gatunków otacza żołądź u jej nasady do 1/3–1/4, niekiedy



Ryc. 1. Żołądź dębu szypułkowego (A), dębu bezszypułkowego (B) i dębu czerwonego (C) (wielkość naturalna) (wg TYSZKIEWICZA 1949)

prawie do połowy wysokości. Kupula wszystkich trzech gatunków jest w okresie kwitnienia niepozorna, potem przybiera kształt miseczkowaty i otacza mniej lub bardziej owoc od strony podstawy. Miseczka żołędzi zdrowych, jeśli te opadają wraz z nią, daje się łatwo oddzielić pod nieznacznym naciskiem. Zazwyczaj miseczki pozostają na drzewie i opadają później.

Zawartość wody w żołędziach jest wysoka, zależy jednak od pogody w okresie dojrzewania (na drzewach) i od wilgotności podłoża, na które owoce opadają z drzew (gleba, ściółka); udział wody przewyższa zazwyczaj 40% świeżej masy, czasem może przekroczyć nawet 50%.

Różnice wielkości i kształtu żołędzi pomiędzy drzewami w tym samym drzewostanie mogą być znaczne, jednak w obrębie każdego drzewa obie te cechy są wyrównane i dla niego charakterystyczne.

Masa 1000 żołędzi wszystkich trzech gatunków jest znaczna. W zasadach oceny nasion obowiązujących w Polsce w Lasach Państwowych zalicza się je do kategorii nasion bardzo ciężkich (ZAŁĘSKI i in. 1996). Wynosi ona bowiem dla dębu szypułkowego 2–7 kg, dla dębu bezszypułkowego 1,5–5 kg, dla dębu czerwonego 2,5–5 kg, a najczęściej waha się wokół 3,5 kg (TYSZKIEWICZ 1949).

5.1.2. OBRADZANIE NASION

Większość żołędzi opada na ziemię pod drzewa mateczne. Są też roznoszone, w pierwszym rzędzie przez ssaki, takie jak myszy i wiewiórki, ale również przez gołębie grzywacze, dzięcioły, sójki i inne ptaki (HEGI 1957). Część opadłych żołędzi jest zagrzebywana w glebie przez dziki. Jeśli ma to miejsce jesienią, część płytko zagrzebanych żołędzi znajduje w glebie korzystne warunki dla przetrwania zimy i kiełkowania na wiosnę.

Opadanie żołędzi rozciąga się na okres trzech do czterech tygodni. Przy ciepłej i suchej pogodzie żołędzie dojrzewają równomierniej i okres ich opadania jest krótszy niż w okresie chłodnej i deszczowej pogody. Najpierw opadają żołędzie puste i opanowane przez larwy owadów, tych zbierać nie należy (BARCZYŃSKI 1934; TYSZKIEWICZ 1949). Nie usuwa się ich, gdyż po wczesnym opadzie żołędzi bezwartościowych można powierzchnie przeznaczone do zbioru pokryć rozwiniętymi rulonami siatki plastikowej, z której zbiera się z łatwością żołędzie opadłe później (SUSZKA i in. 2000) lub otrząśnięte za pomocą helikoptera (SUSZKA 2000).

W ostatnich czasach przystąpiono w Polsce do zakładania plantacji nasienych dębów ze zrazów pobranych z wyselekcjonowanych drzew doborowych. Założono je w Regionalnych Dyrekcjach Lasów Państwowych Katowice, Lublin,

Poznań, Szczecin i Piła (FONDER 2001, informacja ustna). W 2004 roku było 16 ha plantacji nasiennych dębu szypułkowego i 57 ha dębu bezszypułkowego (DGLP 2004). Nie bez znaczenia są obserwacje przeprowadzone w Czechosłowacji (BENEDIKOVÁ 1992), gdzie na kilkunastoletnich plantacjach nasiennych dębu dochodziło do masowego zamierania szczepów.

5.1.3. PROGNOZOWANIE URODZAJU

Dęby nie obradzają corocznie, a ich urodzaj zależy od wielu czynników. W wypadku nastania w okresie kwitnienia warunków uniemożliwiających zapyleenie kwiatów żeńskich, nie dochodzi w ogóle do zapłodnienia. Jeśli dojdzie do zapyleenia, a nawet zapłodnienia, kwiatostany żeńskie lub zawiązki owoców mogą ulec zniszczeniu przez spóźnione przymrozki wiosenne (patrz podrozdz. 4.2). Są też lata, w których pąki kwiatowe nie zawiązują się latem, wobec czego na następną wiosnę nie obserwuje się kwitnienia.

Rzadko występują też lata, w których obserwuje się pomyślne kwitnienie, a po nim wysoki urodzaj żołędzi na znacznych obszarach kraju. Badania takie przeprowadził TYSZKIEWICZ (1936) w okresie międzywojennym na całym ówczesnym terytorium Polski. Stwierdził wówczas, że dobry urodzaj żołędzi wystąpił na Pomorzu, w północnej Wielkopolsce i w Puszczy Białowieskiej, średni urodzaj miał miejsce tylko na pogórzu Karpat Wschodnich i na Wołyniu. Na całym obszarze państwa zebrano wtedy 1028 t żołędzi, najmniej w okręgu górskim (1 t), a najwięcej w okręgu północno-zachodnim (497 t). W poszczególnych dystryktach zebrano od 8 t (Wilno) do 268 t (Toruń). Masa zebranych żołędzi nie musi odpowiadać poziomowi urodzaju na danym terenie, jest ona jednak jego pochodną i ilustruje dobrze znaczne zróżnicowanie terytorialne tego zjawiska.

Znaczne różnice zachodzą też w częstotliwości występowania lat nasiennych. Zbiór żołędzi jest uzasadniony w latach urodzaju dobrego, niekiedy też średniego, kiedy udział drzew obficie obradzających w drzewostanach jest wysoki, podobnie jak liczba żołędzi zawiązujących się na takich drzewach. W latach urodzaju słabego zbiór żołędzi jest nieopłacalny tym bardziej, że znaczna ich część jest opanowana przez szkodniki.

Jedynym pewnym kryterium, na podstawie którego prognozuje się spodziewany urodzaj żołędzi, jest obserwacja kwitnienia.

Statystyką owocowania dębów i buka interesowano się od dawna na zachodzie Europy (TYSZKIEWICZ 1949). Wynikało to z ogromnej roli, jaką odgrywały te gatunki w tamtejszych lasach i z dużego znaczenia owocowania dla odtwarzania lasu, opartego wyłącznie na odnowieniu naturalnym. Dobre ich urodzaje były

tam dawniej ważnym wydarzeniem dla gospodarstwa wiejskiego, umożliwiającym masowy zbiór żołądźi i bukwi oraz skarmianie nimi dużych ilości trzody chlewnej. W okresie poprzedzającym wprowadzenie ziemniaka w Europie miało to niepoślednie znaczenie gospodarcze. Wypas świń w lesie był wówczas zjawiskiem powszechnym (patrz podrozdz. 1.2).

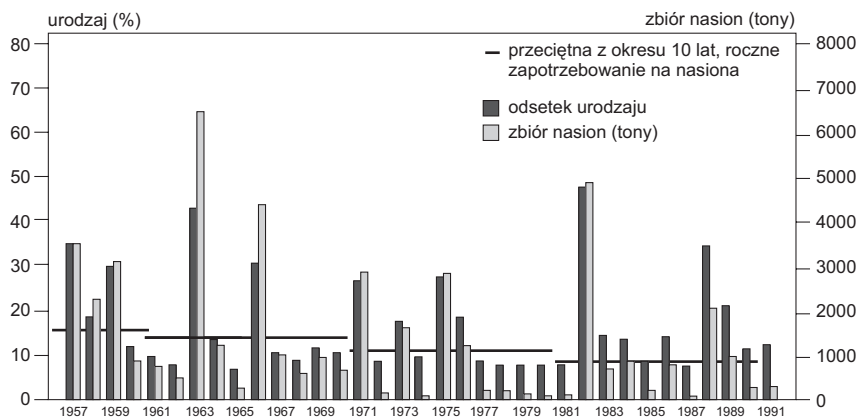
Określeniu spodziewanego urodzaju służy wstępna diagnoza, którą przeprowadza się w Polsce corocznie we wszystkich nadleśnictwach. Polega ona w wypadku dębów na obserwacji liczby zawiązanych owoców, co możliwe jest dopiero latem, trzeba bowiem liczyć się ze zjawiskiem odrzucania na przełomie wiosny i lata zawiązków występujących w nadmiernej liczbie (tzw. opad świętojański).

Przy przeprowadzaniu obserwacji spodziewanego urodzaju obowiązuje skala zaproponowana u nas jeszcze przed II wojną światową przez TYSZKIEWICZA (1936):

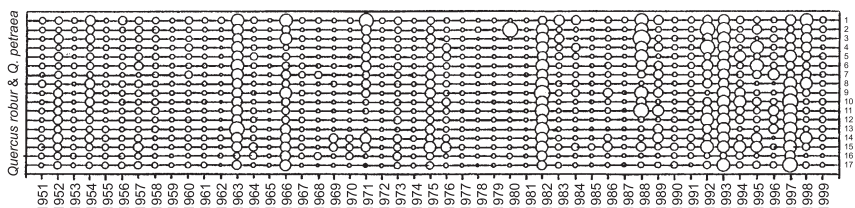
- brak urodzaju – zawiązki owoców nie występują,
- urodzaj słaby – na skrajach drzewostanu widoczne pojedyncze drzewa z zawiązkami,
- urodzaj średni – owocują liczne drzewa na skrajach, pewien procent drzew wewnątrz drzewostanu,
- urodzaj dobry – owocuje znaczny procent drzew w drzewostanie.

Przykładem rozbieżności między urodzajem przewidywanym a faktycznym zbiorem są dane dla roku 1999 (KANTOROWICZ 2001, informacja ustna). Na podstawie prognozy spodziewany zbiór z terenu całej Polski określono na 705 t, faktycznie zebrano 312 t.

W polskich Lasach Państwowych zbiór żołądźi obydwu gatunków dębu przeprowadzany jest corocznie dla potrzeb szkótek. Nadwyżki zbioru oraz materiał siewny niskiej jakości można zawsze przeznaczyć na dokarmianie zwierzyny. Ilość żołądźi faktycznie pozyskana zależy w pierwszym rzędzie od urodzaju, czego odzwierciedleniem jest zbiór żołądźi w poszczególnych latach. Zjawiskiem typowym jest pozyskiwanie w latach wysokiego urodzaju takiej ilości żołądźi, która przekracza możliwości ich późniejszego zagospodarowania w szkótkach. W innych latach zbiór ograniczonych lub nieznacznych ilości żołądźi może być następstwem ich nieurodzaju lub urodzaju słabego. Niekiedy jest również skutkiem świadomej, podjętej przez administrację Lasów Państwowych decyzji o ograniczeniu wielkości zbioru ze względu na znaczne zapasy sadzonek dębowych w szkótkach, zaspokajające na kilka najbliższych lat zapotrzebowanie na materiał rozmnożeniowy. Na ogół jednak zapotrzebowanie przewyższa (z wyjątkiem lat wysokiego urodzaju) rzeczywiste możliwości pozyskania żołądźi, stąd wykorzystywane są wszystkie szanse zbioru, na co uwagę zwracał już TYSZKIEWICZ (1936).



Ryc. 2. Częstościowość urodzaju i zapotrzebowanie na nasiona dębów w Lasach Państwowych w latach 1957–1991 (ZAŁĘSKI i KANTOROWICZ 1993)



Ryc. 3. Zbiór żołądzi w Regionalnych Dyrekcjach Lasów Państwowych (numeracja 1–17) w latach 1951–1999. Wielkości urodzaju żołądzi odpowiada powierzchnia krążka (KANTOROWICZ 2000)

Dokładność szacunkowej oceny spodziewanego urodzaju dębów jest ograniczona z powodu dużego zróżnicowania ilości żołądzi rozwijających się na poszczególnych drzewach. Dopiero osiągnięcie wprawy przez obserwatorów i porównanie wyników prognozy z danymi o dokonanym już zbiorze umożliwiła znaczne ograniczenie czynnika subiektywizmu w określaniu stanu faktycznego (TYSZKIEWICZ 1949).

Warto tu nadmienić, że obecnie dysponujemy w Polsce danymi o urodzaju rzeczywistym żołądzi obydwu gatunków dębu, traktowanych łącznie, za ostatnie pięć dziesięcioleci (ZAŁĘSKI i KANTOROWICZ 1993; KANTOROWICZ 2000), wraz z danymi o corocznym zapotrzebowaniu i o zbiorze we wszystkich kolejnych latach (ryc. 2 i 3).

Zbiór żołądzi jest przedsięwzięciem wymagającym znacznych środków i przygotowań. Informacja o spodziewanym urodzaju, przy z góry przyjętym zapotrze-

bowaniu na materiał siewny, ma więc dla takiej jednostki organizacyjnej jak nadleśnictwo duże znaczenie nawet wtedy, gdy wiarygodność tej informacji jest tylko przybliżona.

5.1.4. ZBIÓR ŻOŁĘDZI

Dojrzałe żołędzie opadają z drzew na ziemię w zasięgu rzutu korony i z ziemi należy je zebrać jak najwcześniej po opadnięciu. Chodzi o uprzedzenie zwierzyny żywiącej się żołędziami, a także o niedopuszczenie do ich przedwczesnego skielkowania, co zdarza się w okresach ciepłej i wilgotnej jesieni. Ważne jest również skrócenie do minimum okresu, w którym żołędzie są infekowane przez rozsiewające się wtedy zarodniki grzyba *Ciboria batschiana* (*Sclerotinia pseudotuberosa*), przyczyniającego się do ich szybkiej mumifikacji, szernienia i odwodnienia, przy równoczesnej utracie żywotności. Zbiór żołędzi dokonywany jest wprost z ziemi lub z płacht albo siatek rozpostartych pod drzewami.

Materiał siewny w postaci żołędzi pozyskuje się tylko w drzewostanach. Łączna powierzchnia wyłączonych drzewostanów nasiennych dębu szypułkowego wynosiła w Lasach Państwowych w 1991 roku 1419,2 ha, a w 2004 roku 1364 ha, dębu bezszypułkowego odpowiednio 490,4 i 1 506,6 ha, natomiast dębu czerwonego w 1996 roku 9 ha (IBL 1996 DGLP 2003). Stan ten podlega pewnym zmianom w miarę upływu czasu. W 1999 roku poszczególne Regionalne Dyrekcje Lasów Państwowych posiadały (poza RDLP Warszawa, gdzie drzewostanów wyłączonych dębowych nie było w ogóle) od 8 ha (RDLP Łódź) do 274 ha (RDLP Poznań) wyłączonych drzewostanów nasiennych dębu szypułkowego. Łączna powierzchnia gospodarczych drzewostanów nasiennych (wszystkie 3 gatunki) wynosiła w Polsce w 1991 r. 19 303 ha (DGLP, IBL 1993; DGLP 2004), natomiast w 2004 roku bez dębu czerwonego 21 511 ha (DGLP 2004).

Obecnie w Polsce zbiór żołędzi dokonywany jest głównie w gospodarczych drzewostanach nasiennych (prawie 80%), ponadto w wyłączonych drzewostanach nasiennych (ok. 12%), lecz ciągle jeszcze około 10% pochodzi z drzewostanów innych niż wyłączone i gospodarcze (MATRAS 2001, informacja ustna). Nasiona z wyłączonych drzewostanów nasiennych służą według zasad hodowli lasu (ROZWAŁKA 2003) do produkcji materiału sadzeniowego przewidzianego do zakładania rejestrowanych upraw pochodnych, upraw zachowawczych i proweniencyjnych powierzchni doświadczalnych. Uprawy pochodne zakłada się w dużych blokach w sąsiedztwie wyłączonych drzewostanów nasiennych. W 2004 roku było w Polsce 2 489 ha upraw pochodnych dębu szypułkowego i 1 813 ha dębu bezszypułkowego (DGLP 2004).

Metodą selekcji indywidualnej wybiera się w wyłączonych i gospodarczych drzewostanach nasiennych drzewa doborowe. Z początkiem 1996 roku na całym terenie Polski było 148 drzew doborowych dębu szypułkowego, w 2004 roku 478, a w tych samych latach odpowiednio 58 i 333 drzew dębu bezszypułkowego (oprócz odpowiednio 62 i 321 drzew oznaczonych tylko jako dąb) (IBL 1996; DGLP 2004). Wykorzystuje się je do pozyskiwania zrazów do szczepień przy zakładaniu plantacji nasiennych.

W Lasach Państwowych w Polsce obowiązują od 1994 roku zasady regionalizacji nasiennej, skorygowane dodatkowo w latach 1997 i 2004. Na terenie całego kraju wydzielono 9 mikroregionów matecznych dębu, wśród których znajdują się tak cenne i uznane populacje, jak krotoszyńska (252 ha wyłączonych drzewostanów nasiennych), gorzowska (384 ha), drawska (185 ha) i krajeńska (117 ha), a także niewielkie regiony mateczne dębu bezszypułkowego w Nadleśnictwach Syców w RDLP Poznań i Smolarz w RDLP Szczecin. Powierzchnia największych wyłączonych drzewostanów nasiennych dochodzi w Polsce do 80–100 ha, jednak większość z nich nie przekracza 10 ha (mgr J. MATRAS 2001, informacja ustna).

Jednoznaczne określenie przynależności gatunkowej obydwu rodzimych gatunków dębu jest bardzo utrudnione ze względu na występowanie ich naturalnych mieszańców. Obydwa gatunki i ich mieszańce często występują razem w naturalnych zespółach i w praktyce nawet obecnie nie są niekiedy rozróżniane (BORATYŃSKI 1995). Mateczne regiony nasienne wyznaczano głównie na podstawie fenotypowych cech drzewostanów. Regiony te tworzą na obszarach o znacznym udziale drzewostanów dębowych, charakteryzujących się jednocześnie dobrymi cechami przyrostowymi i jakościowymi (DGLP, IBL 1994).

Przyjmuje się, że w Niemczech dąb szypułkowy obradza żołądzie bardzo obficie co 8–12 lat, obficie co 5–7 lat, słabo i średnio co 3–4 lata, a na wschodzie, ze względu na mniej korzystne warunki klimatyczne, rzadziej (KRAHL-URBAN 1959). Dąb bezszypułkowy obradza nieco częściej, a dąb czerwony raz na 2–5 lat. Zdarzają się jednak niekiedy serie 2 lub nawet 3 lat kolejnego, dość znacznego urodzaju (SUSZKA i in. 2000). Wyliczony na podstawie danych wieloletnich czas przerwy pomiędzy latami dostatecznego plonowania (ZAŁĘSKI i KANTOROWICZ 1993) wynosi u nas 1–4 lat, natomiast owocowanie obfite zdarza się raz na 3–7 lat.

Zbieranie danych statystycznych o owocowaniu i zbiorze nasion drzew leśnych, w tym również dębów, rozpoczęto w polskich Lasach Państwowych na całym obszarze kraju w sezonie 1934/1935. Prowadzone jest ono również obecnie, stale pod opieką Instytutu Badawczego Leśnictwa, gdzie wyniki obserwacji są gromadzone i analizowane w porównaniu z danymi o zbiorze rzeczywistym i przy uwzględnieniu zapotrzebowania nasion na najbliższy rok. W latach 1951–1999,

a więc na przestrzeni 48 lat (KANTOROWICZ 2000), bardzo wysoki urodzaj żołądzi obydwu gatunków dębu traktowanych łącznie obserwowano siedmiokrotnie w Lasach Państwowych na całym obszarze Polski lub w większości Regionalnych Dyrekcji Lasów Państwowych (lata 1963, 1966, 1982, 1988, 1992, 1993 i 1997). Urodzaj średni, obejmujący cały kraj lub jego znaczne części, obserwowano ośmiokrotnie (lata 1952, 1954, 1971, 1975, 1989, 1994, 1995 i 1998). Zdarzało się, że wysokiemu urodzajowi żołądzi na północy Polski nie odpowiadał taki urodzaj w żadnej (1988) lub w niektórych (1971, 1988) z południowych Regionalnych Dyrekcji Lasów Państwowych. W pozostałe lata urodzaj był wszędzie słaby lub znikomy, najdłuższa przerwa pomiędzy latami urodzaju co najmniej średniego trwała 9 lat (1954–1963). Lata urodzaju następowały niekiedy bezpośrednio po sobie, lecz dotyczyły to różnych nadleśnictw czy drzewostanów.

O decyzji zaniechania zbioru mogą decydować gradacje owadów, których larwy żerują we wnętrzu żołądzi (patrz podrodz. 8.3), przy czym ich występowanie jest bardziej nasilone w latach słabego i średniego urodzaju. Z tego powodu jeszcze przed podjęciem decyzji o zbiorze niezbędne jest przeprowadzenie próby krojenia żołądzi, co pozwoli określić stopień ich opanowania przez owady. Innym groźnym, lecz łatwym do wyeliminowania, biologicznym źródłem spadku jakości żołądzi, uruchamianym jeszcze przed ich zbiorem z ziemi, jest infekcja przez zarodniki grzyba *Ciboria batschiana*, prowadząca jeszcze podczas pierwszej zimy po opadnięciu z drzew do zaniku żywotności nasion (patrz podrodz. 8.2). Tę chorobę grzybową można zwalczyć z łatwością za pomocą termoterapii (DELATOUR 1978; DELATOUR i MORELET 1979). Metoda ta została opracowana we Francji i jest od kilku lat w Polsce powszechnie stosowana. Termoterapia nie likwiduje jednak grzybów pleśniowych i zgorzelowych, których rozwój w tkankach zarodka (oś zarodkowa i liścienie) w trakcie późniejszego przechowywania w chłodni może prowadzić do znacznego obniżenia jakości nasion dębu (GUTHKE 1992).

5.1.4.1. Sposoby zbioru

W trakcie zbioru żołądzi z ziemi, dokonywanego ręcznie, można już podczas ich wybierania spośród przemieszanego materiału nasiennego przeprowadzić wstępną selekcję. Eliminowane są wtedy żołądzie bezwartościowe, a szczególną uwagę zwraca się na żołądzie typowe dla danego drzewa, dorodne i nieuszkodzone. Ma to na celu pozbycie się już wtedy zbędnego balastu w postaci żołądzi opadłych przedwcześnie lub żołądzi później opadłych, lecz słabo wykształconych, uszkodzonych mechanicznie lub w sposób widoczny opanowanych przez owady.

Obecnie upowszechnia się w Polsce coraz bardziej, podobnie jak w innych krajach, zbiór z plastikowych siatek o oczkach nie większych od 0,5 cm, rozpostartych pod owocującymi drzewami drzewostanu nasiennego. W roku dużego urodzaju pokrywa się pasami siatki całą powierzchnię po opadzie pierwszych bezwartościowych żołądzi. Ma to tę dodatkową zaletę, że później opadłe, zdrowe żołądzie nie mieszają się po opadnięciu z żołądziami z wczesnego opadu, zwykle już zainfekowanymi przez zarodniki grzyba mumifikacji (*Ciboria batschiana*). Siatki pozostawia się pod drzewostanem na okres 2–3 tygodni do końca października, dopóki nie ustanie znaczący opad żołądzi. W tym czasie pozostają one na siatkach pod wpływem oddziałujących na nie warunków atmosferycznych, zwłaszcza temperatury powietrza i opadów deszczu. Ze względu na panujące wtedy chłody i częstsze opady, wilgotność żołądzi nie spada jednak zazwyczaj poniżej krytycznego poziomu 40% wody w świeżej masie.

Zbiór żołądzi przy wykorzystaniu śmigłowca (ryc. 4) do otrząsania żołądzi z drzew przeprowadzono najwcześniej na świecie w Polsce, w leśnictwie Kotła, w Nadleśnictwie Głogów w Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Wrocławiu. Dnia 13 października 1994 roku otrząśnięto tym sposobem żołądzie z drzewostanu dębu bezszypułkowego o powierzchni 40 ha, a w dwa dni później zebra-



Ryc. 4. Otrząsanie plonu żołądzi z drzew na siatki lub ziemię za pomocą śmigłowca (RDLP Zielona Góra)

no z ziemi 4,5 t żołądźci dębu bezszypułkowego. Autorem tej metody otrząsania żołądźci jest inż. Jerzy Borysiewicz, miejscowy nadleśniczy. W 1998 roku w tej samej Regionalnej Dyrekcji, w nadleśnictwie Przytok, przeprowadzono zbiór żołądźci dębu szypułkowego tym samym sposobem, otrząsając żołądźcie na siatki i uzyskując 20 t z powierzchni 20 ha. Dziś sposób ten jedynie w Polsce znajduje szersze zastosowanie, nie tylko do zbioru żołądźci, ale także bukwi (BAK 1996; SUSZKA 2000).

Zaletą opisanego sposobu zbioru żołądźci jest możliwość ich wywiezienia spod drzewostanu jeszcze tego samego lub następnego dnia po otrząśnięciu z drzew; czas ich przelegiwania na siatkach można więc skrócić do minimum, chroniąc je w ten sposób przed zwierzyną i infekcją grzybową.

5.1.4.2. Wstępne oczyszczanie

Najmniej zanieczyszczone są żołądźcie zebrane z ziemi ręcznie, ponieważ podczas ich wybierania z runa leśnego czy ściółki pracownicy dokonują mniej lub bardziej świadomie pewnej selekcji, zbierając żołądźcie dorodniejsze i dobrze wykształcone. Pomimo tego nie można wykluczyć w zbiorze obecności niepożądanych zanieczyszczeń, takich jak żołądźcie słabo wykształcone i puste, miseczki, liście i gałązki, ponadto kamienie, piasek i żwir. Można się ich łatwo pozbyć (ANONIM 1962), przesiewając zebrane żołądźcie przez dwa sита: w pierw przez sito z oczkami większymi od żołądźci, zatrzymujące zanieczyszczenia większe od nich (liście, gałązki), potem przez sito z oczkami mniejszymi, zatrzymujące żołądźcie. Można też oczyścić zebrany plon, korzystając już w drzewostanie ze zwykłej rolniczej wialni, napędzanej przez silnik ciągnika.

Znacznie bardziej zanieczyszczone są żołądźcie opadające samorzutnie lecz stopniowo na siatki, czy też po wymuszeniu opadu przez helikopter. W jednym i drugim wypadku zebrany plon będzie wolny lub prawie wolny od zanieczyszczeń mineralnych, lecz znacznie więcej będzie w nim zanieczyszczeń organicznych: bezwartościowych żołądźci, miseczek, szypulek, liści, gałązek różnej grubości, a nawet gałęzi znacznych rozmiarów. Te ostatnie usuwa się lub wybiera jeszcze przed zwinięciem siatek. Podnosząc brzegi siatek, żołądźcie zgarnia się, tworząc z nich na siatkach groble lub stosy, po czym wsypuje się je do wiader, a z nich do worków. Na zebrany plon składają się więc żołądźcie zdrowe, przemieszane z bezwartościowymi i pustymi, wraz z wymienionymi powyżej zanieczyszczeniami organicznymi. Taki materiał przewozi się do miejsca ich dalszej obróbki (szkółka lub przechowalnia żołądźci). Po zbiorze na siatki w skład zebranego plonu nie wchodzi bezwartościowe żołądźcie opadłe na ziemię przed rozłożeniem siatek.

5.1.4.3. Transport

Ze względu na wysoką zawartość wody (40–50% w świeżej masie), żołądźcie dopiero co zebrane bardzo łatwo się zagrzewają, czemu towarzyszy gwałtowny wzrost aktywności drobnoustrojów obecnych na ich powierzchni. Żołądźcie pozostawione w temperaturze 15–20°C w szczelnym, choć otwartym worku foliowym, lub zsypa- ne w wysoki stos, mogą się mocno zagrzać. Z tego też powodu ani prowizoryczne gromadzenie, ani transport w workach z materiału nieprzepuszczającego powie- trza nie są wskazane. Idealnie nadają się do tego celu worki z siatki plastikowej z drobnymi oczkami, używane na szeroką skalę do pakowania owoców i warzyw. W ostatecznym wypadku, jeśli czas trwania transportu nie przekracza kilku godzin, można żołądźcie wsypać do worków z przepuszczalnej dla powietrza tkaniny, wypełniając je przed zawiązaniem do nie więcej niż 3/4 ich pojemności. Tak luźno zapakowane worki należy układać na platformie wozu lub przyczepy w kilku war- stwach poziomo na krzyż tak, by końce worków przewieszały się z obydwu stron. Zalecany jest też transport żołądźci nocą, kiedy jest chłodniej. Na miejscu przeznaczenia żołądźcie powinny znaleźć się najpóźniej na trzeci dzień po zbiorze (SPETH- MANN 1997). W miejscu dalszej obróbki należy je natychmiast wysypać i rozłożyć na drewnianej podłodze warstwą nie grubszą niż 10 cm.

Do transportu należy użyć pojazdu przykrytego plandeką chroniącą prze- wożony surowiec przed deszczem. Chodzi o szybką dostawę żołądźci na miejsce ich dalszej obróbki. We Francji do jesiennego transportu żołądźci do przechowalni La Sécherie de la Joux korzysta się z samochodów–chłodni z temperaturą niższą od 5°C (SPETHMANN 1997). W takich samych pojazdach żołądźcie wracają niezwłocznie po przeprowadzonej termoterapii i zaprawieniu na miejsce siewu w szkółce jesienią lub do przechowania w chłodni do wiosny.

5.1.4.4. Oczyszczanie żołądźci

Zebrane żołądźcie oczyszcza się, pozbawiając je zanieczyszczeń mineralnych i organicznych, wymienionych powyżej. Usunięcia wymagają też żołądźcie słabo wykształcone, opanowane przez larwy owadów, uszkodzone mechanicznie i pu- ste. Najprostszym sposobem oczyszczenia żołądźci jest ich starannie przeprowa- dzony zbiór ręczny, praktykowany wszędzie zwłaszcza tam, gdzie do dyspozycji jest tania siła robocza.

Żołądźcie zebrane na siatki są przemieszane z liśćmi i innymi zanieczyszcze- niami. Eliminacji tego zbędnego balastu dokonuje się przez podrzucanie żołądźci na siatkach przez kilku pracowników. Żołądźcie przemieszczają się wtedy bezpo- średnio na powierzchnię siatki, pokrywa je wtedy gruba nieraz warstwa liści, któ-

re po ponownym rozłożeniu siatki na ziemi łatwo zgarnąć i usunąć (SCHUMANN 1999).

Pod pojęciem „oczyszczanie” kryje się również oddzielanie od żołądzi prawidłowo wykształconych żołądzi uszkodzonych, pękniętych, zaatakowanych przez owady lub pustych. Eliminacja tej części plonu opadającego na ziemię lub siatki może być dokonana również innymi sposobami: mechanicznie lub przez spławianie. Podczas sortowania plonu następuje ostateczne wydzielenie i odrzucenie zanieczyszczeń drobnych, zwłaszcza mineralnych, co wchodzi w zakres zabiegu czyszczenia plonu nasion.

Sposoby mechaniczne

W niektórych ośrodkach nasiennych (np. La Sécherie de la Joux w Jurze Francuskiej) żołądźce podlegają mechanicznemu sortowaniu. W tym celu przepuszczane są przez rotujące bębny z płaszczem z podłużnymi otworami, o rozmiarach mniejszych lub większych od rozmiarów żołądźce. Przez pierwsze przelatają drobne zanieczyszczenia, a przez następne żołądźce; pozostają zanieczyszczenia od nich większe, przesuwające się dzięki nachyleniu osi bębnow do ich końcowemu odcinkowi, skąd wypadają. Przez otwory różnej wielkości, mniejsze od żołądźce największych, można oddzielać poszczególne ich frakcje. Już przez najmniejsze otwory odsiewane są zanieczyszczenia drobne, zwłaszcza mineralne takie jak piasek i żwir. W efekcie uzyskuje się żołądźce wolne od zanieczyszczeń łatwo usuwalnych. Niektóre zanieczyszczenia nie poddające się odsiewaniu (gałązki, patyki, liście itp.) wybierane są ręcznie po zakończonym sortowaniu.

Sortowanie żołądźce pod względem wielkości ma charakter selekcji, dokonywanej pod kątem eliminacji drzew w populacji, produkujących żołądźce najmniejsze lub największe. Może to ułatwiać siew za pomocą siewnika. Jednakże z puli genowej drzewostanu usuwane są wtedy drzewa produkujące nasiona dobrej jakości, choć różniące się wielkością lub kształtem od pewnego, dowolnie przyjętego standardu. Trzeba bowiem pamiętać, że każde drzewo dębu produkuje żołądźce odmiennej wielkości i zawsze wyrównane pod względem kształtu i proporcji (TYSZKIEWICZ 1949). Tak więc, usuwając żołądźce drobne, możemy wyeliminować z plonu potomstwo wszystkich drzew, których żołądźce cechują takie właśnie, a nie inne rozmiary. Inaczej ma się rzecz, gdy sortowaniu podlega plon żołądźce drzew indywidualnych. W tym wypadku usunięcie surowca drobnego eliminuje zwykle skutecznie nasiona niskiej wartości lub nie doksztalcone.

Separacja w wodzie

Przez zanurzenie w wodzie, czyli spławianie, eliminuje się z zebranego materiału siewnego wszystkie zanieczyszczenia o masie właściwej niższej od masy właściwej świeżych, uwodnionych żołądzi. Chodzi tu o gałązki, patyki, misczki, szypułki, żołądzie puste lub uszkodzone mechanicznie i dlatego przedwcześnie wysychające, ponadto żołądzie nie doksztalcone lub opanowane przez owady. Wszystkie te zanieczyszczenia, oraz lżejsze od zdrowych żołądzi nasiona już zmuflifikowane przez grzyba *Ciboria batschiana*, wypływają na powierzchnię wody, skąd zgarnia się je za pomocą sitka. Nasiona pełne, o prawidłowej wilgotności, a także nasiona w początkowej fazie infekcji grzybowej z nieznacznymi nekrozami toną wraz z piaskiem i żwirem w wodzie. Ich wilgotność nie ulega zmianie podczas spławiania ze względu na bardzo krótki czas jego trwania. Spławianie jest znakomitym sposobem oczyszczania plonu żołądzi, dlatego często jest stosowane w praktyce.



Ryc. 5. Wanna do spławiania żołądzi z koszem wyciągniętym z wody za pomocą elektrowciągu. Na frontowej ściance kosza założono rynnę do napełniania koszyków do termoterapii (Wyluszcarnia Siedlisko n. Odrą, Nadleśnictwo Nowa Sól)

Żołądzie spławia się w zimnej wodzie. Służą temu celowi różne zbiorniki, począwszy od zwykłej wanny lub beczki z wodą z koszem z siatki drucianej napełnianym żołądziami, zanurzonym w wodzie i wyciąganym z niej ręcznie, aż po technicznie doskonale urządzenia. Te są niezbędne w celu szybkiej obróbki znacznych ilości żołądzi. Najlepiej przemyślane urządzenie zostało skonstruowane w Polsce; wykonane jest ono w całości z niekorodującej blachy (ryc. 5). Do głównego zbiornika zwanego wanną, z zapewnionym dopływem i odpływem wody, opuszcza się za pomocą elektrowciągu napełnione żołądziami nieco mniejsze pudło z perforowanej gęsto blachy, zwane koszem. Po zanurzeniu kosza w wodzie lżejsze od nasion zanieczyszczenia wypływają na jej powierzchnię; proces ten jest wspomagany przez energiczne mieszanie łopatką zatopionych żołądzi.

Pływające zanieczyszczenia są usuwane, a w zatopionym w wodzie koszu pozostają w końcu tylko żołądźcie pełne, tonące. Pozostają one na dnie kosza po jego wyciągnięciu z wody. Można je stąd wsypać do koszyków do termoterapii przez rynną zakładaną na boczny otwór w koszu. Piasek i żwir spływają do wanny z wodą przez otwory perforacji dna kosza.

5.1.5. PROWIZORYCZNE SKŁADOWANIE I PODSUSZANIE

W okresie zbioru napływają do miejsca obróbki w krótkich odstępach czasu znaczne ilości żołądźci. Zachodzi więc potrzeba ich prowizorycznego gromadzenia w bezpiecznym miejscu, gdzie żołądźcie nie zagrzewałyby się samorzutnie, nie zagrażałyby im zwierzęta lub zbyt niska temperatura, nie dochodziłoby też do ich nadmiernego „pocenia się”. Takie gromadzenie świeżo zebranego plonu nazywamy prowizorycznym składowaniem. Ze składu żołądźcie zabierane są do dalszej obróbki (spławianie, termoterapia, zaprawienie) i już do niego nie wracają.

Skład na prowizorycznego przechowywania zebranego plonu jest pomieszczeniem lub zespołem pomieszczeń, do których można żołądźcie dowieźć wózkami z windy, rampy lub miejsca rozładowania pojazdów. W ścianach bocznych hali należy rozmieścić okna, zamykane potrójnie: od wnętrza hali zwykłymi oszklonymi oknami, dla ochrony żołądźci na składzie przed przymrozkami lub mrozem. Za oszklonymi ramami należy w każdym otworze okiennym szczelnie rozpiąć niekorodującą siatkę, dla ochrony żołądźci przez ptakami i gryzoniami. Na zewnątrz powinny być zainstalowane dodatkowo drewniane żaluzje, chroniące halę przed słońcem i deszczem. Drzwi do hali należy dostosować do ruchu wózków z żołądźcami. Strop hali lub połacie dachu w niej widoczne od spodu powinny być izolowane, by nie dochodziło do skraplania się pary wodnej na zimnych elementach konstrukcji metalowej. W najwyższych miejscach pod stropem lub połaciami dachu rozmieszcza się wywietrzniki otwierane i zamykane z dołu, dobrze zabezpieczone przed przeciekaniem wody.

Na gładkiej, cementowej posadzce hali rozmieszcza się przenośne podłogi z heblowanych, niemalowanych desek, łączonych na pióro i wpust, podwyższone nad cementową posadzkę o 24–26cm, co umożliwi łatwe strącanie żołądźci do podstawionych pudeł. Podłogi są podzielone na sąsiadujące ze sobą skrzynie ze ścianką tylną i ściankami bocznymi o wysokości 40 cm, a także z ruchomą ścianką przednią z luźnych desek przesuwanych pomiędzy pionowymi prowadnicami z łat drewnianych. Podział na takie skrzynie (boksy) umożliwia oddzielenie poszczególnej partii żołądźci lub ich części od siebie (ryc. 6). Sprzyja to ich obeschnięciu i nieznacznemu odwodnieniu. Drewniana podłoga odbiera od żołądźci część wil-



Ryc. 6. Boksy do prowizorycznego składowania żołądź (Nadleśnictwo Bolewice)

goci i sama dalej ją odparowuje. Z tego względu ważne jest, aby pomiędzy belkami podwalin podłogi pozostawić wycięte szpary, umożliwiające swobodną cyrkulację powietrza. Deski nie oziębiają się tak silnie, jak cementowa posadzka, na której nieraz skrapla się woda, co przyczynia się do pleśnienia żołądź. W miarę podсыхания do wilgotności 40%, czyli do najniższego dopuszczalnego poziomu, można grubość warstwy ostrożnie powiększać żołądziami z tej samej partii do 20 cm (TYSZKIEWICZ 1949). Takie postępowanie ze składowanymi prowizorycznie żołądziami chroni je zarówno przed szkodliwymi dla nich skutkami niekontrolowanego „pocenia się”, jak i przed niepożądanym zagrzewaniem.

Czasu trwania składowania nie należy przedłużać ponad konieczną miarę, ze względu na możliwy szybki rozwój grzybni różnych grzybów patogenicznych, zwłaszcza grzyba mumifikacji żołądź (*Ciboria batschiana*).

5.1.6. ZABIEGI FITOSANITARNE

Wydzielenie po zbiorze żołądź pełnych nie wystarczy, by na najbliższą lub następną wiosnę po przechowaniu w chłodni, po wysiewie na zagony w otwartej szkółce lub w kontenery na polu zraszania albo w namiotach foliowych, zapewnić dobre i pełne wschody. Trzeba się bowiem liczyć z infekcjami grzybowymi, których skutki uwiadcniają się wkrótce po rozpoczęciu składowania lub przechowy-

wania, zwłaszcza w temperaturze wyższej od 0°C, albo też w glebie po jesiennym siewie (ŁUKOMSKI 1961; DELATOUR i MORELET 1979; STOCKA 1993; PROCHÁZKOVÁ i SIKOROVÁ 1999; KOWALSKI 1999). Okazało się jednak (KEHR i PEHL 1993), że grzyby zasiedlające nasiona mogą też sprzyjać kiełkowaniu nasion, stąd całkowita eliminacja flory grzybowej przed przystąpieniem do przechowywania nasion jest raczej niewskazana, nie mówiąc już o grzybach mikoryzowych. Zróżnicowana jest też intensywność kolonizacji przez grzyby powierzchni żołądździ i wewnętrznych tkanek zarodka dębu, co uwidacznia się w odmiennej ich reakcji na zabieg termoterapii. Wiele wskazuje na to, że izolaty tego samego gatunku patogena cechuje zróżnicowana wrażliwość na podwyższoną temperaturę w zewnętrznych (owocnia) i wewnętrznych (nasiona i zawarte w nich zarodki) częściach żołądździ. Skuteczna metoda zwalczania patogenów grzybowych musi więc być jednakowo efektywna dla powierzchni żołądździ oraz ich wnętrza; powinno się ją stosować jak najwcześniej po opadnięciu i zbiorze.

Ze względu na biotoksyczność większości środków grzybobójczych zwrócono stosunkowo późno uwagę na możliwość zastosowania termoterapii do zwalczania patogena zasiedlającego nasiona z równoczesnym wykorzystaniem grzybobójczego oddziaływania niskoenergetycznych elektronów (BURTH i in. 1992). Ma to na celu eliminację grzybów zasiedlających powierzchnię owocni.

Jeśli chodzi o choroby żołądździ wywoływane przez grzyby patogeniczne, to najgroźniejszą z nich jest mumifikacja żołądździ. Sprawca, *Ciboria batschiana* (patrz podrozdz. 8.1), niszczy również owoce kasztana jadalnego (VIENNOT-BOURGIN 1949). Grzyb ten opisany był pod różnymi nazwami; obserwowano go na żołądździach w krajach zachodniej Europy już w latach 1876–1893 (KOHN 1979). W Anglii zarejestrowano go najwcześniej na materiale zielnikowym dębu szypułkowego i bezszypułkowego z 1857 roku (DENNIS 1956), w Czechosłowacji obserwowano chorobę, którą wywołuje ten grzyb, po raz pierwszy w latach 20. XX wieku (KLIKA 1923). W Polsce zasygnalizowali jego występowanie ŁUKOMSKI (1961) i KOZŁOWSKA (1970); obecnie wiadomo że, występuje on w całym kraju (SUSZKA J. 1997, 2002). W Rosji obserwował jego obecność DOROGIN (pod nazwą *Stromatinia pseudotuberosa*) już w 1914 roku (SOKOLOV 1955). Uważa on, że *C. batschiana* jest przyczyną masowego porażenia żołądździ przechowywanych zimą, zwłaszcza w pozbawionych wentylacji dołach wykopanych w wilgotnych, gliniastych glebach (do 60% porażonych żołądździ).

Grzyb *Ciboria batschiana* w bardzo krótkim czasie (w kilka tygodni) opanowuje żywe tkanki nasion w żołądździach. Pierwszymi objawami infekcji są żółtopomarańczowe, ciemno obramowane plamki na liścieniach. Po pewnym czasie zainfekowane żołądździe pokrywają się białą grzybnią, przyjmującą później zabarwienie szare,

która rozrasta się też pod owocnią i pomiędzy liścieniami (SCHRÖDER i KEHR 2001). Zimą, podczas przechowywania w temperaturze dodatniej lub ujemnej bliższej 0°C, lub na wiosnę, nasiona przekształcają się w czarne, pomarszczone „mumie” z głębokimi jamami w tkance (UROŠEVIČ 1961; STOCKA 1993).

Grzyb mumifikacji żołądzi rozmnaża się przez zarodniki produkowane w małych owocnikach w kształcie lejka lub miseczki na wydłużonym trzonku, o barwie jasnobrązowej. Owocniki wyrastają z leżących na ziemi żołądzi zakażonych rok wcześniej, podczas ich opadania lub po opadnięciu na ziemię. Biologię rozmnażania się tego grzyba opisali ŁUKOMSKI (1961) i DELATOUR i MORELET (1979), ostatnio również STOCKA (1997) i KOWALSKI (1999). DELATOUR (1978) opracował w pełni skuteczny sposób zwalczania *C. batschiana*, zwany termoterapią, który zastąpił wszystkie inne, niewystarczająco efektywne metody.

Żołądzie są też atakowane przez inne choroby grzybowe (patrz podrozdz. 8.1) (STOCKA 1993, 1997, 2002; PROCHÁZKOVÁ i SIKOROVÁ 1999), których sama termoterapia nie eliminuje. Do ich zwalczania stosuje się dodatkowo zaprawianie nasion środkami grzybobójczymi natychmiast po przeprowadzeniu termoterapii.

Na żołądźkach dębów nie poddanych termoterapii, przechowywanych w temperaturze ujemnej (np. w -3°C), grzyb *Ciboria batschiana* ujawnia swą aktywność znacznie rzadziej. SCHRÖDER i KEHR (2001) stwierdzili jednak w trakcie badań nad wzrostem grzybni w kulturach agarowych w szerokim zakresie temperatur (od -3° do 35°C), że proveniencje tego grzyba z różnych krajów Europy Środkowej (Niemcy, Polska, Czechy, Słowenia) rosną, choć wolno, nawet w -3°C. Proveniencja polska należała, wraz z dwiema niemieckimi, do najszybciej rosnących w tej temperaturze, uważanej za najbardziej odpowiednią dla przechowywania żołądzi. Może to przemawiać za istnieniem różnych ras tego grzyba. Jest to też dodatkowy argument za koniecznością poddawania żołądzi zabiegowi termoterapii, dzięki której można tę chorobę skutecznie zwalczać (DELATOUR 1978; DELATOUR i MORELET 1979). Metoda ta, wypracowana we Francji, jest w Polsce powszechnie stosowana od kilku lat. Nie likwiduje ona jednak grzybów pleśniowych i zgorzelowych, których rozwój w tkankach zarodka w trakcie późniejszego przechowywania w chłodni może prowadzić do znacznego obniżenia jakości nasion (GUTHKE 1992).

Obecność grzyba *Ciboria batschiana* można stwierdzić po ułożeniu żołądźki obranych z owocni na kilku warstwach wilgotnej bibuły w zamkniętym szczelnie pudełku, umieszczonym na kilka dni w ciemności, w temperaturze 20°C.

5.1.6.1. Termoterapia

Termoterapia jest zabiegiem niszczącym selektywnie grzyba mumifikacji żołądździ (*Ciboria batschiana*). Polega ona na umieszczeniu żołądździ w wodzie, nagrzaniu jej do temperatury 41°C i na pozostawieniu w niej od tego momentu na przeciąg 150 minut (2,5 godziny). Po tym zabiegu zainfekowane żołądździe są od grzyba całkowicie wolne. Te partie tkanek liścieni, które grzyb ten zdążył już zainfekować i uszkodzić, stają się z kolei miejscem rozwoju innych gatunków grzybów, zwykle pleśniowych, które przez termoterapię nie są eliminowane. Dochodzi więc do wtórnych infekcji, które zwalcza się, stosując zaprawianie żołądździ środkami grzybobójczymi (fungicydami).

W kilku krajach Europy (Francja, Niemcy, Polska, Dania, Belgia, Holandia) znajdują zastosowanie różne rozwiązania techniczne urządzeń do termoterapii, zawsze chodzi jednak o umożliwienie pozostawiania żołądździ w wodzie dogrzewanej termostatycznie do temperatury 41°C i będącej w stałym ruchu dzięki nieprzerwanie czynnej pompie cyrkulacyjnej. Różne urządzenia służące termoterapii (ryc. 7 i 8) opisał SUSZKA (2000). Ruchomy zestaw do termoterapii (podnośzenie i opuszczanie kosza z żołądździami za pomocą podnośnika widłowego) został skonstruowany już w 1992 roku w wyluszcarni Nagold w Badenii-Wirtembergii (EBINGER 1997). Większość urządzeń do termoterapii w wodzie jest wyposażona w stacjonarne kotły, mieszczące łącznie 80–150 kg żołądździ w 3 lub 4 kolistych „koszykach”, luzem lub niekiedy w workach z tkanego materiału (juta, tkanina z pasków folii).

Rozwiązaniem odbiegającym od klasycznej termoterapii wodnej jest umieszczenie żołądździ na taki sam okres 2,5 godzin w strumieniu przepływającego przez nie powietrza ogrzanego do temperatury 41°C, lecz nasyconego wodą rozpyloną w nim do drobnej mgły. Zapewnia to wysoką wilgotność powietrza i gwarantuje w efekcie pełną skuteczność termoterapii. Sposób ten został opracowany w wyluszcarni szyszek w Jarocinie w 1995 roku przez SUSZKĘ i MUSIEŁĘ (SUSZKA J. 2002). Od tej pory jest on stale stosowany w Jarocinie w skali wielu ton żołądździ rocznie (SUSZKA 2000). Na uwagę zasługuje fakt przeprowadzania takiej termoterapii w komorach do wyluszczenia szyszek. W każdej komorze poddaje się termoterapii w danym cyklu, w 7 skrzyniach wyluszcarskich, łącznie po 500 kg żołądździ.

Polska koncepcja termoterapii powietrznej została, począwszy od jesieni 1995 roku, poddana kilkuletnim badaniom w Dolnosaskiej Stacji Leśnego Poradnictwa Nasiennego w Oerrel (GILLE 1999). Również tam taka termoterapia żołądździ dębu szypułkowego i bezszypułkowego (czas skrócony do 2 godzin) nawilżonym powietrzem zapewniała lepsze wyniki niż termoterapia wodna. Uwzględniono



Ryc. 7. Kotły do termoterapii żołądźi (Leśny Bank Genów Kostrzyca)



Ryc. 8. Zestaw koszyków do termoterapii żołądźi (Wytłuszczarnia Siedlisko n. Odrą, Nadleśnictwo Nowa Sól)

przy tym przechowywanie żołądźi po termoterapii przez jedną lub dwie, wyjątkowo (dąb szypułkowy) przez trzy, zimy w chłodni. Kielkowanie w laboratorium i wschody żołądźi wysianych wiosną w szkółce były częstsze po termoterapii powietrznej niż wodnej. Jednak w badaniach tych poddanie termoterapii silnie zainfekowanej partii żołądźi dębu bezszypułkowego dopiero w listopadzie sprawiło, że u części żołądźi nie dało się uniknąć dalszego rozwoju grzyba *Ciboria batschiana* i znacznego spadku zdolności kiełkowania w laboratorium, również po przechowaniu przez jedną zimę. Wschody tych samych żołądźi po wiosennym siewie w szkółce uznano natomiast za zadowalające (180 siewek z 1 kg).

5.1.6.2. Zaprawianie fungicydami

Termoterapia działa wybitnie wybiórczo. Niszcząc całkowicie grzyba mumifikacji żołądźi pozostawia blizny po wcześniejszych ogniskach, nie eliminuje grzybów pleśniowych i zgorzelowych. Z tej też przyczyny zabiegiem uzupełniającym

termoterapię jest rutynowo zaprawienie żołądźi środkiem grzybobójczym (ryc. 9). Wilgotne jeszcze żołądźie, z których po termoterapii obciekła woda, umieszcza się w rotacyjnej zaprawiarce (mieszalniku), wysypuje na nie odpowiednią dawkę fungicydu w proszku (zazwyczaj 1 lub 2 g preparatu na 1 kg żołądźi) lub w postaci płynnej zawiesiny, i po zamknięciu bębna mieszalnika pokrywą miesza się przez kilka minut, aż do pokrycia nim wszystkich żołądźi. Środki w proszku używane do zaprawiania żołądźi (Dithane, Funaben, Euparen, Gwarant, w niektórych krajach też Rovral) cechuje IV lub V klasa toksyczności według zasad obowiązujących w Polsce do 2000 roku. Jednakże okres stykania się personelu z zaprawionym materiałem siewnym podczas różnych zabiegów poprzedzających siew i podczas wysiewu może być stosunkowo długotrwały, dochodząc niekiedy do kilku, kilkunastu, a nawet więcej dni. Wskazana jest więc wzmożona ostrożność podczas wykonywania tych prac (mycie się, zakaz spożywania posiłków niemitymi rękoma itp.).

Badania porównawcze nad stosowaniem różnych fungicydów do zaprawiania wielu partii żołądźi dębu szypułkowego i bezszypułkowego, spławionych uprzednio w wodzie i poddanych termoterapii, a po zaprawieniu nie przechowywanych



Ryc. 9. Żołądźie zaprawione fungicydem w pojemniku 120 l do przechowywania w chłodni. Dzięki zdjętemu wieku i usunięciu osłony z włókniny (z otworem na kominek wentylacyjny) widoczny jest górny koniec tego kominka sięgającego do dna pojemnika (Szkółka Nędza, Nadleśnictwo Rudy Raciborskie)

lub przechowywanych w chłodni w temperaturze 3°C i –3°C przez 1, 2 lub 3 zimy przeprowadził SUSZKA J. (1997, 1999, 2002). W doświadczeniach porównano następujące środki grzybobójcze: Rovral, Dithane, Ridomil, Euparen, Funaben, Bravo i Benlate. Stosowane dawki fungicydu wynosiły 1, 2 i 4 g/kg żołądździ. Nie ujawniły one istotnego wpływu zaprawiania na żołądździe przechowywane przez tylko jedną zimę. Stosowanie fungicydu było uzasadnione jedynie przed przechowywaniem dłuższym, na przykład przez 2 zimy. W wypadku niemożności przeprowadzenia termoterapii, wskazane jest zaprawienie żołądździ preparatem Rovral (w Polsce niedopuszczony do stosowania). Dla żołądździ poddanych termoterapii najlepsze rezultaty zapewniły preparaty Dithane, Funaben i Bravo, zwłaszcza gdy przechowywanie następowało w chłodni. Zależność uzyskanego efektu od dawki preparatu nie była jednoznaczna, jednakże w większości wypadków wystarczała dawka 1 g lub 2 g/kg żołądździ. Obecnie do zwalczania patogenów grzybowych zalecane jest również stosowanie po termoterapii płynnej zaprawy Vitavax 2000 FS (STOCKA 2002), zawierającej w 1 litrze 200 g karboksyny i 200 g tiuramu. Rozcieńcza się ją wodą w stosunku 1 : 3, a do zaprawienia 100 kg żołądździ zużywa się 1 litr roztworu. W latach 1999–2001 w 11 z 14 analizowanych przypadków stosowanie tego środka, w porównaniu z preparatami Dithane, Oxafun i Funaben T, zapewniało w 10 nadleśnictwach objętych badaniami wschody w szkółce od kilkunastu do kilkadziesiątu procent wyższe.

W badaniach nad stosowaniem fungicydów nie wystarczy ograniczyć się do obserwacji ich wpływu na grzyby patogeniczne, należy bowiem uwzględnić też następstwa stosowania tych środków dla rozwoju siewek wyrastających z zaprawianych żołądździ. Chodzi tu przede wszystkim o nawiązywanie symbioz ektomikoryzowych pomiędzy korzeniami siewek dębu a grzybami, zarówno w szkółkach otwartych, jak i w produkcji siewek dębów w kontenerach z podłożem zaszczerpionym grzybem (np. *Laccaria lactata* czy *Hebeloma crustuliniforme*). Wiadomo bowiem, że do przechowywania żołądździ w chłodni, dłuższego niż jedna zima, spośród fungicydów nadających się zaprawiania po termoterapii, zalecane są tylko preparaty: Dithane, Bravo i Funaben (SUSZKA J. 2002). Pierwszy z wymienionych środków grzybobójczych jest dla rozwoju ektomikoryzowego szkodliwy, drugi jest nieszkodliwy tylko wtedy, gdy dawki preparatu są niskie, a trzeci jest z reguły nieszkodliwy (CASTELLANO i MOLINA 1989; RUDAWSKA 1993; ANONIM 1995). Przy zalecanej dawce 2 g preparatu/kg żołądździ i siewie 60 kg żołądździ na ar szkółki jego ilość przypadająca na tę powierzchnię wynosi 120 g. Przy siewie w pojemniki na 1000 sztuk żołądździ przypada średnio 8 g preparatu, na jedną żołądź 0,008 g. Przy gęstym siewie rzutowym (300–400 kg żołądździ na ar) na 1 ar przypada 600–800 g preparatu, co może być dawką zbyt wysoką dla rozwoju ektomikoryz.

Jednakże do tej pory nie zostało to potwierdzone przez badania. W niektórych szkółkach kontenerowych (np. w Nadleśnictwie Jarocin) żołądźce zaprawione wcześniej fungicydem są przed siewem myte w wodzie (MUSIELA 2003, informacja ustna).

5.1.6.3. Traktowanie miękkimi elektronami

Pewne nadzieje wiązano do niedawna z możliwością zastąpienia traktowania żołądźki metodą chemiczną (fungicydy) przez ich traktowanie niskoenergetycznymi elektronami (BURTH i in. 1992). Metodę tę zastosowano skutecznie w odniesieniu do ziarna zbóż (RÖDER i KNAPPE 1997). W zakładach FEP Dresden opracowano urządzenie pilotowe i badawcze WESENITZ 1 do traktowania nasion tą metodą. Za pomocą tego urządzenia można poddawać działaniu niskoenergetycznych elektronów nasiona pszenicy z wydajnością 8 t/godz., wykorzystując w nim ich grzybobójcze właściwości. Stosowanie niskoenergetycznych elektronów w zakresie energetycznym 50–159 keV ogranicza głębokość wnikania promieniowania do powierzchniowych warstw ziarniaków (urządzenie to różni się tym od nieprzydatnego do odkażania nasion aparatu, w którym wykorzystuje się elektrony wysokoenergetyczne w zakresie 500 keV).

Niskoenergetyczne elektrony wnikają równomiernie i ze wszystkich stron w ścianę owocni obiektów modelowych do głębokości 50 μm . Przy napięciu przyspieszającym rzędu 60 keV dawka energii spada do poziomu 0, można ją jednak obliczyć dla wymaganej głębokości przenikania w odniesieniu do nasion z owocnią innej grubości. W ten sposób wyklucza się fitotoksyczne oddziaływania na zarodki nasion. Zwalczanie tą drogą patogenów znajdujących się głęboko we wnętrzu zarodków nie jest możliwe, stąd też eliminacja grzybów z powierzchni i wnętrza nasion bez stosowania biotoksycznych fungicydów wymaga kolejnego stosowania po sobie termoterapii i oddziaływania strumienia niskoenergetycznych elektronów, co jest w Niemczech od kilku lat przedmiotem badań.

5.1.6.4. Oddziaływanie mikrofalami

Możliwość zwalczania *Ciboria batschiana* za pomocą oddziaływań ciepłych, ale innym sposobem niż przez wodną termoterapię, sugerują wyniki uzyskane przez SCHRÖDERA i in. (1999) w badaniach nad możliwością wykorzystania do tego celu energii mikrofalowej. W gruncie rzeczy chodzi o oddziaływanie ciepłe w komórkach mikroorganizmów, choć sposób ogrzania jest inny. W wypadku grzyba mumifikacji żołądźki po jednogodzinnym traktowaniu mikrofalami

osiągnięto całkowitą eliminację patogena, bez jakiegokolwiek ujemnego wpływu na zdolność kiełkowania nasion dębu szypułkowego i bezszypułkowego. Zaleta tego sposobu polegałaby na pełnej eliminacji wody, stosowanej w termoterapii jako nośnik ciepła. Na skutek korzystania z tej samej „zużytej“ wody do wielokrotnie stosowanego zabiegu termoterapii wydłuża się łączny czas korzystania z niej przed wymianą na wodę świeżą (w praktyce trwa to od jednego do kilku dni). W termoterapii klasycznej może więc dojść do znacznej akumulacji zarodników grzybów w wodzie, a w efekcie do wtórnej infekcji nasion przez patogennie oddziałujące grzyby pleśniowe, zwłaszcza z rodzajów *Penicillium* i *Mucor*.

Urządzenie wykorzystane w badaniach do oddziaływań mikrofalowych służyło wcześniej do prac na skalę laboratoryjną nad nasionami zbóż. Z badań dotyczących wpływu mikrofal na zwalczanie larw owadów w żołądźkach amerykańskiego dębu *Quercus virginiana* i na kiełkowanie nasion skorzystali najwcześniej CROCKER i in. (1987). Badacze zaobserwowali jednak, że wzrostowi śmiertelności larw towarzyszył spadek zdolności kiełkowania nasion tego gatunku dębu.

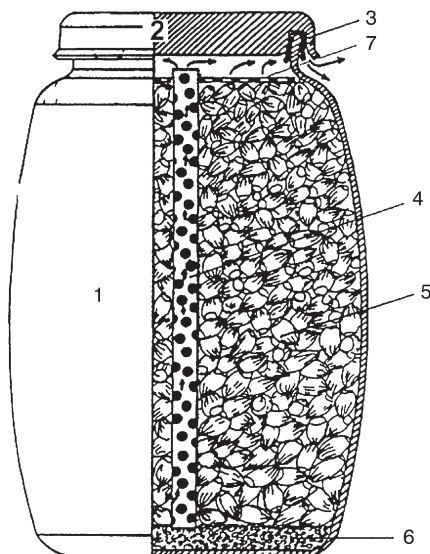
SCHRÖDER i in. (1999) przeprowadzili swe badania nad oddziaływaniem mikrofal na żołądźki dębów szypułkowego i bezszypułkowego przy długości fali rzędu 2,450 MHz. Proces fizyczno-termiczny zachodzący w traktowanym w ten sposób materiale prowadzi do zamiany energii elektrycznej w ciepłą. Zalety tego sposobu polegają na ogrzaniu się tkanek w samym materiale, a nie na doprowadzaniu ciepła, oraz na możliwości skrócenia czasu traktowania nasion przez przyspieszenie procesu nagrzewania się. Stwierdzono przy tym, że możliwa jest całkowita eliminacja grzyba *Ciboria batschiana* w owocni i we wnętrzu liścieni bez spadku zdolności kiełkowania nasion obydwu gatunków dębu. Czas efektywnego traktowania (moc wyjściowa 300 W, temperatura powierzchniowa 40°C) był krótszy niż w termoterapii, co zapewnia liczący się zysk na czasie. Równocześnie wyeliminowano możliwość zakażenia żołądźki mikroorganizmami przez wodę używaną do termoterapii wielokrotnie, z której tu nie korzystano w ogóle. Wskazane było przy tym dogrzanie ścian komory nagrzewania do temperatury żołądźki. Celem tych badań było jedynie ukazanie możliwości zastąpienia termoterapii w wodzie oddziaływaniem mikrofalowym. Zastosowanie tej metody na skalę praktyczną wymagałoby jednak, z ekonomicznego punktu widzenia, opracowania urządzenia działającego w ruchu ciągłym i potokowym.

5.1.7. PRZECHOWYWANIE ŻOŁĘDZI

Jesienny wysiew żołądźki, wkrótce po zbiorze, jest często stosowany w szkółkach otwartych. Wysoka wilgotność nasion i związana z tym niska odpor-

ność mrozowa sprawiają, że ten sposób postępowania obarczony jest znacznym ryzykiem w wypadku nastania mroźnej i beźśnieźnej zimy. Obecnie, gdy niezbędne stało się poddanie żołądźi jak najwcześniej po zbiorze zabiegowi termoterapii, powstała potrzeba ich przechowania przez co najmniej jedną zimę. Chodzi o to, by nie narażać materiału rozmnożeniowego, obciążonego kosztami termoterapii i ewentualnego zaprawienia, na dodatkowe ryzyko zniszczenia przez mróz. Ze względu na nierównomierne obradanie dębów po roku urodzaju celowe jest również tworzenie rezerw nasiennych na najbliższe lata. Najczęściej chodzi o przechowanie żołądźi nie tylko do pierwszej, ale i do drugiej wiosny po zbiorze w roku urodzaju.

Leśnicy uświadomili sobie już dawno, że nawet w warunkach naturalnych trzeba zimować żołądźie w wysokiej wilgotności i w temperaturze bliskiej 0°C. Obecnie upowszechnia się metoda ich przechowywania w chłodni przy optymalnej wilgotności i w regulowanej temperaturze ujemnej. Temu celowi służyły do



Ryc. 10. Pojemnik umożliwiający wymianę gazową pomiędzy żołądźiami a powietrzem otoczenia: 1 – beczka plastikowa; 2 – wieko; 3 – paski tektury uniemożliwiające dokręcenie wieka i zapewniające powstanie szczeliny dla wymiany gazowej; 4 – perforowana plastikowa rura dla wentylacji żołądźi; 5 – żołądźie; 6 – suche trociny; 7 – warstwa włókniny chroniąca żołądźie przed wysychaniem. Zamiast pasków tektury można wywiercić w wiekach liczne otwory o średnicy 1 cm, wieko się wtedy dokręca szczelnie. Pojemnik ze schłodzonymi żołądźiami ustawia się w chłodni o temperaturze -3°C



Ryc. 11. Chłodnia do przechowywania żołądź. Pojemniki nieuszczelnienie zamknięte (Nadleśnictwo Bolewice)

niedawna sposoby przechowywania dostosowane do lokalnych warunków (np. w lodowniach schładzanych naturalnym lodem). Obecnie powstają, również w Polsce, nowoczesne chłodnie przeznaczone do przechowywania żołądź przez jedną, a nawet dwie zimy po zbiorze. Chłodniami takimi dysponują już u nas nadleśnictwa Rudy Raciborskie, Białogard, Jarocin, Oleszyce, Gryfino, Bielsko, Nowa Sól (Siedlisko nad Odrą), Smolarz i inne. Najwcześniej zbudowano w Polsce taką chłodnię w nadleśnictwie Świerczyna (RDLP Szczecinek). Niektóre nadleśnictwa przechowują znaczne ilości żołądź, dochodzące nawet do 100 t, w chłodniach dzierżawionych czasowo od sadowników. W wielu nadleśnictwach znajdują się niewielkie chłodnie (np. w nadleśnictwach Głogów czy Bolewice) wykorzystywane również do przechowywania żołądź (ryc. 11). Istnieją też już chłodnie do masowego przechowywania żołądź w pojemnikach 110–120 l, ustawionych na obudowanych paletach w dwóch kondygnacjach (szkółka Tvilum, Dania lub szkółka kontenerowa Nędza w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie) albo na przesuwanych regałach (wyluszcarnia w Nadleśnictwie Jarocin) (ryc. 12).

5.1.7.1. Zmiany składu chemicznego nasion dębu podczas przechowywania

GUTHKE (1992) przeprowadził szczegółowe badania zmian składu związków zapasowych w liścieniach żołądź kilku populacji dębu szypułkowego i bezszy-pułkowego z Dolnej Saksonii. Zastosowane temperatury przechowywania kontynuowanego do 36 miesięcy (wpierw 0,5°C, potem -2°C) nie zapobiegły stopniowej inicjacji procesu kiełkowania nasion. W tym czasie następował spadek żywotności nasion przy równoczesnym powolnym wzroście ich wilgotności. Przyczy-



Ryc. 12. Przechowywalnia żołądzi przy wyluszcarni szyszek w nadleśnictwie Jarocin. Widok wnętrza komory -2°C do -3°C dla 10 t żołądzi. Na stałych, 2-kondygnacyjnych półkach przy ścianach bocznych i na dwóch podwójnych, ruchomych półkach w środku komory mieszczą się łącznie 142 beczki z tworzywa sztucznego o pojemności 110 l, mieszczące 70 kg żołądzi każda. Cała chłodnia obejmuje 3 komory dla łącznie 30 t żołądzi

niało się to do stopniowej zmiany początkowej proporcji poszczególnych składników każdej populacji względem siebie, gdyż nasiona indywidualnych drzew różniły się zdolnością zachowywania żywotności – dłużej przeżywały nasiona cięższe i bardziej zasobne w skrobię. W tej sytuacji traci sens wyrażanie udziału poszczególnych składników zapasowych jako procentu wagowego suchej masy liścieni, która sama podlega zmianom. GUTHKE przeliczał ich udział na masę (w gramach) danego związku w 100 sztukach żołądzi, bowiem tylko ich liczba była niezmienna, gdy tymczasem proporcja żołądzi szybciej ginących do dłużej zachowujących żywotność podlegała zmianom. W ten sposób udział skrobi w suchej masie liścieni malał przykładowo w ciągu 36 miesięcy z początkowych 42,0 g dla 100 żołądzi do 22,3 g (*Q. petraea*) czy na przykład ze 126,0 g do 86,7 g w ciągu 24 miesięcy przechowywania (*Q. robur*). Udział cukrów całkowitych (rzędu 9,4–21,7 g w suchej masie 100 żołądzi), w tym glukozy, fruktozy i sacharozy, malał

stopniowo i stale, czasami po początkowym wzroście. Po 20 miesiącach ich ilości były już silnie zredukowane, a zawartość rafinozy, pentoz i sorbitu były zawsze tylko śladowe. Białko ogólne, z którego GUTHKE wydzielił białko proteinowe i aminokwasowe, po pewnym, początkowym, spadku w ciągu pierwszych 20 miesięcy przechowywania żołądź obydwu gatunków dębu wzrastało nieznacznie, po czym ponownie nieznacznie malało, nie zawsze jednakowo w poszczególnych populacjach żołądź. Znacznym zmianom podlegała natomiast wzajemna proporcja ilości białek i aminokwasów. W ciągu pierwszych 8–16 miesięcy udział białek wzrastał, po czym spadał ponownie na rzecz aminokwasów, zwłaszcza asparaginy, histydyny i alaniny, częściowo również glicyny i leucyny, co jest oznaką starzenia się nasion. Udział tłuszczów, w populacjach wyjściowych niski (3–5% suchej masy liścieni), malał po pewnym czasie lub od samego początku przechowywania. Ze względu na procesy wzrostowe korzeni i epikotyli, nie do powstrzymania w zastosowanej temperaturze, spektrum kwasów tłuszczowych przesunęło się w kierunku układów typowych dla kiełkowania.

5.1.7.2. Endogenne regulatory wzrostu w trakcie starzenia się żołądź przechowywanych

W trakcie badań nad występowaniem endogennych regulatorów wzrostu dojrzałych, niestratyfikowanych w ogóle i niepodsuszonych po zbiorze żołądź dębu czerwonego (SUSZKA i KRAWIARZ 1971) ujawniła się, w miarę zdejmowania kolejnych osłon nasion, coraz wydatniejsza (w bioteście koleoptyli pszenicy) obecność silnego inhibitora wzrostu w kwaśnej frakcji eterowej wodnego, zimnego wyciągu z nasion, a tym bardziej homogenatu z nasion (po chromatografii w układzie izopriopanol–amoniak–woda 10 : 1 : 1). Inhibitor ten występował zarówno w kutnerowatej osłonie nasienia, jak i w zarodku nasion (obejmującym os zarodkową i obydwie liścienie). Nie został on wprawdzie zidentyfikowany, jednakże uwydatniał się najwyraźniej w Rf 0,7–0,8 chromatogramów, co odpowiada w tym samym układzie chromatograficznym pozycji kwasu abscysynowego (ABA), znanego inhibitora wzrostu.

Żołądź dębu szypułkowego i bezszypułkowego są wolne od spoczynku. SZCZOTKA (1973, 1974, 1975 i 1977) obserwowała w nasionach dębu szypułkowego i czerwonego w trakcie ich przechowywania i starzenia się w chłodni w -3°C spadek dynamiki syntezy kwasu rybonukleinowego i syntezy białek, jak również zmiany aktywności endogennych regulatorów wzrostu: auksyny (kwasu indoliloctowego) i kwasu abscysynowego, w wyciągach i układach chromatograficznych takich samych, jak wyżej opisane. W trakcie starzenia się tych nasion szczególnie

wyraźny był spadek aktywności enzymów amylolytycznych, powolny w pojemnikach do przechowywania zamkniętych nieszczelnie (po 16miesiącach spadek o 48%), a szybki w pojemnikach zamkniętych szczelnie, bo do całkowitego zaniku już w ciągu 8 miesięcy.

Zanik aktywności oddechowej nasion dębu w temperaturze -3°C w pojemnikach szczelnie zamkniętych (SZCZOTKA 1978) jest dodatkowym argumentem za przechowywaniem żołądźi tylko w pojemnikach umożliwiających wymianę gazową pomiędzy nasionami a powietrzem otoczenia pojemników. Pomimo niskiej temperatury w szczelnie zamkniętych pojemnikach następuje szybka utrata żywotności nasion dębów, co stwierdzali już wcześniej HOLMES i BUSZEWICZ (1956) oraz SUSZKA i TYLKOWSKI (1980, 1982).

5.1.7.3. Wilgotność żołądźi

Żołądźie są owocami zawierającymi nasiona z kategorii *recalcitrant*. W okresie opadania z drzew ich wilgotność jest wysoka, zazwyczaj przekracza 40% (w stosunku do świeżej masy), a nierzadko, zwłaszcza w okresach ze znacznymi i ciągłymi opadami, dochodzi po dojrzewaniu i opadnięciu na wilgotną ziemię do poziomu mogącego przekroczyć 50%. GUTHKE (1992) określał wilgotność żołądźi i zawartość suchej masy w liścieniach różnych niemieckich proveniencji dębów rodzimych, zebranych w kolejnych dwóch latach. W 1988 roku wilgotność mieściła się dla dębu bezszypułkowego w granicach 34–55%, dla szypułkowego 32–49%. W 1989 r. poziomy wilgotności były przeciętnie o 4–6% niższe. Podobnie też średnia zawartość suchej masy w liścieniach ze 100 żołądźi była w 1988 roku dla obydwu gatunków wyższa niż w 1989 roku, a dla dębu szypułkowego przekraczała średnio o 50–60 g/100 sztuk żołądźi odpowiednie poziomy obserwowane w żołądźiach dębu bezszypułkowego.

W badaniach nad zróżnicowaniem świeżej masy i wilgotności żołądźi pochodzących z autochtonicznej populacji dębów 300–600-letnich z Schorfheide w Brandenburgii (ZASPEL i KESSLER 1997) średnia masa i wilgotność 100 żołądźi obliczona dla wszystkich drzew dębu bezszypułkowego wynosiła 282 g i 46,6%, a dla dębu szypułkowego 321 g i 41,8%. Pełny zakres zmienności pomiędzy średnimi obliczonymi dla populacji żołądźi z poszczególnych drzew o żołądźiach najbliższych i najcieńszych wynosił dla pierwszego gatunku 540%, dla drugiego 390%.

Konsekwencją wysokiej wilgotności żołądźi dębów rodzimych i obecności odpowiednich substratów oddechowych przy braku spoczynku nasion (spoczynek niegłęboki cechuje tylko nasiona dębu czerwonego, *Quercus rubra*) jest ich niezwykle intensywna aktywność oddechowa. Przechowane bezpośrednio po zbior-

rze w większej ilości w opakowaniu z dowolnego szczelnego materiału, albo luzem w wysoko usypanym stosie, w pomieszczeniu o temperaturze pokojowej lub nieco niższej, wzmagają swą aktywność oddechową. Temperatura wewnątrz stosu może wzrosnąć nawet powyżej 70°C (MESSER 1960). Jak wiadomo, ostatecznymi produktami procesów oddechowych są dwutlenek węgla, woda i wyzwolona energia cieplna. Żołędzie składowane luzem w grubszej warstwie w chłodnym pomieszczeniu, parując mogą pokryć się kroplami wody, kondensującej w obniżonej atmosferze składu (żołędzie się „pocą”). Stąd też, przystępując do składowania żołędzi w chłodnych halach (strychy, szopy, spichrze, składy) należy je natychmiast rozrzucić na drewnianej podłodze, a nie na cementowej czy betonowej posadzce.

Zjawisko „pocenia się” żołędzi (TYSZKIEWICZ 1949) obserwuje się jesienią, gdyż po zbiorze wilgotność ich jest jeszcze znaczna, natomiast stosunkowo wysoka temperatura powietrza pobudza żywe tkanki nasion do intensywniejszego oddychania. Żołędzie są złym przewodnikiem ciepła, a ciepło wytwarzane przez nie przy oddychaniu nagromadza się we wnętrzu stosu lub podczas składowania w zbyt grubej warstwie. Przenikająca na zewnątrz stosu para napotyka zimniejsze żołędzie, położone bliżej powierzchni stosu lub usypanej warstwy, i na nich się skrapla. Dzieje się tak zwłaszcza wtedy, gdy do składu napływa chłodniejsze lub zimne powietrze z zewnątrz. Zwykle, a zależy to od wilgotności żołędzi, grubości warstwy i temperatury zewnętrznego powietrza, skroplenie pary następuje na głębokości od kilku do kilkunastu centymetrów pod powierzchnią stosu. Wilgotna powierzchnia żołędzi stwarza odpowiednie warunki dla rozwoju grzybów pleśniowych i bakterii, które przyczyniają się do dalszego nagrzewania i zawilgacania materiału nasiennego.

Innym powodem „pocenia się” żołędzi, co TYSZKIEWICZ (1949) nazywa „rosieniem”, jest osiadanie rosy przy zetknięciu się cieplejszego powietrza z zimną powierzchnią żołędzi. Zdarza się to po wysypaniu żołędzi z pojemników, w których je przechowywano w chłodni, w okresie, gdy powietrze na dworze nagrzewa się już dość znacznie, zwłaszcza w godzinach popołudniowych. W takiej sytuacji należy w dzień zamykać w składzie przewody wentylacyjne, a wietrzyć jedynie w nocy, gdy powietrze na dworze się oziębia.

Wilgotność dowolnej partii żołędzi jest określana zazwyczaj jako wartość średnia z kilku powtórzeń. Nie oznacza to wcale, że w obrębie partii poszczególne żołędzie nie różnią się między sobą pod względem zawartości wody. SCHÖNBORN (1964) określał wilgotność 100 sztuk żołędzi dębu szypułkowego dla każdej z nich z osobna – przy średnim poziomie wilgotności 43,7% wartości indywidualne mieściły się pomiędzy 39,2% i 49,5% z tym, że większość tego zakresu zmienności

mieściła się pomiędzy $\bar{x} \pm 2s$ (podwójne odchylenie standardowe od średniej), czyli pomiędzy 39,2% a 48,2%.

Nadmierna wilgotność i podwyższona temperatura to warunki sprzyjające rozwojowi patogenicznych grzybów, co sprawia (przy braku wentylacji), że żywe tkanki przechodzą wkrótce na oddychanie beztlenowe, któremu towarzyszy wydzielanie niepożądanych produktów tego procesu oraz rozwój bakterii i grzybów. W efekcie następują szybko procesy gnilne i dochodzi do zamierania nasion. Wszystkie tradycyjne, tak zwane gospodarcze sposoby przechowywania żołądźci (nie chodzi o prowizoryczne składowanie luzem) polegały na ich poddaniu naturalnie obniżającej się lub sztucznie obniżonej temperaturze oraz na oddzieleniu ich od siebie (najczęściej wilgotnym piaskiem lub suchą ściółką) w celu rozproszenia wyzwalającej się energii cieplnej. Wydaje się, że przy spełnieniu tych wymogów redukcja dostępu tlenu z powietrza do żołądźci nie odgrywała istotnej roli.

Maksymalna pojemność wodna żołądźci dochodzi według MESSERA (1960) u dębu szypułkowego do 55%, u dębu bezszypułkowego do 62%, u dębu czerwonego do 48%. Dane te mogą jednak podlegać zmianie, w zależności od warunków siedliska i klimatu.

5.1.7.4. Temperatura przechowywania

Ze względu na wąski przedział wysokiego poziomu wilgotności, umożliwiający utrzymanie żywotności nasion dębu przynajmniej przez jedną zimę, decydujące znaczenie przybiera temperatura przechowywania. Chodzi o takie jej obniżenie, by intensywność procesów oddechowych w nasionach i rozwój grzybów ograniczyć na tyle, żeby dłuższe zachowanie żywotności stało się możliwe mimo wysokiej wilgotności. Problem leży w tym jak bardzo można obniżyć temperaturę, by nie doprowadzić do uszkodzeń mrozowych i spadku żywotności nasion (podrozdz. 5.1.7.8.).

Stąd też szczególne znaczenie mają obserwacje nad odpornością mrozową nasion dębów. Według SCHÖNBORNA (1964) dojrzałe żołądźcie dębu szypułkowego o wilgotności przewyższającej 45% stają się już w temperaturze -2°C podatne na uszkodzenia mrozowe. Przy wilgotności 40% znoszą temperaturę -3°C , przy wilgotności 35% granica ta obniża się do około -5°C , a przy wilgotności 30% aż do -9°C . Należy jednak pamiętać, że zejście poniżej wilgotności 40% wiąże się ze spadkiem żywotności nasion. Gruntowne badania nad odpornością mrozową nasion dębu szypułkowego przeprowadził w Polsce CHMIELARZ (1997a).

5.1.7.5. Oddychanie żołądźi

Konsekwencją wysokiej wilgotności nasion dębów jest znaczna intensywność ich oddychania. Sprawia to, że nasiona przechowywane w szczelnie zamkniętych pojemnikach bardzo szybko przyczyniają się do zmiany składu otaczającego je powietrza. Stosunki te badał TYLKOWSKI (1976) na przykładzie żołądźi dębu czerwonego, które tym się różnią od nasion dębów rodzimych, że po opadnięciu z drzew znajdują się w stanie spoczynku.

Przechowywano je w zamkniętych i otwartych pojemnikach, w sprzyjającej dłuższemu zachowaniu żywotności temperaturze -1°C i w niekorzystnej dla tego procesu temperaturze 20°C . Okazało się, że w 20°C już po tygodniu zawartość tlenu w powietrzu malała z 21% do 3,3%, a zawartość dwutlenku węgla wzrastała z 0,03% do 11,3%.

W temperaturze -1°C intensywność procesów oddechowych uległa poważnej redukcji: po 15 tygodniach zawartość tlenu spadła tylko do 5,5% a dwutlenku węgla wzrosła do 10,2%. Oznacza to, że w -1°C intensywność procesów oddechowych była około 15 razy niższa niż w 20°C . W tym samym czasie nasiona przechowywane w obydwu temperaturach, w pojemnikach umożliwiających wymianę gazową z powietrzem je otaczającym, charakteryzowały się intensywnością oddychania typową dla tych temperatur i nie podlegała ona zmianom w trakcie przechowywania. Na szczególną uwagę zasługuje obserwacja, że w miarę przedłużania okresu przechowywania w zamkniętych szczelnie pojemnikach przyspieszeniu ulegał początek i przebieg kiełkowania nasion.

Wyniki badań TYLKOWSKIEGO (1976) potwierdziły znaną z praktyki konieczność utrzymywania podczas przechowywania żołądźi temperatury niższej od 0°C . Spowolnienie procesów oddechowych przez schłodzenie powstrzymuje ich przejście na tor beztlenowy, co następuje tym szybciej, im wyższa jest temperatura przechowywania. Potwierdza to słuszność stanowiska, że żołądźiom przechowywanym w regulowanej temperaturze niższej od 0°C należy umożliwić wymianę gazową z powietrzem otoczenia (HOLMES i BUSZEWICZ 1956; SUSZKA i TYLKOWSKI 1980, 1982; SUSZKA 2000).

5.1.7.6. Wysiew jesienny do gruntu

Jesienny wysiew żołądźi do gruntu jest alternatywą dla ich przechowania. W łagodnym klimacie Anglii za działanie najbardziej konieczne uznano, z obawy przed gryzoniami, nakrycie zasiewów drucianą siatką, pokrywającą je ze wszystkich stron (ANONIM 1962). W klimacie Polski siewy jesienne do gruntu są obciążone pewnym ryzykiem, największym w rejonach północno-wschodnich, ze

względu na możliwość przemarznięcia wysianych żołądzi w wypadku mroźnej i bezśnieżnej zimy; dotyczy to nawet siewów przeprowadzonych na głębokość 6–9 cm. We Francji wysiewa się jesienią do gruntu żołądzie poddane uprzednio termoterapii i zaprawione fungicydem. Praktyka ta przyjęła się również w Polsce.

5.1.7.7. Gospodarcze sposoby przechowywania żołądzi przez jedną zimę

Praktyka zimowania żołądzi w piasku znajdowała w Niemczech zastosowanie już w XVI wieku (SCHWAPPACH 1886). Przegląd najważniejszych tradycyjnych sposobów przechowywania żołądzi w Niemczech podają MESSER (1960), ROHMEDER (1972) i SCHRÖDER (1999), w Słowacji i Czechach ANČÁK (1972), w Rumunii VLASE (1982). Metody przydatne dla Polski opisał TYSZKIEWICZ (1949). Sposoby te są ściśle powiązane z lokalnymi warunkami klimatycznymi, na przykład z czasem trwania chłodnej pory roku, temperaturą powietrza i gleby na różnych jej głębokościach oraz wilgotnością podłoża glebowego. Za najbardziej korzystne podłoże uznawany jest zawsze przepuszczalny dla wody, czysty, świeży i ostry piasek, korzystna jest też znaczna grubość i trwałość okrywy śnieżnej. Ze względu na zagrożenie przez myszy wskazane jest, bez względu na sposób, otoczenie miejsca przechowywania rowkiem z pułapkami na jego dnie. Miejsce przechowywania powinno być podwyższone, z dobrym odpływem wód opadowych i niskim poziomem wód gruntowych, ponadto osłonięte, najlepiej drzewostanem.

Największą troską leśników przechowujących żołądzie było zawsze utrzymanie temperatury bliskiej 0°C, niedopuszczenie do nadmiernego spadku temperatury zimą i zapobieżenie jej przedwczesnemu wzrostowi wiosną. Dziś wiemy już, że poniżej –4°C do –5°C następują w niezahartowanych żołądziach nieodwracalne uszkodzenia mrozowe, w efekcie czego nasiona giną. Niektóre sposoby preferowane na zachodzie Europy nie sprawdzały się w Europie Wschodniej, chyba że stosowano dodatkowe zabezpieczenia przed mrozem. Niektóre sposoby zalecane we wschodniej Europie nigdy nie mogły znaleźć zastosowania w krajach zachodnich z tej prostej przyczyny, że trudno tam o śnieg i lód w dostatecznej ilości i we właściwej porze. Większość tych sposobów umożliwia przechowanie żołądzi tylko przez jedną zimę. W trakcie dłuższego przechowywania nasila się zjawisko ich kiełkowania. Obecnie przydatność gospodarczych sposobów przechowywania żołądzi jest u nas nieraz kwestionowana, gdyż począwszy od wczesnych lat 90. w Polsce nasiliły się znacznie szkody wywołane przez infekcję żołądzi przez grzyba *Ciboria batschiana* już podczas pierwszej zimy po zbiorze. W efekcie ich przechowywania któryś ze sposobów gospodarczych może dojść do zniszczenia części lub całego plonu. Gdy przechowywanie żołądzi w regulowanych i kontrolowa-

nych warunkach w chłodni nie jest możliwe, można zmniejszyć ryzyko przechowywania przynajmniej niektórymi, do tej pory stosowanymi w Polsce sposobami (FONDER, informacja ustna, 2001), takimi jak doły ziemne, szopa ALLEMANA, sposób ŁOTOCKIEGO, zadołowane w ziemi skrzynie. Poddaje się wtedy żołądźce termoterapii i zaprawia fungicydem tak, jak przed przechowaniem w chłodni. Alternatywą dla przechowania, jest późnojesienny wysiew żołądźci w szkółkach otwartych, ale po uprzedniej termoterapii i (w razie potrzeby) zaprawieniu fungicydem (podrozdz. 5.1.7.6.).

Dokładnie omówimy tylko wybrane gospodarcze sposoby przechowywania żołądźci. Niektóre z nich są nadal w Polsce stosowane, zwłaszcza w latach urodzaju. Poniżej rozważymy ich zalety i wady.

PRZECHOWYWANIE W SPICHRZACH LUB W SZOPACH

Sposób ten (MESSER 1960) wypróbowano w Niemczech. Polega na zmieszaniu żołądźci z piaskiem lub miałem torfowym w warstwie grubości 20–30 cm na drewnianej podłodze spichrza lub szopy. Po nastaniu mrozów niezbędne jest przykrycie workami lub słomą. Żołądźcie wymagają częstego przyskania wodą, ze względu na możliwość spadku wilgotności. Nie rzadziej jak raz lub dwa razy w miesiącu należy je przesuszować, dodając przy tym piasku lub torfu i usuwając ogniska psucia się nasion. Jest to sposób tani, można tak przechowywać znaczne ilości żołądźci. Pomimo przyskania wodą, ich przesychnienie może powodować jednak wielkie straty lub nawet całkowite zniszczenie nasion. Takiego sposobu przechowywania nasion należy więc unikać.

PRZECHOWYWANIE NA ZIEMI W PIWNICACH LUB SCHRONACH

Żołądźcie przechowuje się tym sposobem (MESSER 1960) w chłodnych, dobrze wentylowanych piwnicach (np. w nieczynnych browarach) lub schronach (bunkrach) na ziemi lub cementowej, nieizolowanej posadzce. Najlepsze są głębokie piwnice, w których w maju temperatura nie wzrasta powyżej 6–8°C. Można tak przechowywać nawet znaczne ilości żołądźci. Wilgotność gruntu zapobiega ich wysychaniu, nie grozi im przemarznięcie, łatwe są inspekcje stanu przechowywanego materiału nasiennego. Przez odpowiednią domieszkę piasku można utrzymywać wilgotność żołądźci na właściwym poziomie i powstrzymać ich przedwczesne kiełkowanie. W chłodnych, niezbyt wilgotnych, stale ciemnych piwnicach, możliwe jest przechowanie żołądźci nawet przez dwie zimy.

PRZECHOWYWANIE W WODZIE

Sposób ten zalecano dawniej, wspomina o nim TYSZKIEWICZ (1949). Skrzynie z żołądziami zatapia się w zimnej, czystej, koniecznie bieżącej wodzie o temperaturze bliskiej 0°C. Czynnikiem konserwującym jest ograniczenie dostępu powietrza, a czynnikiem dodatkowym chłód. Opinie o efektywności takiego przechowywania są rozbieżne. W zimnej wodzie, w płytkich strumieniach, żołądździe przechowują się dobrze.

W badaniach laboratoryjnych (PALMER 1955; JONES 1958) przechowywanie tą metodą żołądździ dębu bezszypułkowego, zwłaszcza kielkujących już w okresie zbioru, było z reguły zawodne. Dla żołądździ dębu szypułkowego uzyskane wyniki były zróżnicowane: najlepsze uzyskano w stale zmienianej wodzie, gorsze w rzece, w wodzie o zasadowym odczynie (tu straty spowodowane były przez mikroorganizmy sprzyjające ich psuciu się). W wodzie, która nie była zmieniana wszystkie żołądździe ginęły. W warunkach polskich sposób ten nie zdaje egzaminu.

W byłym ZSSR (MININ 1951) przechowywano żołądździe w płynącej wodzie w wiklinowych koszach zamkniętych wiekiem, spuszczonej na linie do wody na taką głębokość, aby nie dochodziło do zamarznięcia górnej warstwy żołądździ w koszach. Kosze zatapiało dopiero wtedy, gdy temperatura wody spadała poniżej 10°C. Wiosną, po wyjęciu z wody, wskazany jest jak najwcześniejszy wysiew. BEJLIN (1951) uzyskał w trakcie badań przeprowadzonych zimą 1949/50 roku zdolność kiełkowania tak przechowywanych żołądździ na poziomie 71–79%, wobec 48% żołądździ przechowanych w dołach i 41% w rowach.

PRZECHOWYWANIE POD DRZEWOSTANEM

Sposób ten stwarza żołądździom warunki najbardziej zbliżone do warunków naturalnych (TYSZKIEWICZ 1949). Zapewnia je osłona, chroniąca przed wywianiem śniegu i nadmiernym obniżeniem temperatury. Stwarza ją drzewostan, najlepiej iglasty, oraz odpowiednie przykrycie żołądździ. Głównym czynnikiem konserwującym jest chłód. Na podłożu odsłoniętym do gleby mineralnej, najlepiej na uprzednio rozesłanej warstwie suchych liści grubości 2–3 cm, układa się warstwę osuszonych i „wypoconych” żołądździ grubości 5–6cm, tę zaś przykrywa się warstwą dobrze wysuszonej ściółki i suchego mchu, ewentualnie słomą. Na to pokrycie nakłada się gałęzie, dla ochrony przed rozwianiem. Po pierwszym obfitym opadzie śniegu gałęzie się usuwa, a na ściółkę narzuca się tyle śniegu, by po ułożeniu się powstał pokład grubości około pół metra, który pokrywa się warstwą słomy grubości 20 cm, a tę przyciska gałęziami. Na krótko przed siewem zdejmuje się osłonę ze słomy i umożliwia stajanie śniegu. Topniejąca woda dowilży

żołędzie i pozwoli im równomiernie skiełkować. Do dalszego transportu na wiosnę takie żołędzie się nie nadają.

Wszędzie tam, gdzie po urodzaju żołędzi zachodzi potrzeba przechowania przez zimę znacznych ich ilości, przechowywanie pod drzewostanem jest sposobem stosowanym do dzisiaj. Na przechowanie 1 hl potrzeba wtedy według TYSZKIEWICZA (1949) około 15 m², a dla jednej tony około 2 ary powierzchni. Podczas łagodnej zimy żołędzie mogą przedwcześnie skiełkować i przerosnąć, co znacznie obniża ich wartość siewną. Podczas ostrej zimy w 1997/98 roku żołędzie dębu szypułkowego przechowane w Nadleśnictwie Chojnów (RDLP Warszawa), mimo dwukrotnego przykrycia warstwą słomy i ziemi, uległy przemarznięciu, a przy braku pokrywy śnieżnej pod drzewostanem, zaparzyły się i wyschły, co obniżyło ich klasę jakości po zbiorze z pierwszej na drugą (DZIEMIDEK 2001). Ze względu na pominięcie zabiegu termoterapii po zbiorze, część nasion była zainfekowana grzybem mumifikacji (*Ciboria batschiana*) i czarnej zgnilizny żołędzi (*Ophiosoma* sp.), pomimo ich zaprawienia fungicydem Funaben T.

TYSZKIEWICZ (1949) zalecał w warunkach polskich przechowywanie mniejszych ilości żołędzi pod drzewostanem lub metodę prof. SUCHECKIEGO. Znaczne ilości zalecał przechowywać w szopach ALEMANNA, dobrze zabezpieczonych przed mrozem. SKRZYPCZAK (1954) uzyskał w ówczesnym Nadleśnictwie Brójce (obecnie RDLP Łódź) lepsze wyniki po prawidłowym przechowywaniu żołędzi przez jedną zimę metodą ŁOTOCKIEGO niż pod drzewostanem, nawet po przykryciu okrywy ze ściółki liściastej warstwą śniegu.

PRZECHOWYWANIE W OSŁONIĘTYCH STOSACH NA POWIERZCHNI GRUNTU

W dawnym ZSSR, a więc w klimacie ostrzejszym i bardziej kontynentalnym od naszego, gdzie podstawowym czynnikiem konserwacji żołędzi jest chłód, opracowano kilka sposobów umożliwiających przechowanie żołędzi przez jedną zimę. Chodzi o sposoby opracowane przez RUDZKIEGO, TURSKIEGO, HEYERA i ABIANCA. Wszystkie omawia TYSZKIEWICZ (1949). Ważne jest, by w miejscu przechowywania śnieg nie był zdmuchiwany przez wiatr.

PRZECHOWYWANIE W SZOPACH

Na czoło metod tego typu wysuwa się sposób ALEMANNA (1884), do dzisiaj stosowany w latach urodzaju żołędzi tam, gdzie brak urządzeń chłodniczych zmusza do korzystania z sił natury (TYSZKIEWICZ 1949). Umożliwia on przechowywanie większych ilości żołędzi, lecz wymaga wybudowania specjalnej, trwałej szopy. W dogodnym miejscu kopie się dół o głębokości 50 cm i szerokości 2,5 m. Na

1 m długości dołu, przy warstwie grubości 30 cm, wypada 7,5 hl żołądzi, czyli więcej niż pół tony. Długość rowu i osłaniającego go dachu dostosowuje się do zamierzonej ilości zebranych żołądzi, dodając 1–2 m więcej, niżby to wynikało z przyjętego założenia. Z wydobytej ziemi formuje się po obydwu bokach rowu dwa równoległe wałki wysokości 25 cm, mające przeciwdziałać spływowi wody opadowej do dołu. Nad dołem buduje się dwuspadowy dach ze słomy, gontów lub desek, którego skraje opierają się na ziemi, obejmując wspomniane wyżej wałki, a kalenica wznosi się do 2 m nad powierzchnią gruntu. Dach spoczywa na konstrukcji z żerdzi lub łat. Jeśli jego pokrycie jest drewniane, obie połacie osłania się do połowy wysokości darnią, a górną połowę w czasie długotrwałych deszczów lub silnych mrozów osłania się czepcem ze słomy. W szczytach szopy stawia się pionowe szczelne ścianki z desek, zaopatrzone w drzwiczki. Gdy długość szopy przekracza 10 m, sporządza się drewniane wywietrzniki, zatykane na czas mrozów.

Obeschnięte żołądzie nasypuje się w szopie warstwą grubości 30 cm i aż do nastania mrozów szufluje się początkowo częściej, a potem rzadziej, zależnie od stanu wilgotności żołądzi. Nadmiar długości dołu umożliwia ich przesuwanie w dole w obydwu kierunkach. Nie można dopuścić do zagrzewania się żołądzi lub do pokrywania się rosą („pocenia się”). Żołądzie umieszczone w szopie bez uprzedniego podsuszenia należy rozłożyć możliwie cienko i szuflować, początkowo nawet dwa razy dziennie. Zraszanie żołądzi wodą i dobre przemieszanie zapobiega ich nadmiernemu przesuszeniu.

Podczas mrozów zabezpiecza się szczyty szopy przez obstawienie ich snopkami słomy, a w wypadku silnych mrozów przykrywa się żołądzie warstwą suchej ściółki lub słomy (do 25 cm). Na daszek, przynajmniej w jego dolnej części, narzuca się wtedy warstwę śniegu. Szuflowanie i wietrzenie żołądzi przez otwarcie drzwiczek i wywietrzników wykonywać należy w zimie tylko w czasie odwilży, nigdy podczas spadku temperatury poniżej -5°C .

Według TYSZKIEWICZA (1949) przechowywanie żołądzi w szopie ALEMANN, stosowane w Polsce szablonowo podczas mroźnej zimy w latach 1946/47, w wielu wypadkach zawiodło i spowodowało straty, w przeciwieństwie do przechowywania sposobem ŁOTOCKIEGO, który sprawdzał się również podczas surowych zim na wschodzie Europy. Pomimo to TYSZKIEWICZ (1949) zaleca przechowywanie żołądzi w szopach ALEMANN, pod warunkiem odpowiedniego ich przystosowania do warunków surowych zim. Licząc się z możliwą infekcją przez grzyba mumifikacji żołądzi można przed umieszczeniem w szopie poddać je terapii, a w razie potrzeby również zaprawić fungicydem.

W Anglii (ANONIM 1962) zaproponował BUSZEWICZ dla różnych gatunków dębu zmodyfikowaną szopę ALEMANN o rozmiarach $2,40 \times 3,60$ m z ściankami

bocznymi z płatów darni i poziomym pasem wolnym o wysokości 60 cm, zabezpieczonym drucianą siatką przed gryzoniami. W jednej takiej dobrze wentylowanej szopie, w której żołądź uклада się bezpośrednio na ziemi niezbyt grubą warstwą, można przechować przez zimę około 450 kg żołądźi.

Inną modyfikacją sposobu ALEMANNY jest stosowana w Czechach metoda VINCENTA (1955), polegająca na przechowywaniu żołądźi najlepiej w drzewostanie w stale ocienionym miejscu, w odpowiednio długim dole głębokości 130 cm i szerokości 130 cm, ze ścianami zbudowanymi z cegieł ułożonych luzem bez zaprawy. Żołądźie spoczywają na podwyższonym nad dnem dołu drewnianym ruszcie z desek. Przestrzeń pod rusztem jest stale wentylowana przez wietrzniki, których wyloty sięgają ponad osłonę dołu. Na ruszcie usypuje się 4-centymetrową warstwę żwiru, a na niej przemienne warstwy żołądźi i czystego, kopanego piasku w proporcji objętościowej obydwu składników 1 : 1, do wysokości 60 cm ponad rusztem. Warstwy żołądźi z piaskiem przykrywa się samym piaskiem, ten zaś izolowany jest warstwą 10-centymetrową ściółki, plew lub torfu, którą pokrywa się dwuspadowym daszkiem. Izolację tę pogrubia się podczas mrozów. Sposób ten zapewniał w Czechach wyniki nie gorsze niż przechowywanie żołądźi pod drzewostanem lub sposobem TURSKIEGO.

Wykorzystanie wełny mineralnej jako środka izolacyjnego dla ulepszonych szop ALEMANNY na okresy silnych mrozów zaproponował dla warunków Niemiec ROHMEDER (1972).

PRZECHOWYWANIE W DOLE ZIEMNYM

Wypróbowanym w Rosji sposobem przechowywania żołądźi w dołach jest sposób TURSKIEGO (TYSZKIEWICZ 1949). W polskim sposobie SUCHECKIEGO (TYSZKIEWICZ 1949) dół mniej więcej metrowej głębokości i szerokości, a długości zależnej od ilości żołądźi, wypełnia się niezbyt wcześnie wypoconymi żołądźiami na wysokość 80 cm. Wolną przestrzeń dołu pokrywa się deskami lub okrągłakami na czas do pierwszych mrozów, gdy ziemia zaczyna zamarzać. Wtedy dół pokrywa się warstwą ziemi na grubość 30–50 cm, a gdy mrozy się wzmagają i ziemia zamarznie, kładzie się dodatkowo warstwę ściółki lub słomy. Pomiedzy i nad tak przechowywanymi żołądźiami zalega powietrze o temperaturze bliskiej 0°C do marca lub kwietnia, co chroni nasiona przed przedwczesnym kiełkowaniem, ale również przed zmarznięciem. Żołądźie przechowują się bardzo dobrze i nadmiernie nie wysychają.

Sposób ŁOTOCKIEGO opisany przez TYSZKIEWICZA (1949), opracowany swego czasu w Związku Radzieckim, wprowadził w Polsce po raz pierwszy z powodzeniem inż. WACŁAW SADOWSKI w 1940 roku, a zimą w latach 1946/47 wy-

próbowano go w licznych nadleśnictwach, uzyskując na ogół doskonale wyniki. Polega on na tym, że w dole o głębokości od 1,5 do 2 m, po obfitym skropieniu dna i boków wodą, nasypuje się 3-centymetrową warstwę świeżo zebranych, jeszcze wilgotnych żołądzi, którą przykrywa się cienką warstwą piasku. Gdy piasek ledwie zasłoni żołądzie, spryskuje się go obficie wodą, by doszło do szczelnego zapelnienia przestrzeni między żołądziami. Dosypuje się piasku tak, by pokrył żołądzie i polewa wodą dopóty, dopóki żołądzie przestaną się pokazywać. Wtedy dopiero sypie się drugą ich warstwę i w podobny sposób przykrywa piaskiem oraz polewa wodą, której nadmiar wsiąka w głąb ziemi. W dole głębokości 1,5 m można zmieścić 25–30 warstw żołądzi. Na głębokości 30 cm od powierzchni nasypuje się ostatnią, górną warstwę, a resztę dołu wypełnia piaskiem. Nad dołem usypuje się pryzmę ziemi sięgającą około 1 m poza brzegi dołu, o wysokości 1 m, bez wentylatorów czy przewietrzników. W razie bezśnieżnej zimy i większych mrozów nasyp okrywa się dodatkowo słomą lub ściółką. Tak przechowywane żołądzie zachowują swe naturalne zabarwienie i tylko ciemnieją, zachowują znaczną wilgotność. Wyjęte późną wiosną, nawet w drugiej połowie maja, wykazują pełną gotowość do podjęcia kiełkowania. Żołądzie skiełkowane już jesienią nie przerastają w ciągu zimy, a proces psucia się żołądzi nadpsutych jest także powstrzymany. Żołądzie wykopuje się wiosną nie od góry, lecz przez podkop od dołu.

Cechą odróżniającą sposób ŁOTOCKIEGO od wielu innych jest odcięcie dostępu powietrza do żołądzi, co jest w tym wypadku środkiem ich konserwacji. Drugim warunkiem koniecznym jest chłód. Do przechowywania żołądzi tym sposobem nie należy przystępować zbyt wcześnie, lecz dopiero przed pierwszymi większymi mrozami. Wiosną, gdy ziemia rozmarznie, należy chronić dół przed ciepłem przez dodatkowe okrycie. Raz rozpoczęte wydołowanie żołądzi trzeba zakończyć jak najszybciej.

Metoda ŁOTOCKIEGO jest dobrze dostosowana do warunków klimatycznych wschodniej Europy, z ich mroźnymi zimami. W Polsce mroźna zima w latach 1946/47 sprzyjała przechowaniu tym sposobem (TYSZKIEWICZ 1949). W innych warunkach atmosferycznych metoda ŁOTOCKIEGO może spowodować zniszczenie żołądzi. SKRZYPCZAK (1954) uzyskiwał po przechowaniu żołądzi tym sposobem przez jedną zimę w dawnym Nadleśnictwie Brójce (RDLP Łódź) doskonale wyniki, lepsze niż po przechowaniu pod drzewostanem. Warunkiem powodzenia było jednak późne dołowanie żołądzi (w trzeciej dekadzie grudnia), po przeczekaniu pierwszej obniżki temperatury, poprzedzone ich składowaniem na podłodze w szopie, w warstwie o grubości 10–15 cm, a potem, po wypoceniu i obeschnięciu, grubiej. W okresie przejściowego spadku temperatury przykryto żołądzie słomą. Przy głębokości dołu 2 m, warstwy żołądzi i piasku zalewane stale

wodą nasypywano do wysokości 120 cm od dna, a następnie przykrywano piaskiem, usypując jeszcze nad dołem kopiec z ziemi na wysokość 30 cm. Wiosną żołądźcie są z reguły podkiefkowane, lecz ich kielki są krótkie. Po osuszeniu i natychmiastowym wiosennym siewie wschodzą lepiej niż żołądźcie przechowane pod drzewostanem. Po przeliczeniu w szkółce siewnej rocznych sadzonek wiosną w rok po wysiewie okazało się, że było ich 9000 sztuk na 1 ar, wobec 8000 sztuk z żołądździ przechowanych pod drzewostanem, przy tej samej normie siewnej.

PRZECHOWYWANIE W ŚNIEGU

Sposób ten był swego czasu zalecany w ZSSR (MININ 1951) tylko dla rejonów ze stałą i długotrwałą pokrywą śniegową, pod którą żołądźcie zachowują prawidłowy poziom wilgotności. Żołądźcie składowane w pierw w cienkiej warstwie w szopach lub stodołach, po spadku temperatury, lecz przed opadami śniegu, nakrywa się słomą lub ściółką z liści. Na wybranej osłoniętej powierzchni udeptuje się warstwę świeżego śniegu grubości 20–30 cm. Na nią nasypuje się żołądźcie warstwą 10–15 cm i nakrywa warstwą śniegu grubości około 20 cm, którą się znowu udeptuje. Na nią nasypuje się następną warstwę żołądździ, a te pokrywa się znowu 30-centymetrową warstwą śniegu. Cały stos przykrywa się warstwą słomy grubości 40–50 cm, tę zaś obciąża się żerdziami. Stos odkrywa się na 2–3 dni przed siewem, a gdy kiełkujących żołądździ jest mniej niż 10% wybiera się je ze śniegu i pozwala im na powierzchni gruntu zainicjować kiełkowanie. W niektórych rejonach gromadzi się w śniegu nawet 6–7 warstw żołądździ. W śniegu można przechowywać także żołądździe z objawami infekcji grzybowych.

5.1.7.8. Gospodarcze sposoby przechowywanie żołądździ dłużej niż przez jedną zimę

Opisane wyżej sposoby są w znacznym stopniu zależne od lokalnych warunków klimatycznych i możliwość ich stosowania jest ograniczona. W rejonach o klimacie przejściowym, takich jak Polska, przebiegu zimy nie da się przewidzieć. Wybór odpowiedniej metody jest więc obciążony znacznym ryzykiem przemarznięcia żołądździ lub przedwczesnym ich skiełkowaniem i zmarnowaniem materiału nasiennego.

Obecnie na plan pierwszy wysuwa się przechowywanie żołądździ w regulowanych warunkach w chłodniach, co w połączeniu ze zwalczaniem grzyba mumifikacji żołądździ i zaprawianiem fungicydami redukuje ryzyko ich przechowania do pierwszej, a nawet do drugiej wiosny po zbiorze. Dopóki tych możliwości nie

było, podejmowano, zwłaszcza w Rosji, próby przechowywania żołądzi przez okresy dłuższe niż jedna tylko zima.

PRZECHOWYWANIE W SKRZYNKACH LUB WORKACH W LODOWNI LUB POD ŚNIEGIEM

MATTIS i HAVRONIN (1969) opisali pierwsze takie próby przeprowadzone przez SOBOLEWA w Rosji w 1908 roku. Żołądzie dębu szypułkowego umieszczano w drewnianych skrzyniach o wymiarach 70 cm × 70 cm × 150 cm (szer. × dł. × wys.) warstwami, przemiennie z warstwami wilgotnych trocin. Na zimę skrzynie wnoszono do chłodnej piwnicy, lecz na okres od wiosny do jesieni umieszczano je co roku w lodowni schładzanej naturalnym lodem, w temperaturze, która nie przekroczyła 5°C. Powtarzając te zabiegi corocznie, udało się podtrzymać zdolność nasion do wschodzenia po wysiewie w szkółce aż do czwartej kolejnej wiosny po zbiorze.

PRAVDIN (1952) żołądzie zebrane w 1949 r. przechował w Rosji i na Ukrainie przez pierwszą zimę w śniegu, a potem, po wsypaniu do worków z gęstej siatki, w lodowni, w której temperatura panująca latem była bliska 0°C, a zimą wahała się między -1°C a -2°C. Po 28 miesiącach takiego przechowywania zdolność kiełkowania nasion utrzymywała się bez zmian na poziomie 66%.

Na uwagę zasługuje inna metoda przechowywania żołądzi dębu szypułkowego opracowana dla warunków rosyjskich przez MATTISA i HAVRONINA (1969). Polegała ona na pokryciu dołu ziemnego z przechowywanymi żołądziami dwumetrową warstwą śniegu, sprasowanego przy użyciu ciągnika gąsienicowego, po czym nakryto go dwiema warstwami izolacyjnymi, po 0,5 m grubości każda, dolną z trocin, a górną ze słomy. Umożliwiło to przechowanie żołądzi przez dwie zimy.

PRZECHOWYWANIE W SKRZYNIACH LUB LUZEM W DOŁACH ZIEMNYCH

Przez dwie zimy przechowywali żołądzie dębu szypułkowego również badacze rosyjscy: LOTOCKIJ (1952) i PODGURSKIJ (1953), obydwaj w dołach ziemnych o głębokości 3 lub 2 m. LOTOCKIJ (1952) przechowywał swoim sposobem żołądzie dębu szypułkowego nie tylko w Rosji, ale również na Ukrainie. Tu jednak głębokość dołów była większa (3 m), a wypełniano je przemiennie warstwami żołądzi i zalewanego wodą piasku do poziomu 1,3–1,5 m poniżej powierzchni gleby. Doły zasypywano wilgotnym piaskiem, który pokrywano 10-centymetrową warstwą igliwia sosnowego, na co nasypywano 0,75 m piasku. Doły napełniono żołądziami w pierwszej dekadzie listopada, a opróżniano w końcu kwietnia po dwóch zimach; wszystkie żołądzie były wtedy podkiełkowane.

PODGURSKIJ (1953) wypełniał w Rosji żołądziami płytkie skrzynie (100 cm × 150–200 cm × 15 cm) do połowy wysokości (7 cm), a wolną przestrzeń zapełniał wilgotnym piaskiem. W dole ziemnym ustawiano na sobie 8 warstw takich skrzyń, które pokrywano warstwą izolującą. Na drugą wiosnę po zbiorze 82% żołądzi posiadało korzenie długości 2–20 cm (średnio 7 cm). Po przycięciu korzeni do długości 1 cm i wysiewie uzyskano z takich żołądzi 95–100% wschodów. Również ten sposób przechowywania, choć obiecujący, cechował wymóg znacznej dodatkowej robocizny ręcznej. Sposób ten znajduje gdzieś nadal zastosowanie, również w Polsce.

ANČÁK (1972) stwierdził w trakcie badań prowadzonych w Słowacji, że w rejonie Bratysławy najbardziej efektywne jest przechowywanie żołądzi w dołach wykopanych w piaszczystej, lekkiej glebie, o głębokości 1,5 m, szerokości 1,65–2,0 m i o długości dostosowanej do wielkości zapasu. Doły lokalizuje się pod cieniastym okapem drzewostanu w chłodnym miejscu o północnej wystawie; po wypełnieniu należy je pokryć warstwą słomy, ściółki leśnej, desek lub innego materiału dobrze izolującego, chroniącego latem przed ciepłem (wtedy się ją pogrubia), a zimą przed mrozem. Żołądzie, powierzchniowo osuszone po zbiorze podczas prowizorycznego składowania, jeśli to możliwe uwidaczniające pierwsze oznaki kiełkowania, wysypuje się do dołu na warstwę czystego piasku o grubości 3–5 cm, zmieszane w proporcji 1 : 1 z gruboziarnistym, kopanym, świeżym piaskiem. Warstwę tej mieszaniny, o grubości 30–50 cm, pokrywa się znów 3–5-centymetrową warstwą czystego piasku i zasypuje piaszczystą ziemią lub piaskiem, usypanym daszkowato nad dołem. Temperaturę w głębi dołu należy regularnie sprawdzać. Na 100 kg żołądzi potrzebna jest powierzchnia dna dołu licząca 1,65 m². Jakość żołądzi przechowywanych do drugiej wiosny po zbiorze była zadowalająca.

5.1.7.9. Przechowywanie żołądzi w chłodni

Badaczem, który w Europie postulował najwcześniej przechowywanie rezerw nasiennych dębu w chłodni w regulowanej temperaturze i wilgotności powietrza przez okres do 2 lat był Szwajcar BURGER (1921). Sygnalizował on konieczność wyposażenia leśnych placówek nasiennych w komory chłodnicze. W tym samym czasie HOLTEN (1920) opisał w Szwecji pomyślne próby przechowania w chłodni żołądzi dębu szypułkowego przez 3 lata, cechował je jednak stały spadek zdolności kiełkowania.

W Polsce myśl wykorzystania chłodni do przechowywania żołądzi sformułował w Instytucie Badawczym Leśnictwa TYSZKIEWICZ (1949). Jej realizację

umożliwiły dopiero w latach dziewięćdziesiątych XX wieku badania przeprowadzone wcześniej (w latach 1970–1976) w Instytucie Dendrologii PAN w Kórniku (SUSZKA 1979; SUSZKA i TYLKOWSKI 1980, 1982). Ideę masowego przechowywania żołądzi dębu szypułkowego i bezszypułkowego w chłodni zrealizowano najwcześniej we Francji, w zbudowanej w 1982 roku stacji La Sécherie de la Joux w Supt w Jurze Francuskiej, gdzie w temperaturze -1°C , przy wilgotności względnej powietrza powyżej 96%, w ażurowych pojemnikach umożliwiających dobrą jego cyrkulację, można przechowywać przez jedną lub dwie zimy do 300 t żołądzi (BONNET-MASIMBERT i in. 1993; BONVICINI 1993).

Już wcześniej DELAVAN (1915) opisał przechowywanie w chłodniach w temperaturze nie niższej od -5°C , jako obiecujący sposób przechowywania żołądzi gatunków rosnących w południowych rejonach USA, w których przechowywanie ponad 3-letnie opisał JOHANNSEN (1921, u KORSTIANA 1930). Żołądzie gatunków z podrodzaju *Erythrobalanus* z południowych stanów USA, nazywanych w Ameryce dębami czarnymi lub czerwonymi można przechowywać w nieszczelnie zamkniętych opakowaniach w temperaturach nieco wyższych od 0°C przez 3 lata prawie bez spadku żywotności (BONNER 1973; BONNER i VOZZO 1987).

Rozpoznanie temperatur krytycznych, niższych od -2°C (SCHÖNBORN 1964), niszczących wysoko uwodnione nasiona dębów, skłoniło współczesnych badaczy do zwrócenia uwagi na warunki termiczne ściśle regulowane, z wąską amplitudą cyklicznych wahań, co umożliwiła współczesna technika chłodnicza.

W byłym Związku Radzieckim badania nad przechowywaniem żołądzi dębu szypułkowego w chłodni przeprowadziła ZAJCEVA (1950) w rejonie Moskwy. Za warunek wstępny sukcesu uznała wysoką jakość wyjściową użytego materiału nasiennego, utrzymanie jego wysokiej początkowej wilgotności i rozpoczęcie przechowywania jak najwcześniej po zbiorze. Żołądzie przechowane pomiędzy warstwami wilgotnego piasku w skrzynkach z dykty w temperaturze $0^{\circ} \pm 0,6^{\circ}\text{C}$ zachowały znakomicie swą żywotność przez 10 miesięcy, a po wysiewie w temperaturze $20\text{--}22^{\circ}\text{C}$ szybko kiełkowały i wschodziły w wysokim procencie. Często wtedy obserwowane pęknięcie owocni nie pociągało za sobą jakichkolwiek ujemnych następstw. Udział żołądzi zainfekowanych przez grzyby był niski (10–15%). Pozytywne wyniki zapewniło również przechowanie żołądzi w tych samych warunkach, lecz bez użycia piasku, chociaż zdrowe i zainfekowane żołądzie były w bezpośrednim kontakcie ze sobą. Nasiona z żołądzi z nieuszkodzoną owocnią znosiły dobrze 25-dniowe przechowywanie w -5°C , gdy owocnia była spękana – ginęły w ciągu niewielu dni. W temperaturze -10°C połowa nasion traciła żywotność w ciągu 2 dni, w -15°C ginęły szybko wszystkie nasiona. ZAJCEVA (1950) doszła do wniosku, że temperaturą idealną dla przechowywania żołądzi jest 0°C . W Rosji

można ją łatwo uzyskać w dołach (rowach) chłodzonych naturalnym lodem. ZAJCEVA przestrzegała, aby w trakcie przechowywania żołądźci nie dopuścić do spadku temperatury poniżej -5°C . Sądziła też, że przekroczenie poziomu krytycznego dwutlenku węgla powoduje efekt toksyczny, w czym dostrzegała wpływ oddychania beztlenowego, prowadzącego łatwo do samozagrzewania się nasion.

Istotny postęp w badaniach nad przechowaniem żołądźci dębu szypułkowego przyniosły dopiero prace HOLMESA i BUSZEWICZA (1956, 1958, 1962), przeprowadzone w Anglii. Stosowali oni różne temperatury (-12°C , -4°C , $+2,2^{\circ}\text{C}$ i nie ogrzewane pomieszczenie), różne poziomy wilgotności żołądźci w przedziale od 40 do 50%, różne sposoby opakowania żołądźci (blaszanki szczelnie i nieuszczelnie zamknięte) oraz różne domieszki do żołądźci (wilgotny lub suchy torf, suchy lub wilgotny piasek, żwir czy trociny) przez okresy stopniowo przedłużane w zależności od serii doświadczalnej do 30 lub 42 miesięcy (lata 1950–1954), liczonych od daty rozpoczęcia przechowywania w listopadzie. Do 1955 roku były to najbardziej wnikliwie i metodycznie poprawne badania. Warto zaznaczyć, że w owym czasie grzyb *Ciboria batschiana* nie występował jeszcze w swej agresywnej postaci.

HOLMES i BUSZEWICZ (1956) doszli do następujących wniosków: można przechowywać żołądźcie w temperaturze $2,2^{\circ}\text{C}$, do trzeciej, a nawet do czwartej wiosny po zbiorze, jeśli: wilgotność żołądźci nie przekroczy granic zakresu 40–45%, żołądźcie zostaną zmieszane z suchym torfem lub suchym piaskiem w nieuszczelnie zamkniętym pojemniku i będą wysokiej jakości, nieuszkodzone i niezainfekowane. W warunkach takich dochodzi jednak w trakcie przechowywania do kiełkowania i wzrostu korzenia zarodkowego.

Dalszy postęp w badaniach nad przechowywaniem żołądźci przyniosły dopiero obserwacje przeprowadzone w latach 1970–1976 w Instytucie Dendrologii PAN w Kórniku przy wykorzystaniu różnych krajowych proveniencji dębu szypułkowego (SUSZKA i TYLKOWSKI 1980) i czerwonego (SUSZKA i TYLKOWSKI 1982). W badaniach zastosowano różne opakowania (worki z folii polietylenowej szczelnie zgrzewane oraz pojemniki szczelnie i nieuszczelnie zamknięte), różne temperatury przechowywania (3°C , 1°C , -1° , -3°C), różne suche domieszki do żołądźci (piasek, torf, sosnowe trociny), a w wypadku dębu czerwonego przechowywano też żołądźcie bez jakiegokolwiek substratu. Czas przechowywania wydłużono do piątej wiosny po zbiorze. W półrocznych odstępach (wiosną i jesienią) sprawdzano poziom wilgotności żołądźci, udział procentowy żołądźci psujących się, porę pojawienia się pierwszych kiełków i przebieg tego zjawiska oraz procentowy udział żołądźci z kiełkami i długość kiełkujących korzeni. Równocześnie określano też co 6 miesięcy żywotność żołądźci przez próby ich kiełkowania w temperaturze 20°C na wilgotnym podłożu torfowo-piaskowym, a w odstępach rocznych (wiosną)

oceniano ich wschody w szkółce po siewie do gruntu w rowki o głębokości 3–4 cm, rozpoczynanym zawsze w dniu 1 kwietnia. W badaniach tych zwrócono szczególną uwagę na przedział temperatur pominięty przez HOLMESA i BUSZEWICZA (1956), mieszczący się pomiędzy 2,2°C a –4°C.

Z badań przeprowadzonych w Kórniku wyciągnięto szereg wniosków pozwalających uściślić zakres warunków sprzyjających zachowaniu optymalnej żywotności przez przechowywane żołądźcie. Potwierdzono nieprzydatność opakowań szczelnych, z wyjątkiem przypadków nieprzewidzianego przedziurawienia folii przez ostre końce żołądźci, co dotyczyło zwłaszcza dębu czerwonego. Zalecać można przechowywanie żołądźci tylko w niekorodujących blaszanych lub plastikowych beczkach o pojemności od 35 do 120 l, zamkniętych nieszczelnie, co umożliwia wymianę gazową pomiędzy żołądźcami a atmosferą chłodni (ryc. 10–12). Wymianę tę ułatwia kominiek wentylacyjny.

Podczas przechowywania wilgotność żołądźci nieznacznie wzrastała, co było rezultatem procesów oddechowych, przebiegających w żywych tkankach żołądźci. Kielki nie pojawiły się w ogóle w temperaturze –3°C, natomiast w pozostałych pojawiały się tym wcześniej i liczniej, i były tym dłuższe, im wyższa była temperatura przechowywania. Zdolność kiełkowania nasion i zdolność ich wschodzenia po siewie do gruntu malała w miarę przedłużania okresu przechowywania. Najbardziej spadała po przechowaniu dłuższym niż przez trzy zimy, ale nawet w tym terminie wschodziło około 60% niektórych partii żołądźci. Pewien nieznaczny odsetek nasion wschodził nawet po przechowaniu przez pięć zim, jednakże uzyskane z nich siewki były bardzo niskie (kilka cm), a ich liście tworzyły zagęszczoną rozetę. Kilkuletnie, krótko przycięte siewki dawały jednak (TYLKOWSKI 1982) wysokie przyrosty roczne.

Żołądźcie dębu szypułkowego zachowywały żywotność najlepiej, gdy mieszano je z suchymi trocinami lub suchym torfem. Przechowywanie żołądźci dębu czerwonego bez jakiegokolwiek domieszki nie ustępowało przechowaniu z suchym torfem lub trocinami. W tych samych pojemnikach można wtedy przechować pomyślnie dwukrotnie większą ilość żołądźci, niż w wypadku ich mieszania z substratem separującym je od siebie. W odpowiednio niskiej temperaturze nie zachodzi też zjawisko wzajemnego zakażenia stykających się ze sobą żołądźci przez zarodniki konidialne grzyba *Ciboria batschiana* rozwijające się tylko na grzybni (SUSZKA J. 2002). Może dojść jednak do infekcji przez samą grzybnię, z czego wynika niezbędność przeprowadzenia zabiegu termoterapii jak najwcześniej po zbiorze, ale przed rozpoczęciem przechowywania.

Pomimo nieznacznie lepszych wyników uzyskanych w temperaturze –1°C, do przechowania żołądźci zaleca się temperaturę –3°C, a to ze względu na możliwość



Ryc. 13. Tace do zmrażania żołądzi, ciepłych jeszcze po termoterapii i zaprawieniu, za pomocą strumienia powietrza o temperaturze -3°C przed ich umieszczeniem w pojemnikach do przechowywania. Fungicyd jest przechwytywany przez filtry (Szkółka Nędza, Nadleśnictwo Rudy Raciborskie)

nie było jeszcze istotne, zestawiał SUSZKA (1999).

Ze względu na nasilenie się w Polsce choroby mumifikacji żołądzi, termoterapia, a często też następujące po niej zaprawianie fungicydami, stały się zabiegami niezbędnymi dla skutecznego przechowywania żołądzi w warunkach regulowanych, czyli w chłodniach. Okazało się później (SUSZKA J. 2002), że przechowywanie żołądzi przez jedną zimę nie wymaga stosowania fungicydów po termoterapii. Przechowywanie w chłodni zaczyna obecnie zdobywać zdecydowaną przewagę nad sposobami gospodarczymi.

W Niemczech badania nad przechowywaniem żołądzi rozpoczęto w 1991 roku w Stacji Nasiennej Oerrel w Dolnej Saksonii. Stacja ta wyposażona jest w urządzenia do masowej termoterapii (DELFS-SIEMER 1993; GILLE i NOWAG 1995). Przechowywanie poddanych termoterapii żołądzi dębu szypułkowego

powstrzymania przedwczesnego wzrostu korzeni nasion dębów. Dotyczy to zarówno nasion dębów rodzimych, jak i dębu czerwonego. W tych warunkach stało się możliwe bezpieczne ich przechowywanie przez dwie zimy, a w wypadku żołądzi wysokiej jakości – do trzeciej wiosny po zbiorze.

Wszystkie te nadzieje zostały zniweczone przez nagłe, począwszy od 1992 r., wystąpienie w Polsce wysoce agresywnych form grzyba *Ciboria batshiana*, wpięrow na Pomorzu Zachodnim i w rejonie Zielonej Góry, a potem stopniowo na terenie całej Polski (SUSZKA J. 2002). W krajach położonych na zachód od Polski zjawisko to rejestrowano już odpowiednio wcześniej, a skuteczne sposoby walki z tym grzybem przez termoterapię opracowano we Francji już w 1978 roku (DELATOUR 1978; DELATOUR i MORELET 1979). Wyniki polskich badań nad przechowywaniem żołądzi dębu szypułkowego w latach, w których zagrożenie chorobą mumifikacji żołądzi

przez dwie zimy w temperaturze -3°C do -4°C , zapewniało wysoką jeszcze zdolność kiełkowania, po trzeciej zimie następował już jej spadek do około 40%; żołądźcie dębu bezszypułkowego były po trzeciej zimie wszystkie martwe.

Do przechowywania żołądźci lepiej nadają się chłodnie z płaszczowym sposobem chłodzenia niż z chłodnicami i wentylatorami zainstalowanymi wewnątrz komór chłodniczych. W chłodniach płaszczowych, w których komorę opływa z zewnątrz schłodzone powietrze, utrzymuje się bez zmian wysoka wilgotność powietrza, co chroni żołądźcie przed odwodnieniem (SPETHMANN 1997).

W Polsce wprowadzono w nadleśnictwach Rudy Raciborskie i Jarocin zabieg wstępnego zmrzania żołądźci bezpośrednio przed umieszczeniem w chłodni, po termoterapii i ewentualnym zaprawieniu fungicydem. Są one wtedy jeszcze ciepłe po przetrzymaniu w temperaturze 41°C . Ma to zapobiec samonagrzewaniu się żołądźci do temperatury wyższej od 0°C w pojemnikach znajdujących się w chłodni nawet w temperaturze -3°C . Ma to również zapewnić im na początku przechowywania odpowiednio już obniżoną temperaturę wyjściową (ryc. 13). Gdy brak urządzenia do wstępnego zmrzania, rozrzuca się nagrzane żołądźcie cienką warstwą na stole z ażurowym blatem i schładza, przedmuchując przez nie od góry, a potem przez filtry strumień powietrza o temperaturze otoczenia. Obecnie za celowe uznaje się wstępne schłodzenie żołądźci powietrzem z otoczenia po zaprawieniu fungicydem, a następnie zamrożenie w temperaturze -3°C w chłodni.

5.1.7.10. Badania laboratoryjne nad odpornością mrozową żołądźci

Niezależnie od badań o charakterze empirycznym niezbędne są prace badawcze prowadzone w warunkach *stricte* eksperymentalnych, dostarczające bliższych danych o odporności mrozowej nasion dębów. Badania takie nad żołądździami dębu szypułkowego przeprowadził CHMIELARZ (1995, 1996). Zamrażanie żołądźci w powietrzu o stałym spadku temperatury ($2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ w zakresie od 10° do 0°C , w temperaturach niższych od 0°C $0,2^{\circ}\text{C}/\text{min}$) kontynuowano aż do osiągnięcia następujących temperatur: -1°C , -3°C , -5°C , -7°C , -9°C , -11°C , -13°C , -15°C i -17°C . Po 15 minutach w każdym z tych wariantów mrożenie kończono, a żołądźcie odmrażano w 24°C przez 2 godziny. Odmrożone żołądźcie skracano od strony końców liścieni o $1/3$ ich długości i wysadzano w wilgotne podłoże piaskowo-torfowe w pozycji pionowej korzeniem ku górze, dla oceny kiełkowania i wschodzenia w 25°C , wpięrow w ciemności, a potem siewki oświetlano przez 8 godz./dobę. Temperaturą graniczną, przy której wielkość obydwu wskaźników (zdolności kiełkowania i wzrostu pędów) nie spadała w sposób statystycznie istotny poniżej poziomu żywotności niemrożonych żołądźci kontrolnych, było -7°C .

Temperatury niższe prowadziły do spadku żywotności nasion, które ginęły wszystkie po przemrożeniu do -15°C .

W trakcie spadku temperatury mierzono temperaturę w samym środku żołędzi, pomiędzy liścieniami, za pomocą cienkich termopar. Miało to na celu określenie temperatury krystalizacji lodu, co jest równoznaczne ze śmiercią żołędzi. Zjawisku temu towarzyszy uwalnianie znacznych ilości ciepła w zamrażających komórkach i tkankach oraz nagły, przejściowy wzrost temperatury. Okazało się, że nawet żołędzie przemrożone w -13°C wytwarzały siewki, choć w niewielkim procencie. Im bliższa 0°C była temperatura mrożenia tym większy był procent nasion wyrastających w siewki i większa ich wysokość.

Według PRAVDINA i FILIMONOVEJ (1952) żołędzie dębu szypułkowego, przechowywane przy prawidłowej wilgotności (42%), ginęły w -10°C . SCHÖNBORN (1964) stwierdził, że w temperaturze niższej od -10°C następował szybki spadek żywotności żołędzi o wilgotności 44–26%. CHMIELARZ (1996) doszedł do wniosku, że dla żołędzi jeszcze nie kiełkujących zabójcza jest temperatura w zakresie od -11° do -12°C . Z prac wymienionych tu badaczy wynika, że czynnikiem decydującym o przeżyciu nasion dębu w niskiej temperaturze jest czas jej oddziaływania. W badaniach CHMIELARZA 15 minut oddziaływania na żołędzie temperaturą -10°C zapewniało jeszcze przeżycie 60% nasion. Dłuższe przechowywanie w tej samej temperaturze prowadziło do śmierci wszystkich nasion (PRAWDIN i FILIMONOWA 1952).

5.1.7.11. Hartowanie żołędzi zmierzające do podwyższenia ich odporności mrozowej

W warunkach naturalnych na żołędzie znajdujące się w ściółce, lub tylko nią pokryte, niskie temperatury nie oddziałują gwałtownie. Począwszy od pierwszych przymrozków jesiennych temperatura wokół nich obniża się najczęściej stopniowo, zwłaszcza gdy spadkowi temperatury towarzyszą opady śniegu. Zakłada się też, że w miarę powolnego spadku temperatury wzrasta odporność mrozowa nasion dębów, co nazwano hartowaniem, przez analogię do przejściowego, późno-jesiennego wzrostu odporności mrozowej w pędach i pąkach drzew. Już OPPERMANN (1913) stwierdził, że żołędzie dębu szypułkowego przechowywane na zewnątrz w workach z siatki, w stopniowo obniżającej się temperaturze, kiełkowały jeszcze w 69%, gdy ta opadła do -9°C (SCHRÖDER i in. 1999).

Od wielu lat podejmowane są próby symulowania stopniowych zmian temperatury wokół żołędzi w warunkach laboratoryjnych. Celem tych badań jest ustalenie, czy podczas tak rozumianego hartowania wzrasta i utrwala się ich odporność

mrozowa. Pierwsze wzmianki o badaniach dotyczących odporności mrozowej nasion *Quercus mongolica* var. *grosseserrata* i *Q. serrata* przeprowadzono w Japonii (ISHIKAWA 1982). Odporność mrozowa nasion leżących w drzewostanie na powierzchni gruntu i skielkowanych (w 90%) wzrastała począwszy od listopada, a swe maksimum (-8°C) osiągała w połowie stycznia, po czym ponownie malała.

Jeśli chodzi o *Quercus petraea* i *Q. robur*, to GUTHKE (1992) stwierdził, że w okresie od października do stycznia (podczas bezmroźnej jesieni i zimy) odporność mrozowa żołędzi wzrastała, po czym aż do kwietnia malała ponownie. W wypadku nasion dębu bezszypułkowego wzrost odporności mrozowej wyrażał się temperaturą mrożenia, przy której żołędzie ginęły w 10%, 30%, 50%, 70% i 90%. W styczniu, w temperaturze -10°C , żołędzie ginęły w 90%, podczas gdy w $-4,5^{\circ}\text{C}$ ginęło ich tylko 10%. W październiku, czyli okresie poprzedzającym te próby 10% żołędzi ginęło już w -1°C , a 90% w -4°C . Wiosną (w kwietniu) wrażliwość żołędzi na oddziaływanie mrozu na skutek rozhartowania ponownie wzrastała. Ten sam autor stwierdził, że w drzewostanie dębowym Diekholzen temperatura powietrza spadła zimą w latach 1990/91 do minimalnego poziomu -15°C , a pod ściółką do -9°C , natomiast żołędzie nią pokryte kielkowały wiosną w 60%. Liczby te ilustrują wyraźnie kierunek zmian odporności mrozowej nasion dębów w okresie od jesieni do zimy. W tym samym czasie wilgotność żołędzi wzrastała z początkowych 48% (jesienią) do 65% (wiosną).

Biorąc pod uwagę wyniki tych obserwacji, niektórzy badacze (SPETHMANN 1997; GUTHKE i SPETHMANN 1997) hartowali żołędzie dębu szypułkowego i bezszypułkowego w warunkach sztucznych, czyli w temperaturze zmiennej ($0^{\circ}\text{--}5^{\circ}\text{C}$ w cyklu 12+12 godzin) przez kilka miesięcy. Odporność mrozowa żołędzi (kryterium 10% żołędzi ginących) dochodziła w tym czasie do -4°C w listopadzie, a po dalszych 9 tygodniach do -6°C . Gdy za kryterium odporności uznano 50% ginących żołędzi, temperatura krytyczna uległa obniżeniu z -5°C do -8°C , a po dalszych 16 tygodniach do prawie -10°C .

SPETHMANN (1997) użył jako pierwszy do swych badań żołędzi przelegujących po opadnięciu w drzewostanie na siatki, spławieniu i termoterapii, a do hartowania przez 5–6miesiący tej samej temperatury zmiennej co poprzednicy. Następnie przechowywał je w chłodni w temperaturze od -6°C do -8°C lub w chłodni płaszczowej w temperaturze $\pm 1^{\circ}\text{C}$. W tym ostatnim przypadku odporność na niskie temperatury nie pojawiła się.

SCHRÖDER (1997) podczas hartowania zastąpił temperaturę cyklicznie zmienną ($0\text{--}5^{\circ}\text{C}$) przez skokowo obniżaną, od 0°C do kolejno, każdorazowo przez 4 tygodnie w -4° , -5° i -6°C , potem przez 2-tygodnie w -7° , -8° i -9°C . Żołędzie dębu bezszypułkowego znosiły mrożenie doprowadzone do -5°C , nato-

miast żołądzie dębu szypułkowego do -9°C , przy spadku zdolności kiełkowania i wschodzenia z 100% do 80%.

Warunki hartowania podlegały największemu zróżnicowaniu w badaniach SCHLEGELA i SPETHMANNA (1999). Żołądzie dębu szypułkowego i bezszypułkowego przebywały w perforowanych skrzynkach przy wysokiej wilgotności powietrza, początkowo w temperaturze 5°C , 3°C , 2°C lub 0°C , albo w 0°C , -2°C , -3°C , lub -4°C , i to w różnych układach czasu trwania składowania oraz amplitudy wahań temperatury w poszczególnych cyklach termicznych, łącznie przez 6 miesięcy. Gdy żołądzie przechowywano potem przez następne 4 miesiące w różnych temperaturach niższych od 0°C , podlegały one rozhartowaniu i nie można ich było przechowywać w temperaturach zakresu od -5°C do -10°C .

W innych badaniach prowadzonych również w Niemczech (SCHRÖDER i in. 1999), po stopniowym obniżeniu temperatury hartowania z 2°C do -9°C , łącznie przez 5 miesięcy, żołądzie znosiły krytyczną temperaturę odporności mrozowej -9°C (dąb szypułkowy) lub -5°C (dąb bezszypułkowy), podczas gdy bez hartowania i bezpośrednio po zbiorze granica ta wynosiła około -3°C .

W Polsce badania nad hartowaniem żołądzi dębu szypułkowego podjął J. SUSZKA (1999). Po zbiorze żołądzie były poddawane termoterapii, a następnie składowano je luzem do końca listopada bez zaprawiania fungicydem i przy wilgotności 44%. W próbie kontrolnej żołądzie umieszczono w warunkach naturalnych na zewnątrz budynku w otwartym pudełku, zagłębionym równo z poziomem gruntu i nakrytym tylko siatką. W innych wariantach hartowania przechowywano je nieprzerwanie w nieszczelnie zamkniętym pojemniku w -3°C , albo w temperaturach obniżanych co 2 tygodnie o 2°C , począwszy od -3° aż do -9°C , łącznie przez 8 tygodni. Próby odporności mrozowej przeprowadzano w -7°C , zawsze przez 2 tygodnie. Przed obniżeniem temperatury zmrażania żołądzie poddawano też każdorazowo próbie kiełkowania w 20°C . Okazało się, że żołądzie zmrażane od temperatury 3°C do -7°C reagowały podobnie jak przechowywane stale w -3°C , gdyż osiągały poziom odporności mrozowej, umożliwiając przeżycie 60–80% żołądzi w -7°C . Po zmrożeniu do -9°C przeżywało w teście mrozooporności w -7°C tylko 30% nasion. Zmierzano w tych badaniach do przeżycia przez żołądzie 1 zimy. Ze względu na czas trwania przechowywania żołądzi po hartowaniu, trwający w -7°C zaledwie 4 tygodnie, nie udało się potwierdzić nabycia odporności mrozowej, umożliwiającej ich dłuższe przechowywanie w tej temperaturze. Dzięki badaniom przeprowadzonym w Niemczech wiadomo, że nie jest to możliwe ze względu na zanik odporności, następujący po pierwszej zimie po zbiorze.

Wyciągając wniosek generalny z dotychczasowych badań przeprowadzonych nad hartowaniem w Niemczech i w Polsce można stwierdzić, że stosując ten za-

bieg nie można zaindukować w żółędziach dębu szypułkowego i bezszypułkowego trwałej odporności na temperatury niższe od -3°C .

5.1.7.12. Przechowywanie żółędzi w chłodni w atmosferze o zmodyfikowanym składzie

W sadownictwie korzysta się już od wielu lat z przechowywania owoców, zwłaszcza jabłek, w chłodniach w atmosferze o składzie odbiegającym od składu zwykłego powietrza. TYLKOWSKI (1977) wykorzystał ten zabieg w swoich badaniach nad przechowywaniem żółędzi dębu szypułkowego w temperaturze -1°C w powietrzu o zmodyfikowanym składzie. Metoda polegała na codziennym (z wyjątkiem niedziel) uzupełnianiu poziomu stężenia tlenu regularnie redukowanego przez procesy oddechowe nasion i przez obniżanie samorzutnie wzrastającego stężenia dwutlenku węgla do wymaganego poziomu. Towarzyszyła temu wymuszona, stała cyrkulacja takiej mieszaniny gazowej. W badaniach wykorzystano trzy warianty zredukowanego stężenia tlenu (1,0%, 3,0% i 5,0%) i odpowiednio, podwyższonego stężenia poziomu dwutlenku węgla (2,5%, 15,0% i 10,0%). Resztę tak modyfikowanego powietrza stanowił zawsze azot (N_2). Warunki te utrzymywano przez 170 dni, co odpowiadało przechowywaniu żółędzi przez jedną zimę. Po tym okresie nasiona poddawano próbie kiełkowania i wzrostu pędu w warunkach stratyfikacyjnych w temperaturze 20°C . Okazało się, że powietrze zawierające 3,0% CO_2 i 15,0% O_2 albo 5,0% CO_2 i 10,0% O_2 zapewniało nasionom lepsze warunki przeżycia niż powietrze o składzie 1,0% CO_2 i 2,5% O_2 lub przechowywanie w nieuszczelnie zamkniętych pojemnikach bez wymuszania obiegu powietrza. Po przechowaniu w korzystniejszych układach nasiona kiełkowały i wytwarzały pędy w odpowiednio 80,5% i 78,0%, to jest o około 11% więcej niż bez regulacji składu powietrza lub w powietrzu z niższym poziomem CO_2 . Nasunęło to przypuszczenie, że w trakcie przechowywania w niskiej temperaturze w pojemnikach umożliwiających wymianę gazową z powietrzem otoczenia, CO_2 jako gaz cięższy od O_2 wypełnia pojemnik od jego dna ku górze, wypychając przez nieuszczelnie przymknięte wieko lżejszy od niego tlen; ustala się więc samoregulacyjnie mieszanina gazowa o składzie stabilnym i bogatym w CO_2 i to ona decyduje o zachowaniu żywotności przez przechowywane w niej nasiona. O stabilizowaniu się składu gazowego w kierunku wzbogacenia atmosfery w CO_2 we wnętrzu pojemnika decyduje więc aktywność metaboliczna samych żółędzi.

RUTKOVSKIJ i AVSIEVIĆ (1997) przechowywali żółędzie w szczelnie zamkniętych pojemnikach, w których zawartość CO_2 ustabilizowała się na wysokim poziomie dzięki samoregulacji składu atmosfery. Po 30 miesiącach przechowywania w temperaturze dochodzącej niekiedy do 9°C , zdolność kiełkowania utrzy-

mywała się na poziomie 72%. Obniżenie zawartości tlenu o 4–7% obniżało intensywność oddychania nasion o połowę.

Żołędzie kilku proveniencji dębu szypułkowego przechowywano w Niemczech w atmosferze o zróżnicowanym stężeniu CO₂ (GUTHKE 1992; GUTHKE wg SPETHMANNA 1997) w temperaturze 0,5°C. Wynosiło ono w tych badaniach 0,5%, 1,0%, 3,0% i 5,0%. Wyniki (potencjalna zdolność kiełkowania określana przez próbę krojenia) zależały w znacznym stopniu od proveniencji, stopnia zainfekowania żołędzi przez choroby grzybowe i od roku zbioru. Silniej zainfekowane żołędzie zebrane w 1989 roku cechował podczas przechowywania równomierny spadek żywotności do czwartej wiosny po zbiorze, przy czym malała ona tym bardziej, im wyższe było stężenie CO₂ w powietrzu. Słabo zainfekowane żołędzie z roku 1988 cechował nieznaczny spadek żywotności do drugiej wiosny po zbiorze, po czym następował gwałtowny jej spadek do trzeciej wiosny. Najwyższą żywotność zapewniły tu wyższe stężenia CO₂, przy optimum w 3%.

W badaniach NATZKE'GO (1999) nad 3-miesięcznym przechowywaniem żołędzi dębów rodzimych (Niemcy) w temperaturze -1°C w atmosferze normalnej w dowilżanym powietrzu oraz w pojemnikach ze sztucznie regulowanym składem gazowym CO₂: O₂: N₂ [(0,2%, 2,5%, 97,3%), (10%, 14%, 76%), (20%, 14%, 66%) oraz (0%, 0%, 100%)] uzyskano zaskakujące wyniki. Wysoką zdolność kiełkowania zapewniło przechowywanie żołędzi w czystym azocie bez domieszki CO₂ i O₂ oraz w atmosferze o niskiej zawartości tlenu (2,5%) i dwutlenku węgla (0,2%) a wysokiej zawartości azotu (97,3%). Była ona nieznacznie wyższa od zdolności kiełkowania nasion przechowanych w atmosferze normalnej. Nasiona przechowane w tych warunkach kiełkowały w odpowiednio: 86%, 85% i 83%. Wyniki te trzeba przyjąć z tym zastrzeżeniem, że 3-miesięczny okres przechowywania jest stosunkowo krótki i nie przesądza wyników dłuższego przechowywania, przynajmniej do pierwszej wiosny po zbiorze. Okazało się też, że wzrost kultur agarowych grzyba *Ciboria batschiana* był redukowany skutecznie (10-krotnie w -1°C i 1000-krotnie w -3°C, w porównaniu z kontrolą w normalnej atmosferze i w temperaturze 19°C) zarówno przez obniżanie temperatury, jak i przez wzrost stężenia CO₂ do więcej niż 10% w atmosferze otaczającej kulturę. Oznacza to, że w trakcie przechowywania żołędzi w chłodni w temperaturach niższych od 0°C grzybnia rozrasta się bardzo powoli lub nie powiększa się wcale. NATZKE (1999) postuluje jako układ optymalny dla przechowywania żołędzi temperaturę -3°C i atmosferę zawierającą 10% CO₂.

Jako generalną konkluzję ze wszystkich dotychczasowych badań nad przechowywaniem żołędzi można wysnuć wniosek (GUTHKE 1992), że ze względu na wysoką ich wilgotność i przyspieszony z tego powodu proces starzenia się nasion,

możliwości korzystania z niskich temperatur są poważnie ograniczone. Przedłużenie okresu przechowywania żołądździ jest możliwe do dwóch lub co najwyżej trzech sezonów zimowych. Eliminacja grzyba *Ciboria batschiana* przez termoterapię nie redukuje groźby rozwoju grzybów zgorzelowych, zwłaszcza zgorzeli siewek (*Cylindrocarpon didymum*), ujawniającej się już podczas przechowywania żołądździ w chłodni. GUTHKE (1992) postuluje więc przechowywanie żołądździ jedynie wysokiej jakości, skrócenie do minimum okresu upływającego pomiędzy zbiorem a termoterapią oraz wykorzystanie procesu hartowania do obniżenia temperatury przechowywania (tu jednak nie powiodły się późniejsze próby przedłużenia okresu hartowania poza pierwszą zimę po zbiorze). W drugim roku po wiosennym siewie żołądździ przechowanych w chłodni istnieje możliwość korzystania z siewek dębu do pozyskiwania z nich sadzonek zielnych, a następnie ukorzenia jednej sadzonki z każdej siewki. Pozyskiwanie sadzonek ze stałe tych samych siewek można powtarzać przez cztery kolejne lata, aż do spodziewanego nowego urodzaju żołądździ. Wtedy też należałoby wysiać nowe żołądździe i zacząć całą procedurę od nowa. Powołując się na SPETHMANNA (1990) GUTHKE stwierdza, że w Dolnej Saksonii produkuje się tą metodą corocznie 100 000 ukorzenionych zielnych sadzonek dębu (patrz także podrozdz. 5.2).

5.1.7.13. Kriogeniczny sposób przechowywania nasion dębu

Ze względu na niemożność długotrwałego przechowywania żołądździ sposobami gospodarczymi i w chłodniach, zachodzi konieczność korzystania z innych sposobów ich konserwacji. Znany jest najbardziej korzystny przedział zawartości wody w świeżej masie żołądździ (40–45%), sprecyzowano też temperaturę przechowywania (-2°C do -3°C), w której zahamowane jest przedwczesne kiełkowanie korzenia zarodka, a także aktywność metaboliczna jego żywych tkanek bez obawy o równoczesne uszkodzenia mrozowe. Nie udaje się utrzymać żywotności nasion (w nienaruszonych żołądździach) przez okres dłuższy niż przez dwie, w niektórych wypadkach przez trzy zimy po zbiorze. Wiadomo też, że stosowanie po termoterapii fungicydów jest zbędne przed przechowaniem żołądździ przez jedną zimę, natomiast nieodzowne, gdy zamierza się przechowywać nasiona dłużej (SUSZKA 2002).

Nowe możliwości konserwacji żywych komórek, tkanek, organów i całych organizmów roślinnych stwarza znana od kilkudziesięciu lat metoda kriokonserwacji, czyli szybkiego schładzania w ciekłym azocie, w którym można przechowywać je w stanie życia utajonego przez czas praktycznie nieograniczony bez objawów starzenia. Największą przeszkodą w stosowaniu tej procedury jest woda zawarta w komórkach, która musi przejść proces bardzo szybkiego zestalenia bez

wystąpienia egzotermi, a więc uwolnienia się pewnej ilości energii cieplnej w trakcie zamrażania wody. Zjawisko to jest symptomem przechodzenia wody w zwykły, krystaliczny lód, niszczący integralność komórki. Przejściowy wzrost temperatury w tkankach ujawnia proces nieodwracalnego ich zamierania.

Temu niekorzystnemu zjawisku można zapobiec, doprowadzając do bardzo szybkiego przemrożenia i przejścia wody w komórkach i tkankach w postać zeszkłą, nieuszkodzającą żywych struktur komórkowych. Możliwe jest też odwodnienie tak traktowanych obiektów biologicznych do najwyższej dopuszczalnej dla nich i nieszkodliwej granicy zawartości wody.

Spadek temperatury obiektów zanurzonych w ciekłym azocie (-196°C) przebiega bardzo szybko, a przejście ciekłej wody w postać lodu bezpostaciowego (zeszklenie wody) umożliwia zachowanie ich potencjału życiowego. Warunkiem jest niska masa obiektu i małe jego rozmiary. W przeciwnym razie fala mrozu przepływająca przez tkanki jest skutecznie hamowana i do zeszklenia wody nie dochodzi. Dlatego też, jeżeli obiektami zamrażanymi są żołędzie, to ich wielka masa i znaczne rozmiary uniemożliwiają z góry efektywne zastosowanie techniki kriogenicznej. W temperaturze ciekłego azotu giną one prawie natychmiast.

Rozwiązanie przyniosła w tej sytuacji kriogeniczna konserwacja osi zarodkowych wyizolowanych z zarodków oddzielonych od liścieni. Oś zarodkowa składa się u dębów z zawiązka korzenia i pędu oraz przedzielającego je hipokotylu. Cechuje ją masa około 400 razy mniejsza od masy całego zarodka wypełniającego nasienie; jej długość nie przekracza kilku milimetrów. Niewielkie rozmiary osi sprzyjają szybkiemu przepływowi fali niskiej temperatury przez jej tkanki i bezpiecznej transformacji wody w bezpostaciowy lód.

Pierwsze doniesienia z badań nad przeżywalnością osi zarodkowych dębu szypułkowego, podsuszonych do wilgotności 40–44%, przemrożonych przez kilka godzin w temperaturze -15°C , a w końcu hodowanych techniką *in vitro* (POULSEN 1992), nie były zbyt obiecujące. Osi nie traktowano krioprotektantami (roztworami sacharozy i glicerolu). Zamrażane bezpośrednio lub po wstępnym przemrożeniu przez co najmniej 12 godzin w -38°C przy stałym spadku temperatury $-1^{\circ}\text{C}/\text{min}$, a następnie zanurzone w ciekłym azocie, nie przeżywały. Podobne badania nad osiami zarodkowymi kilku północnoamerykańskich gatunków dębów (w tym również dębu czerwonego) przeprowadziła PENCE (1990, 1992). Izolowano osie zarodkowe z nasion świeżo pozyskanych (nasiona przechowywane mniej się nadawały do tego celu). Wymagały one wprawdzie ostrożnego odwodnienia w warunkach sterylnych do wilgotności 20–30% (w stosunku do świeżej masy), po czym zamrażano je w ciekłym azocie. Po rozmrożeniu osie zarodkowe hodowano na pożywce agarowej z dodatkiem 2 mg/l BAP oraz IAA. W zależ-

ności od gatunku obserwowano bądź wydłużanie się osi, bądź pojawianie się tkanki kalusowej. Udział procentowy takich osi, podobnie jak osi przeżywających, liczonych w stosunku do osi łącznie poddanych takiemu traktowaniu, był też zróżnicowany. Zróżnicowana była także wrażliwość zawiązka przyszłego pędu (plumuli) i korzenia zarodkowego na te oddziaływania.

GONZALES-BENITO i PEREZ (1992) uzyskali lepsze wyniki przechowywania w ciekłym azocie osi zarodkowych *Quercus faginea*. Osie podsuszone w komorze laminarnej w temperaturze pokojowej do wilgotności 21% i 19% (w świeżej masie) potraktowane krioprotektantem przeżywały zamrożenie w ciekłym azocie. Po odmrożeniu obserwowano w hodowli *in vitro* prawidłowy wzrost 75% korzeni lub pędów i korzeni łącznie.

Zasadniczy przełom w badaniach nad kriokonserwacją osi zarodkowych dębu szypułkowego dokonał się dzięki pracom CHMIELARZA (1995, 1997b, 1999a, 2000). Opracował on procedurę zapewniającą uzyskanie najwyższego do tej pory procentu osi zarodkowych (24% wszystkich osi) z plumulą przeżywającą po zamrożeniu w ciekłym azocie.

W omawianym tu, optymalnym sposobie postępowania, dojrzałe, opadłe z drzew żółędzie dębu szypułkowego, o wilgotności 40%, przechowywano krótkotrwale w nieszczelnie zamkniętych pojemnikach w -3°C . Izolowane osie zarodkowe sterylizowano, przemywano wielokrotnie wodą destylowaną, traktowano sukcesywnie krioprotektantami. Po podsuszeniu nad chlorkiem magnezu do wilgotności 28,5% osie zarodkowe zamrażano w plastikowych fiolkach otulonych foliową koszulką, które zanurzano w ciekłym azocie. Po 24-godzinnym przechowaniu w ciekłym azocie rozmrażano fiolki z osiami zarodkowymi w ciepłej wodzie (40°C , 5 min) i sterylizowano etanolem (70%). Osie zarodkowe, po sterylizacji w 0,1-procentowym chlorku rtęci, traktowano ponownie krioprotektantami w odwrotnej kolejności niż przed zamrożeniem, w kolejności malejących stężeń. Tak przygotowane, sterylne osie hodowano *in vitro* na sterylnej pożywce agarowej z dodatkiem makro- i mikroelementów, witamin, BAP, zeatyny i sacharozy (pH 5,8). Kultury hodowano w świetle lamp jarzeniowych (16godz./dobę). Po 3 tygodniach oceniano żywotność osi – uzyskano wtedy najwyższy procent osi w pełni przeżywających, czyli z żywą plumulą, a potem z rosnącym pędem i korzeniem. Wyhodowane z nich prawidłowo wykształcone rośliny rosnące w pierw przez rok w szklarni, a następnie przez rok w gruncie w namiocie foliowym, przesadzono (w 2001 r. wiosną) do gruntu w lesie, gdzie kontynuują (2005 r.) wzrost (ryc. 14). Metoda ta otwiera całkowicie nową drogę dla długotrwałego przechowywania zasobów genowych dębów. Niewątpliwie znajdzie ona niebawem zastosowanie w leśnych bankach genów.



Ryc. 14. Siewki dębu szypułkowego uzyskane z żołądźi, których osie zarodkowe przechowywano w ciekłym azocie w temperaturze -196°C (Instytut Dendrologii PAN, Kórnik) (fot. A. SZUBERT)

Pomijamy tu całkowicie badania CHMIELARZA (1999b) nad otrzymywaniem i kriokonserwacją zarodków somatycznych dębu szypułkowego, gdyż powstałe dzięki tej technice populacje roślin są klonami i nie reprezentują zróżnicowanego genetycznie potomstwa generatywnego indywidualnych drzew wyjściowych dębu.

5.1.8. SPOCZYNEK NASION

Spoczynek nasion jest właściwością umożliwiającą przetrwanie, przy znacznie ograniczonej aktywności życiowej, okresów niekorzystnych dla wzrostu roślin. W wypadku nasion cechuje je niemożność podjęcia aktywności podziałowej przez stożek wzrostu korzenia zarodkowego, a w ślad za nim przez stożek wzrostu pędu. Nasiona rodzimych dębów nie wchodzi w stan takiego spoczynku. Nasiona dębu czerwonego cechuje płytki spoczynek, wyrażający się lepszym i bardziej energicznym kiełkowaniem po chłodnej ich stratyfikacji lub po przechowaniu w chłodzie przez zimę (SUSZKA i TYLKOWSKI 1982). W praktyce zaliczamy je do nasion pozbawionych spoczynku.

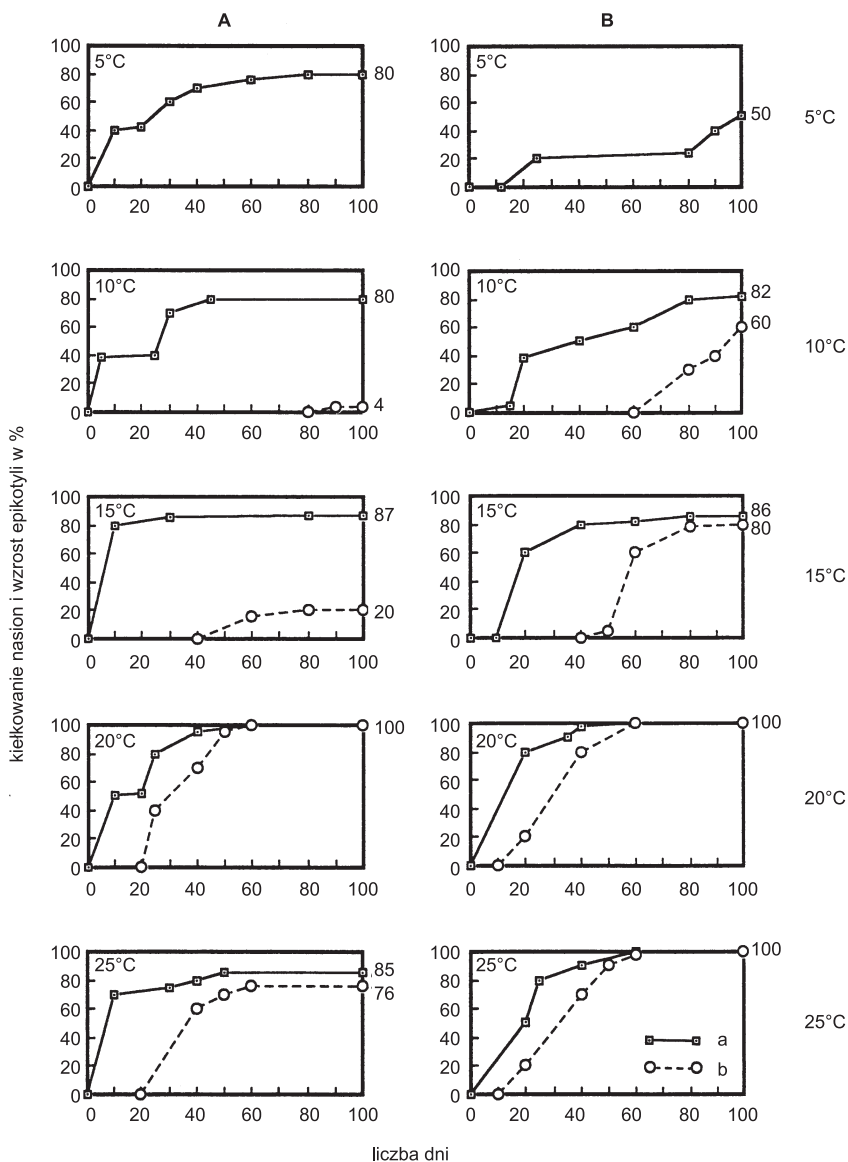
5.1.9. KIELKOWANIE NASION

Zdrowe i żywotne nasiona dębu bezszypułkowego kielkują z łatwością, jeśli spadną jesienią na glebę wilgotną, a pogoda jest ciepła i deszczowa. W takich warunkach atmosferycznych kielkują czasami po osiągnięciu pełnej dojrzałości już na drzewach i spadają z nich z rosnącym już kielkiem. Nasiona dębu szypułkowego tak łatwo nie kielkują, ale przy deszczowej i ciepłej pogodzie, na wilgotnym gruncie, ich korzenie zaczynają rychło rosnać, wykazując geotropizm dodatni. Jeszcze przed zimą rosące korzenie wrastają w glebę. Wiele przemawia za tym, że takie siewki są w stanie przetrwać zimę lepiej niż żołądź niekielkująca, leżące na ziemi lub w ściółce. Nasiona dębu czerwonego przed zimą nie kielkują.

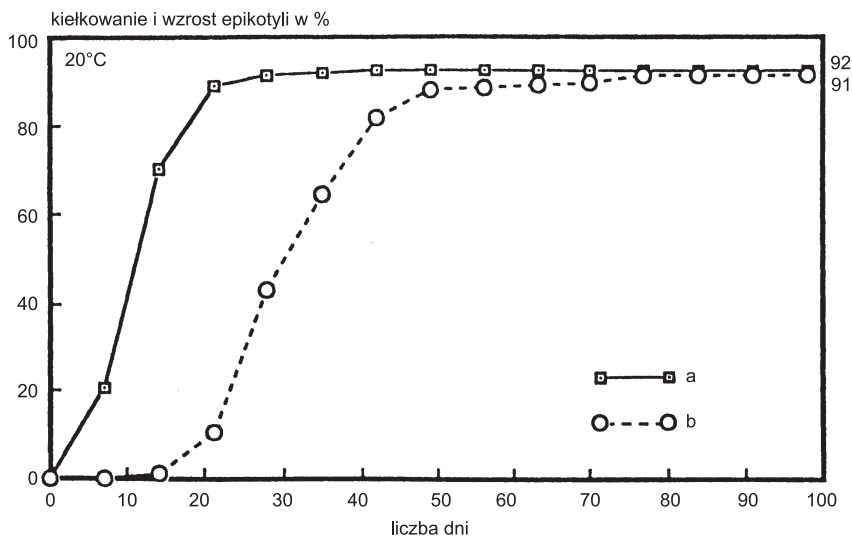
Nasiona dębów kielkują hipogeicznie, liścienie pozostają pod powierzchnią gleby. Korzeń zarodkowy rośnie szybko, niekiedy przed zimą, wyprzedzając wzrost części nadliścieniowej (epikotyli). Wydłużający się wiosną epikotyl wyrasta ponad powierzchnię gleby i wytwarza pierwsze liście (STRASBURGER i in. 1960). Przy dostępie światła umożliwia to przejście do autotroficznego sposobu odżywiania (OLSON 1974).

Przystępując do badań nad przechowywaniem żołądźki należało zbadać gruntownie przebieg kielkowania, wyrażającego się wydłużaniem nie tylko korzenia, ale także pędu w różnych układach cieplnych. Badanie takie przeprowadzili SUSZKA i TYLKOWSKI (1980, 1982) dla żołądźki dębu szypułkowego i czerwonego, w różnych temperaturach z zakresu od 1°C do 25°C. Proces kielkowania i wzrostu pędu z żołądźki o prawidłowej wilgotności przebiegał najbardziej energicznie w temperaturze 20°C, a opóźnienie widocznego wzrostu pędu w stosunku do wzrostu korzenia było wtedy najmniejsze. Nasiona znajdujące się wprawdzie w niskich temperaturach (1°C i 5°C), przeniesione po 10 tygodniach do 20°C kielkowały, a u większości pędy rosły i wydłużały się bardzo energicznie. Podobne badania powtórzono na żołądźkach dębu szypułkowego różnych, odległych geograficznie polskich proveniencji (SUSZKA 1999; SUSZKA i TYLKOWSKI 1980), potwierdzając te wnioski (ryc. 15 i 16). Od tej pory we wszystkich badaniach prowadzonych w Kórniku nad przechowywaniem żołądźki stosuje się w próbach kielkowania i wschodzenia nasion temperaturę 20°C, która zalecana jest również przez zasady oceny ISTA (1999).

Żołądźki dębu czerwonego wymagają innego traktowania, ze względu na cechujący je spoczynek (SUSZKA i KRAWIARZ 1971; SUSZKA i TYLKOWSKI 1982). Nasiona tego dębu pochodziły z różnych rejonów Polski, stratyfikowane od samego początku tylko w temperaturze 20°C, kielkowały powoli i z reguły w procencie o połowę niższym niż po chłodnej stratyfikacji. Podobnie przebiegał wzrost pędów. Chłodna stratyfikacja w 5°C, trwająca 70 dni, była optymalnym czasem przy-



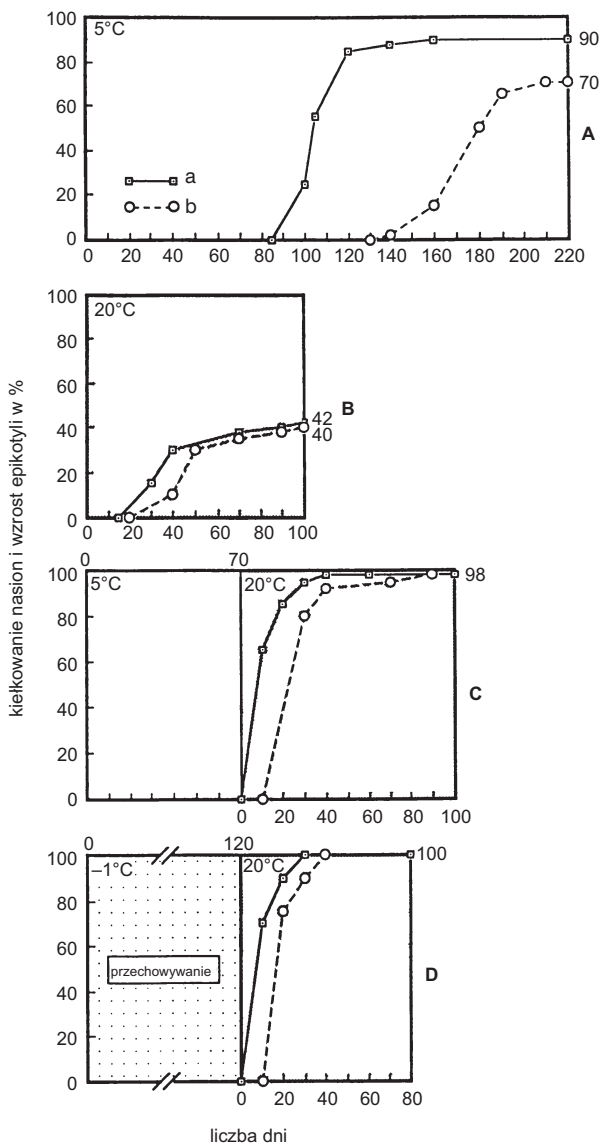
Ryc. 15. Dąb szypułkowy (*Quercus robur* L.). Kielkowanie nasion (A) i wzrost epikotyli (B) dwóch proveniencji (A i B) w różnych temperaturach stałych zakresu od 5° do 25°C



Ryc. 16. Dąb bezszypułkowy [*Quercus petraea* (MATT.) LIEBL.]. Kielkowanie nasion (a) i wzrost epikotyli (b) w optymalnej temperaturze 20°C

sposobiania nasion dębu czerwonego do kielkowania w podwyższonej temperaturze. Wystarczyło to do pojawienia się pierwszych krótkich kiełków u nielicznych nasion, po czym po podwyższeniu temperatury podłoża stratyfikacyjnego do 20°C następowało natychmiastowe kielkowanie, a w kilkanaście dni później również i wzrost pędów u 80–100% nasion (ryc. 17). Potwierdziły się więc przypuszczenia o niezbyt głębokim spoczynku nasion dębu czerwonego, gdyż część z nich kiełkowała w 20°C bez jakiegokolwiek oddziaływania chłodem. Wpływ tego czynnika na przebieg kielkowania i wzrost pędów w podwyższonej temperaturze okazał się jednak wysoce korzystny. W wypadku głębokiego spoczynku (spoczynku bezwzględnego) nasiona roślin drzewiastych nie kiełkują w ogóle, jeśli znajdują się od razu w podwyższonej temperaturze.

Osie zarodkowe dębu czerwonego po przechowaniu w temperaturze -1°C przez 25 tygodni, aż do całkowitego ustąpienia spoczynku wszystkich nasion, cechowała intensywność oddychania dwukrotnie wyższa niż osi nasion świeżo zebranych lub przechowywanych krócej (TYLKOWSKI i WRZEŚNIEWSKI 1986). Jest to pośredni dowód ustąpienia ich spoczynku.



Ryc. 17. Dąb czerwony (*Quercus rubra* L.). Kielkowanie nasion (A) i wzrost epikotyli (B). Żołędzie poddano kielkowaniu wkrótce po zbiorze w temperaturze 5°C (A), 20°C (B), w 20°C po stratyfikacji w 5°C przez 70 dni lub (C) po przechowywaniu w -1°C przez 120 dni (D)

5.1.9.1. Wilgotność żołądzi

Warunkiem prawidłowego przebiegu kiełkowania i wzrostu pędu jest utrzymanie wilgotności żołądzi na poziomie wysokim, odpowiadającym kategorii *recalcitrant*, do której nasiona dębów należą. Już wcześniej stwierdzono (TYSZKIEWICZ 1964; SUSZKA i TYLKOWSKI 1980), że obniżanie wilgotności nasion dębu szypułkowego poniżej krytycznego progu 40% (w stosunku do świeżej masy) jest równoznaczne z ich uśmiercaniem. Przy wilgotności 24% wszystkie żołądzie tego gatunku są martwe. Stąd też stratyfikacja żołądzi dębu czerwonego powinna przebiegać bezwarunkowo w wilgotnym (nie mokrym) podłożu piaskowo-torfowym, podobnie też próby kiełkowania i wschodzenia nasion wszystkich omawianych tu gatunków dębu.

5.1.9.2. Temperatura

Temperatura 20°C jest optymalna dla prób kiełkowania i wschodzenia dębów rodzimych, podobnie jak dla uprzednio stratyfikowanych lub przechowywanych w chłodzie nasion dębu czerwonego. Gdy próby takie przeprowadza się w warunkach regulowanych, niezbędne jest wyposażenie placówki nasiennej w kielkownię. W jej komorze należy zapewnić temperaturę 20°C również w cieplej porze roku. Próby kiełkowania żołądzi świeżych przeprowadza się bowiem jesienią i wczesną zimą, natomiast po przechowaniu żołądzi do okresu wiosennych siewów próby kiełkowania wykonuje się wiosną. Wtedy niezbędne może być chłodzenie kielkowni do 20°C.

5.1.9.3. Światło

W warunkach naturalnych żołądzie opadłe jesienią na powierzchnię gruntu nie są najczęściej w stanie przetrwać zimy, gdyż w tym czasie grozi im infekcja przez zarodniki pasożytniczych grzybów, wyschnięcie lub zniszczenie przez mróz. Niebezpieczeństwa te mniej zagrażają żołądziom zagrzebanym w ziemi nawet na niewielką głębokość (do 6–8 cm), zwłaszcza gdy glebę pokryje ściółka i śnieg. Tak zabezpieczone nasiona kiełkują w wilgotnym i nagrzanym gruncie niekiedy już jesienią, najczęściej jednak wiosną; tam też rozpoczyna się wiosną rozwój pędu przebijającego się przez glebę pokrywającą żołądzie. Kiełkowanie nasion jest hipogeiczne i przebiega w ciemności, światło jest zbędne dla uruchomienia tych procesów. Oś zarodkowa korzysta wtedy wyłącznie z rezerw pokarmowych nagromadzonych w liścieniach. Dopiero po pojawieniu się pędu ponad powierzch-

nią gleby rozwijają się liście, które umożliwiają autotroficzny sposób odżywiania się siewek.

W warunkach kontrolowanych próby kiełkowania przeprowadza się w wilgotnym podłożu piaskowo-torfowym (SUSZKA i TYLKOWSKI 1980, 1982), w temperaturze 20°C. Dostęp nasion do światła jest wtedy zbędny; kolejno po sobie następujące kontrole wilgotności podłoża i pojawiania się korzeni przeprowadza się z konieczności przy sztucznym oświetleniu. Jeżeli celem obserwacji jest nie tylko wzrost korzenia i pędu, żołądźcie układa się na wilgotnym, piaskowo-torfowym podłożu i wciska w jego powierzchniową warstwę w pozycji poziomej lub pionowej (korzeniem ku górze). W takim wypadku rosnące korzenie, zaginające się geotropicznie ku dołowi, zanim zagłębią się w substracie korzystają przez jakiś czas z naturalnego oświetlenia dziennego lub sztucznego. Dlatego też w pozabawionej okien kielkowni należy, oprócz regulowanej temperatury, zapewnić sztuczne oświetlenie rozwijających się siewek przez co najmniej 8 godzin na dobę. Wystarczy wtedy umieszczenie jednego szeregu lamp jarzeniowych o mocy 40W ponad każdą półką regału, na której ułożone są skrzynki z wysianymi w podłożu żołądźkami. Odległość świetlówek od podłoża w skrzynkach powinna wynosić w takim wypadku 30–35 cm.

Z naturalnego oświetlenia korzystają też żołądźcie wysiewane w pojemniki (kontenery) w namiotach foliowych lub w otwartych, zraszanych sztucznie szkółkach kontenerowych. Ich poziome ułożenie nie jest żadną przeszkodą dla prawidłowego kiełkowania i wzrostu pędu.

5.1.9.4. Ułożenie żołądźki w podłożu w próbie kiełkowania i wschodzenia

Przystępując do przeprowadzenia próby wschodzenia żołądźcie skraca się o 1/4 do 1/3 ich długości, obcinając przy tym końce liścieni nożem albo ręcznym lub pneumatycznym sekatorem. Tak spreparowane żołądźcie (cztery powtórzenia po 50 lub 100 sztuk) wciska się do połowy długości korzeniem pionowo ku górze w wilgotne podłoże, a obsiane pudełka nakrywa się przezroczystym wiekiem z regulowanymi wietrznikami i ustawia na półkach kielkowni, oświetlanych przez co najmniej 8 godzin na dobę światłem jarzeniówek (ryc. 18). W regularnych odstępach czasu podłoże w pudełkach zrasza się wodą i równocześnie przeprowadza obserwacje pojawiania się rosnących korzeni i pędów. Pędy dorastają do wysokości 15–20 cm, czyli do czasu wyeksploatowania rezerw pokarmowych z liścieni. Rozwijające się liście zielenieją na świetle i ustawiają się prawie poziomo. Zasady oceny

nasion (ISTA 1999) zalecają zdjęcie owocni i moczenie żołądździ przed próbą. Okazało się jednak, że przeprowadzenie tych zabiegów jest całkowicie zbędne.

5.1.9.5. Przycinanie żołądździ wysiewanych w pojemniki (kontenery)

Obecnie zaczyna nabierać znaczenia produkcja sadzonek (siewek) dębu w szkółkach kontenerowych. Pierwsze etapy ich produkcji (zwykle w marcu) przebiegają w ręcznie cieniowanych, klimatyzowanych namiotach foliowych, wyposażonych w zautomatyzowany system zraszania i dolistnego nawożenia. Korzysta się tam z podłoża torfowego, nieraz zaszczerzonego grzybem mikoryzowym. Żołądździe sadi się tym samym sposobem również w podłoże niezaszczerzone. Nieco później można ustawić kontenery styropianowe lub bloki kaset na polu zraszania w otwartej szkółce kontenerowej i tam je obsiać.

Żołądździe sadi się w substrat torfowy, którym napełnia się komórki (oczka) styropianowych kontenerów typu Robin lub kaset z kontenerami typu BCC. W praktyce okazało się, że jeśli sadi się całe żołądździe, to okres wyrastania korzenia i pojawiania się pędu z poszczególnych żołądździ przebiega bardzo nierównomiernie, a pomiędzy pojawieniem się pierwszych i ostatnich pędów mija w nie-



Ryc. 18. Kielkowniki z regulowanymi wietrznikami dla prób kielkowania i wzrostu epikotyli dębów w podłożu piaskowo-torfowym

ogrzewanym namiocie foliowym do 16tygodni. Sprawia to, że siewki z żołądzi rozwijających się później, wyrastają pod okapem siewek wyrosłych wcześniej, a szeroko rozpostarte liście najwcześniej wyrosłych pędów ograniczają dostęp wody do pozostałych siewek, nawet przy regularnie powtarzanym deszczowaniu lub zraszaniu. Przyczyniają się w ten sposób do szybszego wysychania podłoża pod nimi, ocieniają je i ograniczają ich wzrost.

W Instytucie Dendrologii PAN w Kórniku zaleca się obcinanie końców całych żołądzi wraz z liścieniami o 1/4 do 1/3 długości, tak jak przed próbą kiełkowania i wzrostu pędów, a potem wciskanie ich w wilgotny substrat w komórkach kontenerów w pozycji leżącej na boku lub (rzadziej) pionowo, korzeniem ku górze (SUSZKA J. 2001). Zaraz po tym przykrywa się je płytko substratem. Po posadzeniu należy podłoże w komórkach dobrze podlać, nadmiar wody odpłynie przez ich ażurowe dno. Wchłanianie wody przez przekrojoną powierzchnię liścieni przebiega znacznie szybciej niż przez owocnię całych żołądzi. Wzrost korzeni i pędów przebiega też energiczniej, a populacje siewek z jednorodnego materiału nasiennego są znacznie bardziej wyrównane. Kontenery ustawia się w pewnej odległości od powierzchni gruntu w namiocie lub w szkółce. Ma to na celu doprowadzenie do zamierania końców korzeni wyrastających z dna komórek („nóż powietrzny”).

W nieogrzewanym wiosną namiocie foliowym pojawianie się pędów kończy się już w 4–6tygodni od momentu posadzenia przyciętych żołądzi. Sposób ten wypróbowano w 2000 roku na skalę gospodarczą z wynikiem pomyślnym w Nadleśnictwie Jarocin, a w 2001 roku w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie (szkółka Nęcza). W 2002 roku, w dębowej szkółce kontenerowej w Oleszycach w RDLP Krosno, przed posadzeniem w kontenery typu Robin przycięto 500 000 żołądzi pierwszego rzutu. Skracą się je na wirującej tarczy z nożami (podrozd. 5.1.12.).

5.1.10. OCENA JAKOŚCI MATERIAŁU SIEWNEGO

Określanie jakości materiału siewnego jest celem postępowania zwanego potocznie oceną nasion. Zasady oceny zostały znormalizowane przez Międzynarodowe Zrzeszenie Oceny Nasion (ISTA = International Seed Testing Association). W skład tych zasad (ISTA, 1999), nowelizowanych w trakcie kolejnych kongresów ISTA w miarę postępu badań, wchodzi również zasady oceny nasion roślin drzewiastych, w tym również licznych gatunków dębu.

Znajomość jakości nasion na różnych etapach ich obróbki, traktowania i postępowania z nimi jest niezbędnym elementem podejmowania decyzji o rozpoczęciu, kontynuacji czy zaprzestaniu takich działań, jak zbiór, składowanie, czyszczenie, termoterapia, przygotowanie do przechowywania, samo przechowywanie

i jego zakończenie. Korzystając z niektórych parametrów określających cechy jakościowe nasion, można też śledzić i oceniać poprawność lub wadliwość przeprowadzanych zabiegów technologicznych. Na podstawie wyników oceny nasion, zwłaszcza takich parametrów określających ich jakość, jak czystość, masa 1000 nasion i żywotność, oblicza się normę siewną. W wypadku nasion dębów, które nie wchodzą w stan spoczynku, wyznacznikiem ich żywotności jest zdolność kiełkowania. Więcej informacji o jakości nasion dostarcza ocena zdolności wschodzenia, w której oprócz wzrostu korzenia, bierze się pod uwagę również wzrost pędu. W zasadach ISTA zdolność wschodzenia (1999) nie jest określana oddzielnie, lecz łącznie z kiełkowaniem, a to ze względu na zalecany obecnie sposób przeprowadzania próby kiełkowania, zgodnie z którym żołądźki sadzone są korzeniem skierowanym ku górze, co umożliwi obserwacje nie tylko wzrostu korzenia, ale i pędu.

Zasady oceny nasion, obowiązujące w międzynarodowych transakcjach handlowych, nazywamy oceną kwalifikacyjną. W Polsce, do której Lasy Państwowe nie importują ani nasion dębów ani innych rodzimych gatunków drzew i krzewów leśnych, podstawą oceny nasion są zasady tak zwanej oceny uproszczonej, w której uwzględniono krajowy dorobek badawczy i właściwości nasion obserwowane na terenie naszego kraju. Odbiegają one w niektórych szczegółach od zasad oceny kwalifikacyjnej według reguł ISTA (ZAŁĘSKI i in. 1996, ZAŁĘSKI 2000).

5.1.10.1. Wielkość próbek

Zapas nasion nie może w wypadku żołądźki przekroczyć w ocenie kwalifikacyjnej 5000 kg, a w uproszczonej nie może być mniejszy od 15 kg. Pobiera się z niego próbkę ogólną, na którą składa się zsyпка kilku do kilkunastu próbek pierwotnych tej samej partii żołądźki, a z niej próbkę średnią, liczącą 500 sztuk (2500 g). Z próbki średniej pobiera się próbki laboratoryjne (ściste) do kolejnych oznaczeń.

5.1.10.2. Próba czystości

Do analizy czystości pobiera się niezwłocznie po otrzymaniu żołądźki 500 sztuk lub (w ocenie uproszczonej) próbkę laboratoryjną o masie 1000 g. Tę ostatnią można podzielić na dwie podpróbki. Z próbki średniej pobiera się próbkę lub podpróbki laboratoryjne w sposób zapewniający ich dobre wymieszanie i wydzielenie reprezentatywnych próbek przez ręczne dzielenie, według procedury określonej zasadami oceny. Czynność tę powtarza się aż do otrzymania próbki wymaganej wielkości, czyli w ilości 500 sztuk lub 1000 g, albo 2×500 g (w ocenie uproszczonej).

Próba czystości umożliwia określenie udziału w próbce frakcji nasion prawidłowo wykształconych i różnych składników zanieczyszczeń, w procentach wagowych. W ocenie kwalifikacyjnej wydziela się tylko nasiona czyste, nasiona inne (obce) i zanieczyszczenia. Do nasion czystych zalicza się wtedy również nasiona niedojrzałe, niewykształcone, pozbawione łupiny nasiennej, porażone chorobami lub kielkujące oraz kawałki nasion większe od ich połowy.

W ocenie uproszczonej żołądzie czyste muszą być w pełni wyrosnięte, mogą być podkiełkowane, ale powinny być wolne od widocznych uszkodzeń mechanicznych, niezainfekowane przez grzyby, nieuszkodzone przez owady, gryzonie i ptaki. Wydziela się też oddzielnie różne frakcje zanieczyszczeń, a więc: żołądzie niedoksztalcone, puste, uszkodzone mechanicznie, opanowane przez grzyby, uszkodzone przez owady, gryzonie lub ptaki, zanieczyszczenia z badanego gatunku (w tym miseczki), zanieczyszczenia mineralne i inne.

Po zważeniu każdej wydzielonej frakcji określa się jej udział procentowy w masie całej próbki (lub każdej podpróbki), ważąc je do pierwszego miejsca po przecinku (do 999 g) lub podając tylko liczby całkowite (1000 g lub więcej). W wypadku korzystania z dwóch podpróbek procentowy udział każdej frakcji w próbce średniej oblicza się jako średnią arytmetyczną z procentowych udziałów tej frakcji w obydwu podpróbkach.

Wynik próby czystości dostarcza informacji o postępowaniu z badaną partią żołądzi w okresie zbioru, transportu i prowizorycznego składowania. Na jego podstawie można wyciągnąć wnioski o fachowości i staranności personelu zatrudnionego przy tych pracach.

5.1.10.3. Określanie masy 1000 nasion

Masa 1000 nasion jest wartością średnią; uzyskuje się ją przez zważenie wszystkich nasion czystych lub kilku powtórzeń z tej frakcji. W ocenie kwalifikacyjnej chodzi o 8 powtórzeń po 100 nasion każde, ważonych oddzielnie z dokładnością do jednego miejsca po przecinku. W ocenie uproszczonej waży się trzy powtórzenia po 100 żołądzi lub cztery po 50 żołądzi. Wynik ostateczny, czyli masę 1000 nasion, uzyskuje się przez pomnożenie średniej masy 100 sztuk przez 10, podając go z dokładnością do liczby tylu znaków po przecinku, z jaką wykonano poszczególne ważenia.

Wskaźnik masy 1000 nasion informuje pośrednio o wielkości żołądzi. O ile żołądzie z każdego indywidualnego drzewa cechuje zbliżony kształt, a ich masa jest zróżnicowana w niezbyt szerokich granicach, o tyle pomiędzy dojrzałymi żołądziami poszczególnych drzew mogą zachodzić znaczne różnice. Masa 1000

najcięższych nasion może wtedy przekraczać nawet czterokrotnie masę nasion najlżejszych.

5.1.10.4. Określanie wilgotności nasion

Określając wilgotność nasion, korzysta się z klasycznej metody suszarkowej z suszeniem rozdrobnionych próbek o masie 8–10 g w temperaturze $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ i ważeniem w suchych naczynkach wagowych, przed i po suszeniu przez 17 ± 1 godzin. Po wysuszeniu należy ostudzić próbki w ekzykatorze. Obecnie do określania wilgotności coraz częściej znajdują zastosowanie wagosuszarki podające po krótkim czasie suszenia gotowy wynik w % na wyświetlaczu, albo na wydruku drukarki. Wagosuszarkę programuje się na suszenie w 103°C przez ustalony automatycznie okres, po którym następuje ustalenie się wagi wysuszonej próbki. Przy korzystaniu z dwóch oddzielnych podpróbek różnice pomiędzy wynikami ważen nie mogą dla żołądźi przekraczać 2,5%. Obydwa sposoby określania wilgotności dotyczą wody całkowitej, bez jej różnicowania na wodę wolną i związaną.

Żołądźie przeznaczone do określenia wilgotności powinny być nadsyłane do stacji oceny nasion w szczelnie zamkniętym, całkowicie wypełnionym pojemniku, a do określenia ich wilgotności należy przystąpić natychmiast po odebraniu przesyłki. W ocenie kwalifikacyjnej korzysta się z dwóch oddzielnie wydzielonych próbek laboratoryjnych, a w ocenie uproszczonej z jednej takiej próbki.

We wszystkich fazach postępowania z żołądźiami należy zwracać baczną uwagę, by nie dopuścić do obniżenia ich wilgotności poniżej poziomu 40%, gdyż w miarę dalszego odwadniania postępuje proces zamierania nasion aż do całkowitego zaniku ich żywotności.

5.1.10.5. Określanie żywotności nasion

Żywotność nasion dębów można określić sposobem szybkim przez próbę krojenia. Jest to sposób orientacyjny, jego poprawne przeprowadzenie wymaga pewnej biegłości w odróżnianiu tkanek zdrowych od zamierających lub martwych. Metoda ta nadaje się zwłaszcza dla żołądźi świeżo zebranych lub krótko i prawidłowo przechowywanych. Cechuje je zazwyczaj wysoka wilgotność, a udział nasion martwych w ocenianych próbkach jest jeszcze niewielki. Jej przydatność dla oceny żywotności żołądźi przechowywanych dłużej i starzejących się jest kwestionowana, gdyż wyniki mogą nieraz znacznie odbiegać od rzeczywistej żywotności nasion.

Stan rzeczywistej żywotności nasion wiernie oddają próby kiełkowania w podłożu stratyfikacyjnym lub próby w odpowiednim substracie siewnym, umożliwiające ocenę wzrostu korzenia i epikotyłu poszczególnych nasion, co można by nazwać próbą wschodzenia nasion. Ich pewną niedogodnością jest kilkutygodniowy okres wymagany dla przeprowadzenia próby. Próba szybsza, ograniczona do samego kiełkowania, ukazuje wprawdzie nasiona zdolne do wytworzenia i wzrostu korzenia, jednakże dla potrzeb szkółkarza niezbędny jest wynik ukazujący możliwości wzrostowe nie tylko korzenia, ale i pędu.

PRÓBA KROJENIA

Oceny żywotności nasion dokonuje się w tej próbie na podstawie makroskopowych oględzin stanu osi zarodkowej i liścieni oraz uszkodzeń spowodowanych przez grzyby i owady.

Do oceny uproszczonej (tylko w niej korzysta się z próby krojenia) przeznaczają się próbki 300 żołądździ czystych, prawidłowo wykształconych i nieuszkodzonych (3×100 sztuk lub 4×50 sztuk, w badaniach terenowych nawet 3×50 sztuk). Dopuszczone do takiej oceny są żołądździe z podłużnymi pęknięciami owocni o gładkich brzegach, powstającymi w trakcie zbyt szybkiego przesuszenia. Nadają się one jeszcze do siewu, lecz nie można ich przechowywać przez dłuższe okresy.

Żołądździe przekrawa się sekatorem lub gilotyną wzdłuż osi podłużnej, obydwie połówki przecina się też w poprzek, by ujawnić nekrozy, ukryte w tkance liścieni. Na podstawie przekroju wyróżnia się w ocenie uproszczonej nasiona zdrowe, nadpsute, zepsute, uszkodzone przez larwy owadów oraz żołądździe puste lub bez osi zarodkowej.

Za zdrowe uznaje się tkanki na przekroju jędrne, białe lub kremowe. Naturalny kolor żywych tkanek można uwydatnić przez moczenie nasion przed krojeniem. Za martwe uznaje się tkanki przebarwione na kolor brązowy, brunatny, czarny lub o konsystencji mazistej.

Nasiona zdrowe nie mają na przekroju żadnych ciemnych plam. Do nasion nadpsutych zalicza się takie, które mają nekrotyczne plamki nie zajmujące więcej niż $1/3$ powierzchni przekroju i nie sięgające osi zarodkowej. Do zepsutych zalicza się nasiona całkowicie zgniłe, albo z nekrotycznymi plamami w sąsiedztwie osi zarodkowej lub zajmującymi więcej niż $1/3$ powierzchni przekroju.

W wypadku żołądździ przeznaczonych do siewu jesiennego lub do przechowywania do żywotnych zalicza się tylko nasiona zdrowe, a w ocenie przeprowadzanej przed siewem wiosennym po przechowaniu, nasiona zdrowe i nadpsute.

Dla każdego powtórzenia oblicza się osobno procentowy udział liczby nasion żywotnych, a więc zdolnych do kiełkowania, dla całej próbki badanych nasion oblicza się przeciętną żywotność jako średnią ze wszystkich powtórzeń.

PRÓBA KIEŁKOWANIA

Optymalne warunki kiełkowania nasion wszystkich trzech gatunków zapewnia temperatura 20°C. Próby kiełkowania nasion dębów przeprowadza się w wilgotnym podłożu torfowo-piaskowym, w nieoświetlonym termostacie lub w nieoświetlonej komorze kiełkowniczej (kiełkowni). Z praktyki Instytutu Dendrologii PAN w Kórniku wynika jednak, że kiełkownia oświetlona przez 8 godzin na dobę stwarza znacznie bardziej korzystne warunki dla przeprowadzenia prób kiełkowania połączonych z obserwacją wzrostu pędów (próby wschodzenia) niż kiełkownia ciemna (ryc. 19). W próbach kiełkowania i wschodzenia korzysta się z kilku powtórzeń po 100 lub 50 żołądzi.

Warunki prób kiełkowania w ocenie kwalifikacyjnej i uproszczonej różnią się nieznacznie (ISTA 1999; ZAŁĘSKI 2000; SUSZKA 2000).

PRÓBA KIEŁKOWANIA W OCENIE KWALIFIKACYJNEJ (ISTA)

Próby przeprowadza się na powierzchni piasku (żołądzie lekko wcisnięte) lub w piasku (żołądzie przykryte warstwą piasku o grubości 20 mm). Energię kiełkowania określa się po 7 dniach, zdolność kiełkowania po 28 dniach. Przed próbą należy żołądzie moczyć przez 48 godzin w wodzie, po czym odcina się 1/3 długości liścieni na końcu przeciwnym do osi zarodkowej. Do prób używa się wilgotnego, lecz nie mokrego piasku; pudełka (pojemniki) z podłożem piaskowym należy więc zaopatrzyć w otwory odpływowe, w celu odprowadzania nadmiaru wody. W wypadku przykrywania nasion piaskiem, jego powierzchnia powinna być stale utrzymywana w stanie rozpułchnionym, aby umożliwić dostęp powietrza do nasion. Wilgotność substratu podczas trwania próby powinna być stale podtrzymywana, każdy pojemnik–kiełkownik należy więc przykryć przezroczystym wiekiem z regulowanymi wietrznikami. Do oceny przeznaczają się 4 × 100 sztuk żołądzi czystych.

PRÓBA KIEŁKOWANIA I WZROSTU PĘDÓW W OCENIE UPROSZCZONEJ

Próby przeprowadza się w tych samych warunkach co w ocenie kwalifikacyjnej, również przy użyciu żołądzi skróconych od 1/4 do 1/3 długości na końcu przeciwnym do osi zarodkowej. Na podstawie wieloletniej praktyki i doświadczenia nabytego w Instytucie Dendrologii PAN zaleca się używanie zamiast piasku wilgotnej mieszaniny miału torfu wysokiego i drobnoziarnistego, czystego piasku (obj. 1 : 1). Otwory odpływowe w dnie pudełek do kiełkowania są zbędne. Zaleca



Ryc. 19. Kielkownia dla prób kiełkowania i wzrostu epikotyli dębów. Półki regałów oświetlane przez lampy jarzeniowe, temperatura kielkowni 20°C

się wyłącznie próby na powierzchni substratu, poprzedzone wciśnięciem skróconych żołądki powierzchnią przekroju w wilgotne podłoże pionowo, końcem z osią zarodkową ku górze. Zabieg ten przyspiesza wzrost korzenia i pędu, podwyższa też zdolność kiełkowania. Obserwacje wzrostu korzeni i pędu przeprowadza się po 7 i 28 dniach z tym, że prawie wszystkie korzenie rozpoczynają wzrost przed upływem pierwszego terminu. Ze względu na pędy ostatnią obserwację ich wzrostu należy przeprowadzić dodatkowo również w 42 dniu próby.

5.1.11. PRODUKCJA SADZONEK W SZKÓLCE

Ze względu na częstą niemożność bezpiecznego przechowania znacznych ilości żołądki przez zimę, szkółkarze decydują się nieraz na siew jesienny w szkółce, co nawet przy znacznej głębokości siewu (4–5 cm, na glebach lżejszych do 8 cm) może wiązać się z ryzykiem przemarznięcia żołądki podczas mroźnej i bezśnieżnej zimy. W zasiewach mogą być też czynione szkody przez dziki, gryzonie i ptaki. W przypadku infekcji grzybem *Ciboria batschiana* może dojść do utraty większości nasion; należy liczyć się również z możliwością wygnicia żołądki w zbyt wilgotnej glebie. Znaczne szkody może wyrządzić przemienne zamarzanie i rozma-

rzanie gleby, zwłaszcza w ostrzejszym klimacie i podczas bezśnieżnych zim. W takich sytuacjach może zachodzić potrzeba okrywania zasiewów warstwą ściółki izolującej żołądź od niskich temperatur (słoma, liście), trzeba jednak zabezpieczyć osłony przed rozwianiem przez wiatr. Przy takim postępowaniu zachodzi potrzeba podwyższenia norm wysiewu, co łączy się z marnotrawstwem żołądź.

Znaczne ryzyko siewu jesiennego sprawia, że zaleca się, jeśli to tylko możliwe, wiosenny siew żołądź przechowywanych przez zimę w prawidłowych warunkach, a więc w chłodni po termoterapii i ewentualnym zaprawieniu fungicydem przeciwko grzybom zgorzelowym. Wschody są wtedy zazwyczaj liczniejsze i bardziej wyrównane niż po siewie jesiennym. W centralnej Polsce porą korzystną dla siewu wiosennego żołądź jest kwiecień, a w zachodniej – początek kwietnia.

Żołądź dębu szypułkowego i bezszypułkowego wysiewa się w szkółce ręcznie lub maszynowo, rzędowo, w dobrze przygotowaną glebę (ryc. 20). Przy siewie rzędowym lub taśmowym wysiewa się na 1 ar 60 kg żołądź I klasy żywotności, a 300–400 kg przy siewie rzutowym. Grubość przykrycia po siewie wiosennym wynosi 3–5 cm, na glebach lżejszych wskazane jest przykrycie jeszcze grubsze. Rowki można zasypać materiałem lżejszym niż gleba. Jeżeli odległości między rzędami wynoszą 25 cm, wysiewa się 20–25 żołądź na metr bieżący pasa siewnego. Przy siewie rzutowym niezagęszczonym i wydajności siewu 50% pożądana liczba siewek rocznych (1/0) na 1 m² wynosi 50–80 sztuk. Przy gęstym siewie rzutowym należy zmierzać do uzyskania 450 siewek na 1 m².

Niekiedy siewki dębów wysianych w szkółce w uprawie płaskiej przetrzymuje się przez 2 lub 3 lata. Umożliwia to zakładanie upraw po latach nieurodzaju, następujących zwykle po roku z urodzajem obfitym. Należy jednak liczyć się z tym, że im starsze są sadzonki, tym większemu uszkodzeniu ulega pałowy system ko-



Ryc. 20. Dąb szypułkowy (*Quercus robur* L.) pod koniec pierwszego okresu wegetacji po wysiewie do gruntu w szkółce (Nadleśnictwo Bolewice)

rzeniowy, typowy dla siewek dębów. Z tego powodu ich korzenie podcina się odpowiednio wcześniej, jeżeli siewki są przeznaczone na wieloletki nieszkółkowane. W myśl obowiązujących obecnie w Polsce zasad hodowli lasu (ROZWAŁKA 2003) dla dębu o symbolu produkcyjnym 2/0 i 3/0 korzenie podcina się na głębokości 10–15 cm w drugim roku produkcji przed rozpoczęciem wegetacji. Natomiast przy zakładaniu upraw systemem gniazdowym (na placówki), jeśli nie wysiewa się na nich żołądzi, to wysadza się zwykle jednoroczne lub co najwyżej dwuletnie sadzonki.

Jeśli chodzi o wysiew żołądzi w szkółkach otwartych, to korzystać należy z żołądzi o masie 1000 nasion nie mniejszej niż 2000 g (ROZWAŁKA 2003). Na 1 ar szkółki siewnej wysiewa się, przy siewie częściowym (rzędownym lub taśmowym) na zagony szerokości 125 cm (przy szerokości ścieżek 25–35 cm) w 4 rzędach oddległych od siebie o 33,3 cm lub w 5 rzędach co 25 cm, 55,0 kg żołądzi dębu bezszypułkowego I klasy żywotności, 60,0 kg dębu szypułkowego, a 50 kg dębu czerwonego. Gdy wysiewa się żołądzie drugiej klasy żywotności, wtedy ilości te kształtują się następująco: 82,0 kg, 90,0 kg i 75,0 kg. W wypadku siewu rzutowego (pełnego) nasionami I klasy żywotności, na 1 ar przypada 250,0–300,0 kg nasion dębu bezszypułkowego, 300,0–400,0 kg dębu szypułkowego i 250,0–300,0 kg dębu czerwonego. Przeciętna liczba siewek I i II klasy jakości powinna wtedy osiągać przy siewie częściowym co najmniej 7000 sztuk dla dębu bezszypułkowego i czerwonego lub 8000 sztuk dla dębu szypułkowego. W wypadku siewu rzutowego liczba siewek na 1 ar szkółki siewnej powinna się kształtować na poziomie nie niższym od 35 000 sztuk dla dębu bezszypułkowego i czerwonego lub 45 000 sztuk dla dębu szypułkowego. Głębokość przykrycia przy siewie wiosennym powinna wynosić 3–5 cm dla wszystkich trzech gatunków.

Przy siewie rzędownym żołądzi dębów w uprawie płaskiej (bez zagonów i ścieżek) rzędy lub taśmy wypadają co 50 cm. Gdy zmierza się do wyprodukowania 2- lub 3-latek nieszkółkowanych, ilość wysiewanych nasion należy zredukować o 30%.

5.1.12. PRODUKCJA SADZONEK Z ZAKRYTYM SYSTEMEM KORZENIOWYM W SZKÓŁCE KONTENEROWEJ

Sadzonki dębów z zakrytym systemem korzeniowym typu 1/0 produkuje się obecnie pod folią (w początkowym okresie wzrostu siewek) lub w otwartej, zraszanej szkółce w wielokomórkowych kontenerach styropianowych, zwanych przez szkółkarzy–ogrodników multiplatami (SZABLA i PABIAN 2003). Powszechnie stosowane kasety typu BCC z tworzywa sztucznego (ogrodnicy nazywają je

wielodoniczkami), z komórkami o pojemności 225 ml, okazały się mniej dogodne ze względu na możliwość przemarznięcia systemów korzeniowych siewek w okresie zimy. Dla dębu chętnie są obecnie stosowane kontenery styropianowe francuskiego systemu Robin, o rozmiarach 315 mm × 650 mm × 185 mm (szerokość × długość × wysokość), z 53 komórkami o kolistym przekroju, zwężającymi się ku dołowi, z ażurową zastawką zamiast dna, wyposażone w pionowe żeberka zapobiegające spiralnemu zwijaniu się korzeni. Wysokość 18,5 cm zapewnia prawidłowy wzrost siewek dębu, gdyż ilość substratu w komórce jest wystarczająca. Komórki kontenerów styropianowych wypełnia się rozdrobnionym torfem wysokim z domieszką granulek styropianowych lub perlitu. Poprawia to warunki powietrzno-wodne i zapewnia stałość poziomu wilgotności. Substrat można wzbogacić nawozem mineralnym (np. typu Osmocote) o długim okresie uwalniania składników pokarmowych. Obecnie w Polsce znajdują już zastosowanie substraty zaszczerpione grzybem mikoryzowym *Laccaria lactata* lub *Hebeloma crustuliniforme* (podrozd. 4.5 i 5.1.6.2). Kontenery ustawia się obok siebie w namiocie lub w szkółce, pozostawiając ścieżki. Nie układa się ich w namiocie foliowym bezpośrednio na wilgotnej posadzce, lecz na podsunięte listwy, stalowe palety albo odwrócone doniczki, co je podnosi o kilka do kilkunastu centymetrów. Brak dna sprawia, że koniec szybko rosnącego, palowego korzenia dębu obumiera po przerośnięciu substratu i wydostaniu się z komórki (tzw. „nóż powietrzny”, ogrodnicy nazywają to nieściśle „obrączkowaniem”).

Komórki kontenera styropianowego są oddalone od siebie o kilka centymetrów w każdym kierunku. Ma to duże znaczenie, ponieważ kiełkowanie korzenia i wyrastanie pędu z nasion nie przebiega równocześnie. Siewki wyrosłe najwcześniej osiągają pierwszą odpowiednią wysokość i, formując rozetę rozpostartych na boki liści, skutecznie utrudniają dostęp wody do siewek wyrastających nieco później pod ich okapem i w ich cieniu. Przewyciężenie tej trudności, jaką jest powolne i nierównomiernie wschodzenie wysianych do pojemników całych nasion dębów, uzyskuje się przez obcięcie końców liścieni każdej żołądki, którą skraca się o 1/4 do 1/3 pierwotnej długości (SUSZKA J. 2001) (podrozd. 5.1.10.5). Dawniej zabieg ten znajdował zastosowanie w myśl zasad ISTA (1999) tylko w laboratoryjnych próbach kiełkowania żołądki i to po zdjęciu owocni oraz wstępnym moczeniu.

Wysiew żołądki w komórki kontenerów przeprowadza się po raz pierwszy na przedwiosniu, na przykład w ostatnich dniach lutego lub na początku marca. Kontenery z podłożem, które nie zostało poddane mikoryzacji obsiewa się bezpośrednio na polu zraszania, choć później niż w namiotach foliowych. W Holandii (WG 2002) powierzchnię podłoża w komórkach kontenerów przykrywa się obecnie zmielonym naturalnym korkiem, co utrudnia rozwój mchów.

Bezpośrednio po przycięciu wciska się żołądź poziomo w wilgotny substrat, nieznacznie przykrywa nim i dodatkowo silnie zwilża. W namiocie ogrzewanym do 20°C, przy automatycznie działającym systemie zraszania, uruchamianym z odpowiednią częstotliwością, kiełkowanie nasion rozpoczyna się po 2 tygodniach, a kończy wyrosnięciem ostatnich pędów już po 6 tygodniach, licząc od dnia wysiewu (początek kwietnia). Zdolność kiełkowania i wschodzenia nasion wzrasta przy tym o 15–20% w stosunku do wydajności siewek z żołądź nieprzycinanych.

Po co najmniej 6 tygodniach pozostawiania w namiocie, gdy siewki są już wystarczająco wyrosnięte a ich liście rozwinięte, można wszystkie kontenery wywieźć na pole zraszania, by w namiocie umieścić drugi rzut kontenerów z wysianymi, skróconymi uprzednio żołądziami (ryc. 21). W ten sposób w ciągu jednego okresu wegetacyjnego, od końca lutego do początku lipca, produkuje się dwie generacje siewek. Opisana powyżej technologia, wzbogacona o obcinanie żołądź, została w 2001 roku pomyślnie sprawdzona na skalę produkcyjną w szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Jarocin. W szkółce kontenerowej Nędza w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie uzyskano również pomyślne wyniki, gdy użyto kaset 21-komórkowych typu BCC (komórki 225 ml). Sadzonki dębów pozostawione w nich przez zimę na polu zraszania są bardziej narażone na przemarzanie systemów korze-



Ryc. 21. Dąb szypułkowy (*Quercus robur* L.) po wysiewie w klimatyzowanym namiocie foliowym w szkółce kontenerowej (Szkółka Nędza, Nadleśnictwo Rudy Raciborskie)

niowych, mimo osłaniania zewnętrznych boków palet z kasetami. Poszczególne czynności całego ciągu produkcyjnego podlegają w szkołkach kontenerowych daleko posuniętej mechanizacji, dotyczy to między innymi napełniania komórek kontenerów podłożem, nawadniania sadzonek w namiotach foliowych czy na polu zraszania oraz prac transportowych. Obcinanie żołądźi wykonuje się do tej pory ręcznie, zamiast sekatorów ręcznych można jednak użyć sekatorów pneumatycznych. W szkołce kontenerowej w Nadleśnictwie Oleszyce stosowane są do tego celu wirujące tarcze z nożami, do których przykładają się żołądźie tępym końcem przez jeden z otworów w osłonie, dostosowany do ich wielkości.

Do siewu należy użyć żołądźi wysokiej jakości, poddanych po zbiorze spławieniu w wodzie, termoterapii i ewentualnie zaprawieniu fungicydem, a następnie przechowywanych w niedomkniętych beczkach z kominkiem wentylacyjnym, w chłodni o temperaturze -3°C przez jedną lub dwie zimy.

W efekcie uzyskuje się silne sadzonki z dobrze rozgałęzionym i przerośniętym systemem korzeniowym. Można je wysadzać wraz z bryłą korzeniową w dowolnej porze sezonu wegetacji na miejsce stałe.

Polska Akademia Nauk,
Instytut Dendrologii
ul. Parkowa 5
62-035 Kórnik

LITERATURA

- ALEMANN F. A. 1884. *Über Forst-Culturwesen*. (3 wyd.). Emil Baensch.
- ANČAK J. 1972. *Biológia a uskladňovanie semien lesných drevín*. Vydavateľstvo Slovenskej Akadémie Vied. Bratislava.
- ANONIM 1962. Collection and storage of acorns and beech mast. Forestry Commission Leaflet 28.
- ANONIM 1995. MycorTree™ *Laccaria*. Data Speet #2. Plant Health Care Inc., Pittsburg.
- BARCZYŃSKI J. R. 1934. Zbiór i przechowywanie żołądźi. Instytut Badawczy Lasów Państwowych. Seria C, Ulotki i wydawnictwa popularne. 4. Warszawa.
- BAK J. 1996. Pokłósie bukowych żniw w lasach zielonogórskich. *Przegląd Leśniczy* 6: 7.
- BEJLIN I. G. 1951. *Bolezni želudej i mery ich predupreždenija*. Moskva.
- BENEDIKOVÁ M. 1992. Zkušnosti z dosavadního pěstování dubu v semenném sadu. Sb. Celostátního Semináře „Zakládání a obhospodařování semenných sadů”. 2–3.9.1992. Chlum.: 64–67.
- BONNER F. T. 1973. Storing red oak acorns. *Tree Planters's Notes*. 12–13.

- BONNER F. T., VOZZO J. A. 1987. Seed biology and technology of *Quercus*. New Orleans US Dept. of Agric. Forest Service, Southern Forest Experiment Station, General Technical Report SO-66.
- BONNET-MASIMBERT M., MULLER C., LAROPPE E. 1993. Storage of acorns: limits and recent breakthroughs. W: Internationales Symposium über Forstsaatgut. 8-11.06.1993 Munster-Uelzen. Proceedings:119-130.
- BONVICINI M. P. 1993. Presentation of the seed center „La Joux” (France). Results about storage of acorns on a large scale chemical protection during storage: interests and limits. W: Internationales Symposium über Forstsaatgut. 8-11.06. 1993 Munster/Uelzen. Proceedings: 193-209.
- BORATYŃSKI A. 1995. Podstawy systematyki dębów. W: CZOŁNIK B., MARACEWICZ H. (red.). „*Quercus* sp. – Biologia – Gospodarka – Kultura”. Ośrodek Kultury Leśnej – Muzeum Leśnictwa, Gołuchów.
- BURGER H. 1921. Über morphologische und biologische Eigenschaften der Stiel- und Traubeneiche und ihre Erziehung im Forstgarten. Mitteilungen der schweizerischen Zentralanstalt für das forstliche Versuchswesen. 11: 306-377.
- BURTH U. J., JAHN H. J., LINDNER K. 1992. Seed treatment with electrons – an alternative process for seed dressing. Proc. Int. Symp. on systemic fungicides and antifungi compounds. Schloß Reinhardsbrunn. 03.-09. 05. 92. Schriftenreihe Deut. Phytomediz. Ges. 4: 273-275.
- CASTELLANO M. A., MOLINA R. 1989. Mycorrhizae. W: LANDIS T. D., TINUS R. W., BARNETT I. P. (red.). The container nursery manual. Agric. Habdb. 674. USDA, For. Serv., Washington D.C. 5: 101-167.
- CHMIELARZ P. 1995. Cryopreservation of *Quercus robur* L. embryo axes. Proceedings of the Forest Seed Collection, Treatment and Storage Workshop. Opočno, Czech Republic, May 4-8, 1995. Forestry and Game Management Research Institute, Jíloviště-Štrnady. ss.: 51-54.
- CHMIELARZ P. 1996. Odporność mrozowa żołędzi dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) o wilgotności 42%. Sylwan 140(6): 33-41.
- CHMIELARZ P. 1997a. Frost resistance of *Quercus robur* L. acorns. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- u. Forstwirtsch. Berlin-Dahlem. 329. Behandlung und Lagerung von Forstsaatgut. Kolloquium 24 April 1996 in Braunschweig: 76-81.
- CHMIELARZ P. 1997b. Resistance of embryo axes of *Quercus robur* to -196°C (liquid nitrogen). Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch. Berlin-Dahlem, 329. Behandlung und Lagerung von Eichensaatgut. Kolloquium 24 April 1996 in Braunschweig: 82-86.
- CHMIELARZ P. 1999a. Kriokonserwacja nasion z kategorii „recalcitrant”. XI ogólnokrajowe seminarium grupy roboczej „Mrozoodporność”, 18-19 maja 1999 r. Referaty i doniesienia. Poznań: 68-74.
- CHMIELARZ P. 1999b. Somatic embryogenesis of *Quercus robur* L. and cryopreservation of somatic embryos in liquid nitrogen. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch., Berlin-Dahlem. Fortschritt bei der Lagerungstechnologie von Eichensaatgut. Braunschweig. 329: 49-59.
- CHMIELARZ P. 2000. Cryopreservation of suborthodox and recalcitrant seeds of three tree species. Cryobiology 41(4): 381.

- CROCKER R. L., MORGAN D. L., LONGNECKER M. T. 1987. Effects of microwave treatment on live oak acorns on germination and on *Curculio* sp. (*Coleoptera: Curculionidae*) larvae. *J. Econ. Entomol.* 80(4): 916–920.
- DELATOUR C. 1978. Recherche sur une méthode de lutte curative contre le *Ciboria batschiana* (Zopf) Buchwald chez le glands. *Eur. J. For. Pathology* 8(4): 193–200.
- DELATOUR C., MORELET M. 1979. La pourriture noire des glands. *Rev. For. Fr.* 31(2): 101–115.
- DELAVAN C. C. 1915. The relation of the storage of the seeds of some of the oaks and hickories to their germination. *Michigan Academy Sci. 17th Rep.*: 161–163.
- DELFS-SIEMER U. 1993. Ergebnisse zur Thermoerapie von Bucheckern und Eicheln. Internationales Symposium über Forstsaatgut. 8–11.06.1993. Munster-Uelzen.
- DENNIS R. W. G. 1956. A revision of the British *Heliotaceae* in the herbarium of the Royal Botanical Gardens, Kew, with notes on related European species. *Mycological Papers* 62: 138.
- DUPOUEY J. L. 1983. [Multivariate analysis of some morphological features of oak (*Quercus robur* and *Q. petraea*) stands in Hurepoix, France]. *Ann. Sci. Forest.* 40(3): 265–282. [FA. 0045–01933].
- Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych. 2004. Sprawozdanie roczne LIR–2 za rok 2004 – „Informacja nadleśnictwa o bazie nasiennej”.
- DZIEMIDEK T. 2001. Produkcja szkółkarska dębu szypułkowego. *Las Polski* (5): 14–15.
- EBINGER T. 1997. Erfahrungen mit einer mobilen Kleinthermotherapieanlage. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtschaft., Berlin-Dahlem. Behandlung und Lagerung von Eichensaatgut. Kolloquium am 24 April 1996 in Braunschweig.* 329: 74–75.
- EISENHUT G. 1961. Untersuchungen über die Morphologie und die Ökologie der Pollenkörner heimischer und fremdländischer Waldbäume. *Forstwiss. Forsch.* 15: 1–68.
- ENGLER A., PRANTL K. 1894. Die Natürlichen Pflanzenfamilien 3, 1. Verlag Wilhelm Engelmann, Leipzig: 1–289.
- GILLE K. 1999. Eichelthermotherapie mit Warmluft. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtschaft., Berlin-Dahlem. Fortschritte bei der Lagerungstechnologie von Eichensaatgut. Symposium 28–29.04.1998, Braunschweig.* 365: 17–22.
- GILLE K., NOVAG A. 1995. Ergebnisse der Lagerung von Eicheln nach dreimaliger Überwinterung. *Allg. Forst Ztschr.* 50(18): 962.
- GONZALES-BENITO M. E., PEREZ C. 1992. Cryopreservation of *Quercus faginea* embryonic axes. *Cryobiology* 29: 685–690.
- GUTHKE J. 1992. Langzeitlagerung von Eichensaatgut – Probleme und Möglichkeiten. *Dysertacja doktorska, Uniwersytet w Hanowerze:* 1–188.
- GUTHKE J., SPETHMANN W. 1997. Verbesserung der Lagerfähigkeit von Eicheln durch kontrollierte Abhärtung. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtschaft., Berlin-Dahlem. Behandlung und Lagerung von Eichensaatgut. Kolloquium am 24 April 1996 in Braunschweig.* 329: 97–106.
- HEGI G. 1957. *Illustrierte Flora von Mittel-Europa*, 3,1. Carl Hanser, München. 1–452.
- HOLMES G. D., BUSZEWCZ G. 1956. Longevity of acorns with several storage methods. *Rep. For. Res. For. Comm., London:* 88–94.
- HOLMES G. D., BUSZEWCZ G. 1958. The storage of temperate forest tree species. *For. Abstr.* 19(3/4): 313–322, 455–476.

- HOLMES G. D., BUSZEWICZ G. 1962. Forest tree seed: seed storage. Rep. For. Res. For. Comm., London. 18.
- HOLTEN A. 1920. Toaarig opbevaring af agern. Skovforenings Tidsskr. 5: 191–198.
- Instytut Badawczy Leśnictwa. 1996. Rejestr bazy nasiennej w Polsce. Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych. Instytut Badawczy Leśnictwa. Warszawa. 1–328.
- ISHIKAWA M. 1982. Cold hardiness of overwintering seeds with reference to developmental stage and types of resistance. Research reports of grant in aid for special project of Hokkaido University 1979–81. 99–110
- ISTA 1999. International rules for seed testing. Seed Science and Technology, Zürich. 27: 1–333.
- JONES E. W. 1958. The storage of acorns in water. Forestry 31(2): 163–166.
- KANTOROWICZ W. 2000. Half a century of seed years in major tree species of Poland. Silvae Genet. 49(6): 245–249.
- KEHR R. D., PEHL L. 1993. Fungi in seeds of deciduous trees – new aspects of seed treatment. Internationales Symposium über Forstsaatgut. 8–11.06.1993. Munster-Uelzen, Niedersachsen, 169–184.
- KLIKA J. 1923. Z biologie a ekologie hlízenek. Věda přírodní 4:145–147, 201–204.
- KOHN L. 1979. A monographic revision of the genus *Sclerotinia*. Mycotaxon 9(2): 423.
- KORSTIAN C. F. 1930. Acorn storage in the Southern United States. Forestry 28(6): 858–863.
- KOWALSKI T. 1999. *Ciboria batschiana* jako sprawca mumifikacji żołądźci. Sylwan 143(8): 57–69.
- KOZŁOWSKA C. 1970. Badania nad grzybami występującymi na owocach dębu i brzozy oraz nasionach sosny i modrzewia. Prace IBL. 386: 1–120.
- KRAHL-URBAN J. 1959. Die Eichen. Forstliche Monographie der Traubeneiche und der Stieleiche. Paul Parey.
- LOTOCKIJ I. S. 1952. Chranenie żeludej v USSR v proizvodstvennyh uslovjach. Les. Choz. 5(7): 50–52.
- ŁUKOMSKI S. 1961. Ważniejsze grzyby niszczące żołądźcie. Las Polski (1): 3–5.
- MATRAS J. (red.). 1993. Program zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew leśnych w Polsce na lata 1991–2010. DGLP, IBL, Warszawa, 1–62.
- MATTIS G. J. 1966. Chranenie żeludej i sejancev v tare iž sintetičeskogo materiala. Les. Choz. 10: 78–81.
- MATTIS G. J., HAVRONIN A. V. 1969. Opyt dlitel'nogo hranenija żeludej v tranšee so snegom. Bjul. Naučno-Issled. Inst. Agrolesomelioracii 5(57):14–18.
- MESSER H. 1960. Die Aufbewahrung und Pflege von Eicheln und Bucheln. Frankfurt am Main. 1–44.
- MININ D. D. 1951. Sběr a uskladňování semen lesních dřevin (překlad na jazyk czeski z 1952 r.) Praha.
- NATZKE E. 1999. Die Lagerung von Eicheln in einer modifizierten Atmosphäre und das Wachstum des Schwarzfäulepilzes *Ciboria batschiana* (= *Sclerotinia pseudotuberosa*). Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtschaft., Berlin-Dahlem. Fortschritte bei der Lagerungstechnologie von Eichelsaatgut. Symposium 28–29.04.1998, Braunschweig. 365: 61–67.
- OLSON D. F. Jr. 1974. *Quercus* L. – Oak. W: SCHOPMEYER C. S. (red.). Seeds of woody plants in the United States. U.S.D.A. Forest Service. Agric. Handbook 450: 492–703.

- OPPERMANN A. 1913. Overwintering af agern. Forstl. forskom. Det. forstl. forsogsv. 4: 127–134.
- PALMER S. R. 1955. A comparative experiment in the storage of acorns of *Quercus pedunculata* and *Q. sessiliflora* under water. J. Oxf. Univ. For. Soc., Ser. 4, 3: 14–25.
- PENCE V. C. 1990. Cryostorage of embryo axes of several large-seeded temperate tree species. Cryobiology 27: 212–218.
- PENCE V. C. 1992. Desiccation and the survival of *Aesculus*, *Castanea* and *Quercus* embryo axes through cryopreservation. Cryobiology 29: 391–399.
- PODGURSKIJ F. P. 1953. Sposob mnogoletnego chranenija želudej. Les. Choz. 10: 42–43.
- POULSEN K. M. 1992. Sensitivity to desiccation and low temperatures (–196°C) of embryo axes from acorns of the pedunculate oak *Quercus robur* L. Cryoletters 13: 75–82.
- PRAVDIN L. F. 1952. Chranenie želudej v ledjanych chranilščach sistemy M.M. Krylova. Les. Choz. 11: 87–90.
- PRAVDIN L. F., FILIMONOVA V. D. 1952. Vlijanie niskich temperatur na žiznesposobnost' želudej. Dokl. Akad. Nauk SSSR 85(4): 921–924.
- PROCHÁZKOVÁ Z., SIKOROVÁ A. 1999. Mycoflora associated with acorns in the Czech Republic. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtschaft., Berlin-Dahlem. Fortschritte bei der Lagerungstechnologie von Eichensaatgut. Symposium 28–29.04.1998, Braunschweig. 365: 73–80.
- ROHMEDER E. 1972. Das Saatgut in der Forstwirtschaft. Verlag Paul Parey, Hamburg – Berlin, 1–273.
- RÖDER O., KNAPPE U. 1997. Die Elektronenbehandlung, eine physikalische Alternative zur chemischen Beizung von Saatgut. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtschaft., Berlin-Dahlem. Behandlung und Lagerung von Eichensaatgut. Kolloquium 24.04.1996, Braunschweig. 329: 46–53.
- ROZWAŁKA Z. 2003. Zasady hodowli lasu obowiązujące w Państwowym Gospodarstwie Leśnym. Wyd. DGLP, Bedoń.
- RUDAWSKA M. 1993. Mikoryza. W: BIAŁOBOK S., BORATYŃSKI A., BUGAŁA W. (red.). Biologia sosny zwyczajnej. Sorus, Poznań – Kórnik, 137–182.
- RUTKOVSKIJ L., AVSIEVIČ N. 1997. [Długotwałe przechowywanie żołądźwi w regulowanej atmosferze przy obniżonych stężeniach tlenu. (niepubl. informacja z CENTRAL-LESSEM, Puszkinio), wg. Natzke 1999].
- SCHLEGEL T. K., SPETHMANN W. 1999. Induktion und Persistenz der Frosthärte bei *Quercus robur* und *Quercus petraea*-Saatgut. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtschaft., Berlin-Dahlem. Fortschritte bei der Lagerungstechnologie von Eichensaatgut. Symposium 28–29.04.1998, Braunschweig. 365: 81–103.
- SCHÖNBORN V. A. 1964. Die Aufbewahrung des Saatgutes der Waldbäume. BLV München Basel Wien, 1–158.
- SCHRÖDER T. 1997. Integriertes Verfahren zur Behandlung und Lagerung von Saatgut der Eiche. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtschaft., Berlin-Dahlem. Behandlung und Lagerung von Eichensaatgut. Kolloquium 24.04.1996, Braunschweig. 329: 33–45.
- SCHRÖDER T. 1999. Über die Eignung verschiedener physikalisch-technischer Verfahren zur phytosanitären Behandlung und zur Lagerung von Fortssaatgut unter besonderer Berücksichtigung der Stiel- und Traubeneiche. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtschaft., Berlin-Dahlem. 360: 1–241.

- SCHRÖDER T., KEHR R. 2001. Geographic variation of *Ciboria batschiana* Zopf (Buchwald) in Europe. W: Od badań do wdrożeń w zakresie fizjologii i genetyki nasion drzew leśnych. Streszczenia. Międzynarod. Konferencja Naukowo-Szkoleniowa, 26–28.09.2001, Puszczykowo.
- SCHRÖDER T., HORSTEN D. VON, KEHR R. 1999. Thermotherapie von Traubeneicheln mit Mikro wellenenergie. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtschaft., Berlin-Dahlem. Fortschritte bei der Lagerungstechnologie von Eichensaatgut. Symposium 28–29.04.1998, Braunschweig. 365: 23–38.
- SCHRÖDER T., KEHR R., NATZKE E. 1999. Frosthärteinduktion bei Eicheln durch kontinuierliche Temperatursenkung. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtschaft., Berlin-Dahlem. Fortschritte bei der Lagerungstechnologie von Eichensaatgut. Symposium 28–29.04.1998, Braunschweig. 365: 125–139.
- SCHUMANN N. 1999. Maschinelle Eichelernte unter Verwendung von Netzen. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtschaft., Berlin-Dahlem. Fortschritte bei der Lagerungstechnologie von Eichensaatgut. Symposium 28–29.04.1998, Braunschweig. 365: 11–16.
- SCHWAPPACH A. 1886. Handbuch der Forst- und Jagdgeschichte Deutschlands, 1–2.
- SKRZYPCZAK J. 1954. Spostrzeżenia nad przechowywaniem żołądzi metodą Łotockiego. Las Polski 28(10): 24.
- SOKOLOV D. V. (red.). 1955. Lesnaja fitopatologia. Goslesumizdat. Moskwa – Leningrad, 168–169.
- SPETHMANN W. 1990. Einsatzmöglichkeiten der Stecklingsvermehrung bei der Erhaltung forstlicher Genressourcen. Mittl. Bundesforschungsanst. Forst- u. Holzwirtschaft., Hamburg. 164: 145–160.
- SPETHMANN W. 1997. Optimierung der Eichen-Saatgutbehandlung bei Ernte und Lagerung. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtschaft., Berlin-Dahlem. Behandlung und Lagerung von Eichensaatgut. Kolloquium 24.04.1996, Braunschweig. 329: 87–96.
- STOCKA T. 1993. Grzyby patogeniczne na żołądziach. Głos Lasu 10: 4–8.
- STOCKA T. 1997. Atlas chorób żołądzi. 1–52. Fundacja „Rozwój SGGW”, Warszawa.
- STOCKA T. 2002. Vitavax 2000 FS – nowa zaprawa nasienna do żołądzi. Las Polski (7): 26–27.
- STRASBURGER K., NOLL F., SCHENK H., SCHIMPER A. F. W. 1960. Botanika. Wydanie 26. PWRiL, Warszawa, 1–940.
- SUSZKA B. 1979. Die Aufbewahrung der Eicheln und Bucheln. Proceedings Fédération Internationale des Semences. „Rolimpex” Warszawa, 4–5 April 1979.
- SUSZKA B. 1999. Die bisherigen polnischen Eichellagerungsversuche (fungizidfreie Kühlhauslagerung). Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtschaft., Berlin-Dahlem. Fortschritte bei der Lagerungstechnologie von Eichensaatgut. Symposium 28–29.04.1998, Braunschweig. 365: 39–48.
- SUSZKA B. 2000. Nowe technologie i techniki w nasiennictwie leśnym. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 1–269.
- SUSZKA B., KRAWIARZ K. 1971. Preparation of non stored red oak seed (*Quercus borealis* MICHX.) for germination. Arbor. Kórnickie 16: 131–155.
- SUSZKA B., MULLER C., BONNET-MASIMBERT M. 2000. Nasiona leśnych drzew liściastych – od zbioru do siewu. Wydanie drugie. INRA Éditions-Paris. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa – Poznań, 1–307.

- SUSZKA B., TYLKOWSKI T. 1980. Storage of acorns of the English oak (*Quercus robur* L.) over 1–5 winters. *Arbor. Kórnickie* 25: 199–229.
- SUSZKA B., TYLKOWSKI T. 1982. Storage of acorns of the northern red oak (*Quercus borealis* Michx. = *Q. rubra* L.) over 1–5 winters. *Arbor. Kórnickie* 26: 253–306.
- SUSZKA J. 1997. Das Vorkommen von *Ciboria batschiana* (= *Sclerotinia pseudotuberosa*) auf Eicheln der Stiel- und Traubeneiche in Polen. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtschaft., Berlin-Dahlem*. 329: 11–17.
- SUSZKA J. 1999. Kühlhauslagerung von nach der Thermotherapie fungizidbehandelten Eicheln der Stieleiche. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtschaft., Berlin-Dahlem. Fortschritte bei der Lagerungstechnologie von Eichelsaatgut. Symposium 28–29.1998, Braunschweig*. 365: 141–148.
- SUSZKA J. 2001. Przyśpieszone wschody nasion dębu szypułkowego w uprawie pojemnikowej. W: *Od badań do wdrożeń w zakresie fizjologii i genetyki nasion drzew leśnych. Streszczenia. Międzynarod. Konferencja Naukowo-Szkoleniowa. Puszczykowo, 26–28.09.2001.*
- SUSZKA J. 2002. Doskonalenie metod przechowywania i przedsewnego traktowania nasion dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) i buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.). Msc. rozprawy doktorskiej, Instytut Dendrologii PAN, Kórnik.
- SZABLA K., PABIAN R. 2003. Szkółkarstwo kontenerowe. Nowe technologie i techniki w szkółkarstwie leśnym. Centrum Informacji Lasów Państwowych. Warszawa. 1–212.
- SZCZOTKA Z. 1973. Changes in the metabolism of nucleic acids in embryo axes of Northern Red (*Quercus borealis* MICHX.) and English oak (*Q. robur* L.) during storage under controlled conditions. *Arbor. Kórnickie* 18: 171–181.
- SZCZOTKA Z. 1974. Amylotytic activity in acorns of *Quercus borealis* MICHX. during storage under controlled conditions. *Arbor. Kórnickie* 19: 129–134.
- SZCZOTKA Z. 1975. Changes in the intensity of protein synthesis in the embryo axes of Northern Red (*Quercus borealis* MICHX.) and English oak (*Q. robur* L.) acorns during storage under controlled conditions. *Arbor. Kórnickie* 20: 291–297.
- SZCZOTKA Z. 1977. Changes in the activity of indoleacetic acid and abscisic acid in the embryo axes of Northern Red (*Quercus robur* MICHX.) and English oak (*Q. robur* L.) acorns during storage under controlled conditions. *Arbor. Kórnickie* 23: 257–273.
- SZCZOTKA Z. 1978. Intensity of respiration in the embryo axes of *Quercus borealis* MICHX. and *Q. robur* L. acorns during storage and ageing under controlled conditions. *Arbor. Kórnickie* 24: 145–151.
- TYLKOWSKI T. 1976. Respiration of the northern red oak (*Quercus borealis* MICHX.) acorns. *Arbor. Kórnickie* 21: 313–322.
- TYLKOWSKI T. 1977. Cold storage of *Quercus robur* L. acorns in an atmosphere of increased content of CO₂ and a reduced O₂ level. *Arbor. Kórnickie* 22: 275–283.
- TYLKOWSKI T. 1982. Height increment of 1-year shoots of the English oak (*Quercus robur* L.) and the northern red oak (*Q. borealis* MICHX. = *Q. rubra* L.) on 4-year-old roots of seedlings raised from acorns stored after 1–5 winters. *Arbor. Kórnickie* 27: 357–365.
- TYLKOWSKI T., WRZEŚNIEWSKI W. 1986. Respiration intensity of northern red oak (*Q. rubra* L.) embryo axes during the overcoming of dormancy. *Arbor. Kórnickie* 31: 297–302.
- TYSZKIEWICZ S. 1936. Statystyka urodzaju, ocena wartości siewnej i normy wysiewu żołądzi. Instytut Badawczy Lasów Państwowych, Warszawa. Seria A. Rozprawy i Sprawozdania 18: 1–64.

- TYSZKIEWICZ S. 1949. Nasiennictwo Leśne. Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa. Ser. D, Podręczniki 2: 1–347.
- TYSZKIEWICZ S. 1964. Opracowanie metody przechowywania żołądki i bukwi dłużej niż przez jeden rok. Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Nasiennictwa i Selekcji (maszynopis), 1–88.
- UROŠEVIČ B. 1956. Výskyt černé hniloby žaludů v Československu. Lesnická Práce 35: 420–426.
- UROŠEVIČ B. 1957. Mycoflóra skladovaných žaludů. Práce VUL ČR, 13: 149–200.
- UROŠEVIČ B. 1961. Mykoflóra žaludů v období dozrávání, sběru a skladování. Práce VÚL ČR 21: 81–203.
- VIENNOT-BOURGIN G. 1949. Les champignons parasites des plants cultivées. Ed. Masson et Cie, 706–707.
- VINCENT G. 1955. Skladování žaludů. Práce vuzkumných ústavů lesnických ČSR 9: 74–107.
- VLASE I. 1982. Conservarea semințelor forestiere. Editura Ceres, București, 202–222.
- WG. 2002. We współpracy z naturą. Szkółkarstwo 2: 31–33.
- ZAJCEVA A. 1950. Zimnee chranenie semennych želuđej. Les. Choz. 3(10): 63–72.
- ZAŁĘSKI A. (red.). 1994. Leśna regionalizacja dla nasion i sadzonek w Polsce. DGLP, IBL, Warszawa, 1–127.
- ZAŁĘSKI A. (red.). 2000. Zasady i metodyka oceny nasion w Lasach Państwowych. Centrum Informacyjne Lasów, Warszawa, 1–180.
- ZAŁĘSKI A., ANIŠKO E, KANTOROWICZ W. 1996. Zasady oceny nasion w Lasach Państwowych. DGLP, IBL, Warszawa, 1–37.
- ZAŁĘSKI A., KANTOROWICZ W. 1993. Obradzanie najważniejszych gatunków drzew leśnych w latach 1957–1991. Notatnik Naukowy IBL. 21(2): 1–8.
- ZASPEL I., KESSLER K. 1997. Lagerung, Keimung und Wachstum von Nachkommen wertvoller Einzelbäume von *Quercus petraea* (MATT.) LIEBL. und *Quercus robur* L. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch., Berlin-Dahlem. Behandlung und Lagerung von Eichensaatgut. Kolloquium 24.04.1996, Braunschweig. 329: 107–114.

GENERATIVE PROPAGATION

Summary

Described are the phenomena of pollination, of the formation of fruits called acorns, the morphology of the latter and the characteristic features for the pedunculate and sessile oaks native to Poland and for the introduced from Northern America red oak. Their descriptions are accompanied by numbers concerning the moisture content and 1000 seed weight. These data are followed by informations about the dispersal of acorns and the early prognosis (forecast) of the expected crops, as well as by data about the frequency of seed years in Poland.

Discussed are the operations of acorn collection and its various methods, the transport and cleaning of acorns by flotation in water or by mechanic methods, their temporary storage, predrying (when necessary) and phytosanitary measures by thermotherapy against the fungus *Ciboria batschiana*, and treating with fungicides against mould fungi, not destroyed

by thermotherapy. Mentioned are also such newer phytosanitary methods like soft electron and microwave treatment of acorns.

Data on changes of the chemical composition of oak seeds are presented including informations about the dynamics of the growth substances, but also on the moisture content and respiration of seeds.

Discussed are various methods of storage of acorns over one or more winters in natural or seminatural conditions, differentiated in different regions of Europe in dependence on their climatic conditions. Especially stressed are conditions and results of storage of acorns at controlled moisture content and thermal conditions, especially in cold stores. In the latter storage over one or two, seldom three winters can be carried out, but only in not sealed containers making gaseous exchange with the surrounding air possible. The optimal temperature of storage (-3°C) protects the acorns from germination and does not cause frost damage.

Mentioned are investigations on frost resistance of acorns and on their hardening, the latter limited only to the first winter after harvest. Discussed is also storage of acorns surrounded by an atmosphere with controlled composition of oxygen, CO_2 and nitrogen.

Successful long-term conservation of oak seeds is possible only by cryogenic storage in liquid nitrogen of their isolated embryo-axes. However, afterwards the axes must be activated for growth and formation of seedlings by embryo-culture, here also described.

Discussed are the processes of germination of seeds, their necessary then moisture content, temperature and light conditions, as well as the dependence of germination on the position of the sown acorns on or in the sowing medium on the speed of germination and on the epicotyl emergence from between the cotyledons. Stressed is also the considerable and positive effect on these phenomena when the ends of cotyledons of the sown seeds, placed in the moist medium, are removed.

Testing of oak seeds is also taken in consideration. The preparation of samples for analysis, the purity analysis, the determination of weight of 1000 seeds and that of the moisture content of acorns are described in detail. Presented are also conditions for the determination of seed viability: the cutting test, the germination test and the seedling emergence test.

Data are given for the production of oak seedlings from acorns sown in open and in container nurseries, in the latter substrates are used, often intentionally colonized by mycelia of selected mycorrhizal fungi.

TADEUSZ TYLKOWSKI

5.2. ROZMNAŻANIE WEGETATYWNE

Rozmnażanie wegetatywne roślin jest formą rozmnażania bezpłciowego. Istotą rozmnażania wegetatywnego jest klonowanie, czyli produkcja osobników o jednakowym genotypie całej rośliny (rozmnażanie autowegetatywne) lub tylko części nadziemnej (rozmnażanie heterowegetatywne, na podkładkach). Zasadni-