

Marek BODYŁ, Olesia WITOWSKA, Andrzej ZAŁĘSKI*

**PRZYCZYNY OBNIŻONEJ ŻYWOTNOŚCI NIEKTÓRYCH
PARTII NASION SOSNY ZWYCZAJNEJ (*PINUS SYLVESTRIS* L.),
POZYSKANYCH W POLSCE ZIMĄ 2005/2006**

REASONS FOR REDUCED VIABILITY OF SOME SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.)
SEEDS LOTS HARVESTED IN POLAND IN WINTER SEASON 2005/2006

***Abstract.** In climatic conditions of Poland, Scots pine seeds are characterized in general with very high viability, defined as germination capacity and energy (over 91%). Considerable decrease of viability was observed in seeds collected in many Scots pine stands in winter season 2005/2006. It is suggested that the low germinability of these seeds resulted from unfavourable climatic conditions during prolonged cones storage before seeds extraction.*

***Key words:** Scots pine, production and quality of seeds.*

* Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych, Sękocin Stary, 05-090 Raszyn, M.Bodył@ibles.waw.pl

1. WSTĘP

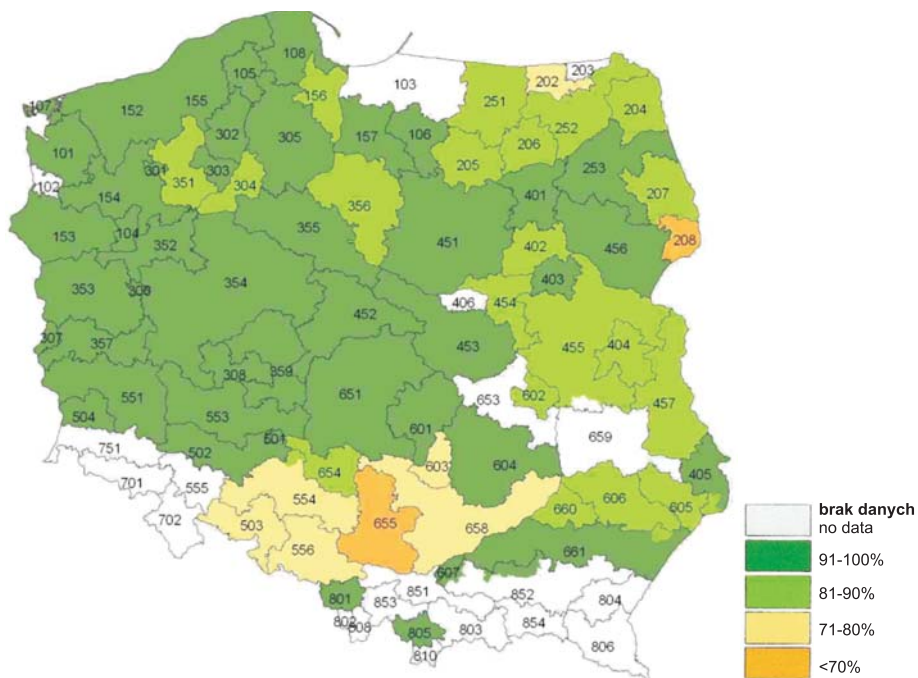
Drastyczne obniżenie żywotności nasion sosny zdarza się w Polsce dość rzadko (co kilka lub nawet kilkanaście lat), a przedostatnio miało miejsce w niektórych regionach kraju w sezonach 1986/1987 i 1997/1998. Przeprowadzone wówczas w IBL badania rentgenograficzne wykazały, że przyczyną niskiej zdolności kiełkowania nasion był niedorozwój zarodków, przejawiający się między innymi mniejszą niż zazwyczaj ich średnią grubością lub zmienioną konsystencją (Załęski i Kowalska 1988, Załęski i Gozdalik 1994, Załęski 2001).

Standardowa ocena próbek nasion* przesłanych zimą 2005/2006 do Instytutu Badawczego Leśnictwa, Zakładu Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych, wykazała, że aż w 7 wyluszczeniach w różnych regionach kraju pozyskano nasiona o żywotności III klasy i niższej (o zdolności kiełkowania mniejszej od 81%). Przyczyną obniżonej jakości nasion nie mogły być zatem błędy popełnione przy ich wyluszczeniu i oczyszczaniu. Świadczy o tym również obraz średniej zdolności kiełkowania nasion sosny w różnych regionach pochodzenia Leśnego Materiału Rozmnożeniowego (LMR) otrzymany po zakończeniu okresu pozyskiwania na skalę gospodarczą wszystkich w Polsce nasion sosny, ocenionych przez wszystkie SON (ryc. 1). Z kolei przeprowadzone przez IBL jesienią 2005 r., badania szyszek zebranych ze 100 powierzchni monitoringowych, jeszcze przed pozyskaniem gospodarczym, nie wykazały żadnych symptomów obniżonej żywotności i odporności na warunki stresowe nasion wykształconych i dojrzewających w roku 2005.

Odpowiedź na pytanie, dlaczego w zimie 2005/2006 pozyskano w Lasach Państwowych wiele partii nasion sosny o obniżonej żywotności, wymagała podjęcia przez IBL dodatkowych badań i analiz.

* Na podstawie Zarządzenia Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych nr 84 z 15.10.1999 r. w sprawie organizacji i dokonywania oceny nasion w Państwowym Gospodarstwie Leśnym Lasy Państwowe (ZG-7131-26/99) do Instytutu Badawczego Leśnictwa (IBL) powinny być przysłane próbki wszystkich świeżo pozyskanych partii nasion sosny zwyczajnej (tuż po wyluszczeniu) i świerka, w celu ich pierwszej oceny, która oprócz aspektów gospodarczych ma również charakter monitoringu biologicznego i technicznego. Zakład Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych (ZGiFDL) w IBL dysponuje odpowiednią aparaturą umożliwiającą określenie, czy przyczyną obniżonej żywotności nasion jest ich niedorozwój, stan fizjologiczny, czy też nieodpowiednie warunki traktowania w czasie procesu pozyskania. Taki system umożliwia obiektywną ocenę działalności gospodarczej kilkunastu wyluszczeni i przechowalni w Polsce oraz wykrywanie i ograniczanie błędów popełnianych w trakcie wyluszczenia i oczyszczania nasion.

Do Stacji Oceny Nasion podległych administracyjnie LP przesyłane są próbki świeżo pozyskanych nasion pozostałych gatunków oraz nasion przechowywanych.



Ryc. 1. Przeciętna w regionach pochodzenia LMR zdolność kiełkowania nasion sosny, pozyskanych zimą 2005/2006

Fig. 1. The average germination capacity of pine seeds harvested in winter season 2005/2006 in regions of forest reproductive material origin

2. CEL I ZAKRES BADAŃ

Celem badań* przeprowadzonych w Zakładzie Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych IBL było ustalenie przyczyn obniżonej zdolności i energii kiełkowania materiału siewnego sosny zwyczajnej wielu partii nasion pozyskanych zimą 2005/2006.

W zakres tych badań weszły:

– analiza czynników termiczno-wilgotnościowych, jakim poddane były nasiona w czasie pozyskania, a szczególnie warunków związanych z miejscem oraz czasem zbioru, przechowywania i łuszczenia szyszek;

* Badania zrealizowano w ramach tematu BLP-282 “Ocena nasion drzew i krzewów leśnych – monitoring obradzenia drzew i jakości materiału siewnego w Lasach Państwowych” na zlecenie DGLP

- porównanie nasion o obniżonej i wysokiej zdolności kiełkowania, pochodzących z tych samych rejonów, pod względem rozwoju zarodka oraz prabielma, stanu fizjologicznego i innych niż kiełkowanie charakterystyk żywotności;
- empiryczne sprawdzenie prawdopodobieństwa hipotezy, dotyczącej przyczyny obniżonej żywotności nasion, przyjętej na podstawie analiz wymienionych w punktach 1 i 2.

3. MATERIAŁY I METODYKA BADAŃ

Materiał badawczy poddano analizom i ocenom, stosując test przyspieszonego postarzania i zamrażanie nasion. W szczególności w skład badań weszły:

1. Ocena zdolności i energii kiełkowania świeżo pozyskanych nasion

Kiełkowanie nasion sosny prowadzone było zgodnie z metodyką oceny nasion w Lasach Państwowych, na podłożu z bibułą, w stałej temperaturze $24\pm 1^{\circ}\text{C}$, w pełnym oświetleniu na kiełkownikach Jacobsena doświetlanych przez 8 godzin w ciągu dnia (natężenie oświetlenia sztucznego w zakresie 750–1250 luksów). W celu określenia energii kiełkowania liczono procentowy udział prawidłowo skiełkowanych nasion po 7 dniach, a zdolności kiełkowania – po 14 dniach. Oceny energii i zdolności kiełkowania dokonywano dla 3 powtórzeń (3×100 nasion). Za ostateczny wynik przyjmowano średnią arytmetyczną z 3 powtórzeń (Załęski i in. 2000).

2. Rentgenowskie badania nasion nieskiełkowanych

Nieskiełkowane nasiona z próbek złej jakości (o zdolności kiełkowania poniżej 70%), po zdjęciu z kiełkownika rozkładane były w plastikowych szablonach i suszone w temperaturze $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ przez 2,5 godziny. W tym czasie martwe tkanki nasion sosny zostają pozbawione wody, natomiast nasiona żywe pozostają w stanie napęcznienia (Simak i in. 1986/1989, Załęski i in. 1991). Bielmo nasion żywych daje na kliszy rentgenowskiej obraz białej jednorodnej plamy, ściśle przylegającej do okrywy nasiennej, a zarodek jest niewidoczny lub tylko lekko zaznaczony. Natomiast obraz nasion martwych na kliszy rentgenowskiej ma różne odcienie szarości lub niejednorodnej bieli, z wyraźnie zaznaczonym zarodkiem lub pustym kanałem zarodkowym.

Nasiona sosny zdjęte z kiełkownika po zakończeniu próby kiełkowania były, po 2,5 godzinach podsuszania, prześwietlane w aparacie rentgenowskim ISB-40, z zastosowaniem następujących parametrów: napięcie prądu lampy rtg – 9 kV, natężenie – 2,5 mA i czas prześwietlania – 80 sekund. Nasiona prześwietlano z zachowaniem odrębności tych samych 3 powtórzeń, w których umieszczone były na kiełkowniku. Na podstawie różnic w obrazie nasion widocznym na kliszy

rentgenograficznej nieskiełkowane nasiona sklasyfikowano w 3 grupach: puste, żywe, martwe.

Za ostateczny wynik, czyli procentowy udział nasion w poszczególnych grupach, przyjmowano średnią arytmetyczną z 3 powtórzeń.

Rentgenograficznego badania nasion nieskiełkowanych nie prowadzono dla próbek o wysokiej zdolności kiełkowania, ponieważ na kiełkownikach, po obserwacjach, pozostawało tylko po kilka sztuk takich nasion.

3. Porównanie anatomicznego rozwoju nasion oraz określenie wymiarów zarodka i prabielma

Pomiary zarodka i prabielma wykonywano dla tej samej próbki czystych nasion, która służy do oznaczenia masy 1000 szt. i oceny żywotności. Wymiary zarodka i prabielma porównywano z wartościami standardowymi, określonymi dla Polski na podstawie wieloletnich obserwacji (Załęski i Gozdalik, 1994). Każdą setkę nasion po zważeniu umieszczano w specjalnych szablonach i prześwietlano promieniami X, w celu otrzymania obrazu zarodka i prabielma na kliszy rentgenowskiej. Zdjęcia rtg wykonano w japońskim aparacie ISB-40, z zastosowaniem napięcia – 12 kV, natężenia – 5 mA i czasu prześwietlania – 15 sekund. Simak (1980) wykazał, że tak małe dawki promieni X nie wpływają ani na obniżenie żywotności nasion, ani na powstawanie zmian cytologicznych. Dla każdej setki wybierano losowo rentgenogramy 50 nasion, na których przeprowadzano pomiar zarodka i prabielma. W sumie dokonano pomiaru 200 nasion z każdej próbki. Pomiary wykonywane były z dokładnością do 1 mm, na zdjęciach powiększonych 20-krotnie w rzutniku Pentakta 100. Dzięki temu rzeczywista dokładność pomiaru wynosiła 0,05 mm. Pomierzono długość zarodka, szerokość zarodka w $\frac{1}{2}$ jego długości, długość prabielma oraz szerokość prabielma w $\frac{1}{2}$ jego długości.

4. Określanie współczynnika wypływu elektrolitu z nasion (metoda konduktometryczna)

W wybranych próbkach sosny zwyczajnej ze zbioru 2005/2006, które odznaczały się wyjątkowo niską zdolnością oraz energią kiełkowania (poniżej III klasy) przeprowadzono oznaczenie współczynnika wypływu elektrolitu. Jako kontrolne służyły próbki sosny z tegoż rocznika o zdolności kiełkowania powyżej 90% (I klasa).

Za pomocą metody konduktometrycznej można pośrednio oznaczyć poziom uszkodzenia błon komórkowych. Przy uszkodzeniu błony komórkowej następuje niekontrolowany wyciek jonów, co zwiększa przewodność elektryczną roztworu. Zwiększona przewodność elektryczna roztworu świadczy o stopniu uszkodzenia błon komórkowych i o utracie żywotności nasion.

Badania przeprowadzono według zmodyfikowanej metodyki Leinonen (1998). Za miarę uszkodzeń błon komórkowych przyjęto współczynnik wypływu elektrolitu z nasion, który określono wyrażeniem procentowym (P) według wzoru:

$$P = \frac{P_1}{P_2} \times 100\%$$

gdzie:

P_1 – przewodność roztworu wodnego po 24 godzinach moczenia nasion, wyrażona w mikrosiemensach [$\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$],

P_2 – przewodność roztworu wodnego po homogenizacji nasion [$\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$].

Próbki cząstkowe nasion płukano dwukrotnie w 150 ml wody dejonizowanej, po czym zalewano ponownie 150 ml wody dejonizowanej, przykrywano „Parafilmem”, umożliwiającym wymianę gazową, i umieszczano w termostacie w temperaturze $24 \pm 1^\circ\text{C}$. Po 24 godzinach inkubacji dokonywano pomiaru przewodności roztworu P_1 za pomocą standardowego konduktometru laboratoryjnego, z dokładnością do $0,1 \mu\text{S}$. Następnie dokonywano całkowitej destrukcji błon komórkowych w nasionach, rozdrabniając je w zlewkach przez 1–2 minuty homogenizatorem ULTRA-TURRAX T25 i ogrzewając w kuchence mikrofalowej przez 5 min. Po ostudzeniu próbek do temperatury otoczenia i uzupełnieniu roztworu wodą dejonizowaną do objętości 150 ml, dokonywano powtórnego pomiaru przewodności roztworu (P_2). Badania przewodności przeprowadzano w 3 powtórzeniach, ustalając dla każdej próbki nasion przeciętny współczynnik wpływu elektrolitu, jako średnią arytmetyczną z pomiaru 3 próbek cząstkowych. Wielkość próbki cząstkowej wynosiła 1 g.

5. Porównanie kiełkowania nasion po teście przyspieszonego postarzenia

Równoległe z nasionami niepostarzonymi wysiano również nasiona poddane testowi przyspieszonego postarzenia, opracowanemu przez Machanička (1981) w Czechach. Polega on na przetrzymywaniu nasion przed wysiewem przez 95 godzin w temperaturze podwyższonej do $40\text{--}41^\circ\text{C}$ i w warunkach zwiększonej wilgotności powietrza do 90–100%. Obserwacje energii i zdolności kiełkowania nasion poddanych testowi przyspieszonego postarzenia przeprowadzono po 7 i 14 dniach.

6. Badanie zawartości hormonów wzrostu metodą HPLC

Ekstrakcje i oznaczenie auksyny (IAA) oraz kwasu abscysynowego (ABA) przeprowadzono według zmodyfikowanej metodyki Sweetera i Vatvarsa (1976). Homogenizacji poddawano 10 gramów nasion sosny i sporządzono z nich zawiesinę w 100 ml 80% metanolu, przetrzymując ją przez 18 godzin w temperaturze $+3^\circ\text{C}$. Zawiesinę po przesączeniu przez bibułę filtracyjną odwirowano, a supernatant odparowano na wyparce obrotowej, pozostawiając frakcję wodną. Frakcję tę doprowadzano do pH 8,0 i ekstrahowano dwukrotnie eterem etylowym. Pozostałą po ekstrakcji frakcję wodną zakwaszono do pH 2,8 i ekstrahowano trzykrotnie eterem etylowym. Frakcje eterowe łączono ze sobą i odparowywano. Osad rozpuszczano w 3 ml metanolu i wykorzystywano do oznaczania wolnego IAA oraz ABA za pomocą chromatografii cieczowej.

Z pozostałej frakcji wodnej odparowywano resztki eteru, doprowadzano do pH 11,0 i umieszczano na 1 godzinę w łaźni wodnej w temperaturze 60°C. Zhydrolizowaną wodną frakcję zakwaszono do pH 2,8 i ekstrahowano trzykrotnie eterem etylowym. Frakcje etylowe łączono ze sobą i odparowywano do sucha. Osad rozpuszczano w 3 ml metanolu i wykorzystywano do oznaczania związanego IAA oraz ABA w badanych próbkach.

Analizę chromatograficzną (HPLC) przeprowadzono stosując wysokosprawny chromatograf cieczowy firmy WATERS. Rozdział przeprowadzono na kolumnie Nova-Pak C18 (8NVC184) w gradiencie stężenia wodnego roztworu metanolu w zakresie od 25 do 100% z dodatkiem 0,5% kwasu octowego. Szybkość przepływu wynosiła 1 ml/min. Oznaczenie IAA oraz ABA dokonywano za pomocą detektora UV-VIS (abs. 254 nm) oraz fluorescencyjnego (exc. 280 nm, em. 370 nm), stosując zewnętrzne standardy: kwas indolo-3-octowy (IAA) oraz cis,trans-kwas absycsynowy (ABA) firmy SIGMA.

7. Analiza czynników związanych z czasem i miejscem zbioru, przechowywania oraz luszczenia szyszek

W ramach oceny świeżo pozyskanych nasion sosny zwyczajnej ustalana jest czystość plonu, masa 1000 nasion oraz energia i zdolność kiełkowania. Próbki nasion do oceny pobierane są z jednorodnych partii wyjściowych materiału siewnego, pozyskanego w jednej bazie rozmnożeniowej i w tym samym czasie. Opis nasion przesłanych do oceny zawiera m.in. informację o pochodzeniu partii nasion, miejscu wyłuszczenia, terminie zbioru szyszek oraz terminie wyłuszczenia nasion (z dokładnością do miesiąca). Na podstawie raportu obrazującego wyniki pierwszych ocen nasion sosny, przeprowadzonych w Zakładzie Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych IBL, zestawiono liczebności i procentowy udział próbek nasion sosny w poszczególnych klasach żywotności w rozbiciu na 11 regionalnych dystryktów LP oraz na 9 wyłuszczeniach. Ze względu na to, że gwałtowny spadek temperatury powietrza nastąpił w trzeciej dekadzie stycznia 2006 r., w zestawieniach tych osobno pogrupowano próbki nasion, które reprezentowały zapasy szyszek pozyskanych przed i po 01.02.2006 r. oraz zapasy nasion wyłuszczone przed i po 01.02.2006 r.

8. Porównanie zdolności kiełkowania nasion sosny, pozyskanych w IBL z szyszek o różnej wilgotności, zmrożonych i niemrożonych przed lusczeniem

Jesienią 2006 r. przeprowadzono doświadczenie symulujące warunki pogodowe, jakie wystąpiły na początku roku. Część wilgotnych szyszek z pięciu największych próbek świeżo pozyskanych w ramach badań monitoringowych, umieszczono przed lusczeniem na okres dwóch tygodni w chłodniach o temperaturze -15°C, -20°C oraz -25°C. Następnie nasiona wyłuszczone i określono ich żywotność. Porównano je z żywotnością próbek kontrolnych – niemrożonych przed lusczeniem.

9. Statystyczne opracowanie wyników

Obliczenia statystyczne wykonano z zastosowaniem programu komputerowego „Statistica”. Transformacji wartości procentowych (%) dokonano za pomocą wzoru:

$$y = \arcsin \sqrt{\%}$$

Za pomocą testu T badano istotność różnic pomiędzy nasionami złej i dobrej jakości pozyskanymi w różnych wyłuszczeniach, pod względem masy 1000 nasion, długości i szerokości prabielma i zarodka, współczynnika wpływu elektrolitu, zawartości fitohormonów (IAA, ABA).

4. WYNIKI BADAŃ I Dyskusja

Przeprowadzona w 2006 r. pierwsza ocena po wyłuszczeniu wykazała między innymi, że w zimie 2005/2006 pozyskano na terenie całego kraju wiele zapasów nasion sosny o obniżonej zdolności i energii kiełkowania. Na 575 próbek przysłanych do IBL, aż 23 (4%) miało żywotność na poziomie poniżej III klasy, 34 (6%) – III klasy, a 114 (20%) – II klasy (tab. 1). ZGiFDL nie dysponuje całym materiałem doświadczalnym i ma ograniczone możliwości w badaniu zmian jakościowych nasion, ponieważ nie wszystkie wyłuszczenie przestrzegają zarządzenia Dyrektora Generalnego LP i często wysyłają próbki świeżo pozyskanych nasion sosny do innych Stacji Oceny Nasion (SON). Według zestawienia wszystkich wyników oceny w całym kraju, wykonanego na koniec 2006 r., udział zapasów nasion sosny I klasy żywotności wynosił tylko 65,5%, II klasy – 18,8%, III klasy – 7,7%, a nasion o żywotności poniżej III klasy – aż 8,8%. Porównanie z okresem poprzednich siedmiu lat wykazuje, że wśród świeżo pozyskanych partii materiału siewnego sosny, w dużo większym stopniu dominowały wówczas nasiona I klasy żywotności (80–97%), a udział nasion o żywotności na poziomie III klasy i niższej był znikomy (0,1–1,6%).

W momencie, w którym przekonano się o dużej skali zjawiska obniżonej żywotności, większość szyszek w kraju została już wyłuszczone i za późno było na przeprowadzenie w ZGiFDL kontrolnego łuszczenia szyszek magazynowanych w wyłuszczeniach. Istotne jest to, że początek kampanii wyłuszczeniowej nie zapowiadał anomalii, a obniżoną jakość zaobserwowano dopiero w przypadku nasion pozyskiwanych w drugiej połowie zimy i na wiosnę. Udało się dokonać kontrolnego łuszczenia tylko jednej próbki pobranej z szyszek magazynowanych przez wyłuszczenię w Lasowicach Małych (Nadleśnictwo Kluczbork), a zebranych w Nadleśnictwie Rudziniec. Nasiona pozyskane „delikatną metodą” w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych przy zastosowaniu niskich temperatur (do 35°C), tak jak pozyskane gospodarczo przez wyłuszczenię Lasowice Małe, miały niską zdolność (39%) i energię kiełkowania (36%). Potwierdziło to tezę, iż

Tabela 1. Zestawienie liczebności i udziału procentowego próbek nasion sosny o różnej żywotności, pozyskanych z szyszek zebranych w 11 rdLP

Table 1. The number and percentage share of Scots pine seeds samples with different viability harvested from cones collected in 11 (RDLP)

RDLP Regional Directorates of the State Forests	Termin zbioru The date of collection	Udział nasion w klasach jakości: procentowy udział (liczba próbek) The seeds in quality classes: percentage share (number of samples)			
		I	II	III	<III
Białystok	przed* 01.02.06	63,8 (30)	12,8 (6)	8,5 (4)	14,9 (7)
	po** 01.02.06	22,9 (11)	58,3 (28)	18,8 (9)	0,0
Gdańsk	przed 01.02.06	76,5 (13)	23,5 (4)	0,0	0,0
	po 01.02.06	73,3 (22)	16,7 (5)	10, (3)	0,0
Katowice	przed 01.02.06	50 (9)	22,2 (4)	11,1 (2)	16,7 (3)
	po 01.02.06	15,4 (2)	23,1 (3)	15,4 (2)	46,1 (6)
Piła	przed 01.02.06	80 (16)	0,0	10 (2)	10 (2)
	po 01.02.06	77,8 (14)	22,2 (4)	0,0	0,0
Poznań	przed 01.02.06	91,7 (22)	8,3 (2)	0,0	0,0
	po 01.02.06	54,5 (6)	45,5 (5)	0,0	0,0
Radom	przed 01.02.06	87 (20)	8,7 (2)	4,3 (1)	0,0
	po 01.02.06	50 (6)	8,3 (1)	25 (3)	16,7 (2)
Szczecin	przed 01.02.06	100 (27)	0,0	0,0	0,0
	po 01.02.06	100 (3)	0,0	0,0	0,0
Szczecinek	przed 01.02.06	100 (39)	0,0	0,0	0,0
	po 01.02.06	86,1 (68)	8,9 (7)	3,8 (3)	1,2 (1)
Toruń	przed 01.02.06	79,2 (38)	18,7 (9)	0,0	2,1 (1)
	po 01.02.06	60 (33)	30,9 (17)	7,3 (4)	1,8 (1)
Warszawa	przed 01.02.06	44,5 (4)	44,4 (4)	11,1 (1)	0,0
	po 01.02.06	40 (6)	60 (9)	0,0	0,0
Wrocław	przed 01.02.06	100 (4)	0,0	0,0	0,0
	po 01.02.06	70 (7)	30 (3)	0,0	0,0
Średnia dla kraju Mean for Poland	przed 01.02.07	80,4 (225)	11,4 (32)	3,6 (10)	4,6 (13)
	po 01.02.07	60,7 (179)	27,8 (82)	8,1 (24)	3,4 (10)

* przed – before, ** po – after

przyczyną obniżonej żywotności materiału siewnego nie mogły być błędy związane z procesem gospodarczego łuszczenia szyszek i oczyszczania nasion. Brak materiału badawczego w postaci szyszek spowodował jednak, że w dodatkowych badaniach podjętych w połowie 2006 r. ograniczono się tylko do analizy próbek nasion pozyskanych na cele gospodarcze i przysyłanych w niepełnej liczbie do oceny w IBL. Uszczupliło to znacznie materiał dowodowy i utrudniło wnioskowanie.

Jak wynika z zestawienia przedstawionego w tabeli 1, nasiona pozyskiwane z szyszek zebranych na początku zimy charakteryzowały się w większości rdLP na

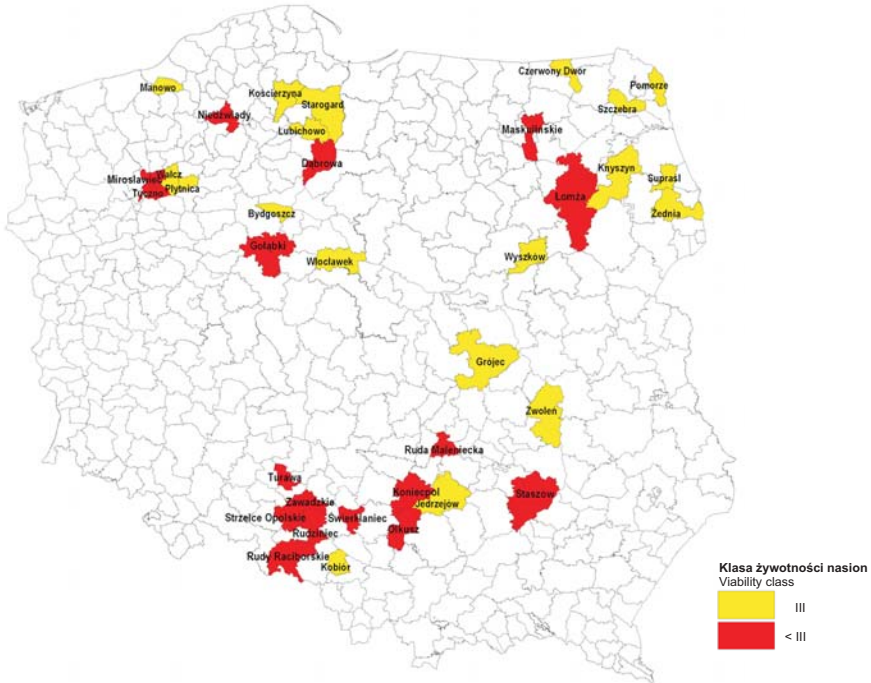
Tabela 2. Zestawienie liczebności i procentowego udziału próbek nasion sosny o różnej żywotności, pozyskanych w 9 wyluszczeniach

Table 2. The number and percentage share of Scots pine seeds samples with different viability harvested in 9 seed extraction plants

Wyluszczenia Extraction plant	Termin luzczenia The date of extraction	Udział nasion w klasach jakości: procentowy udział (liczba próbek) The seeds in quality classes: percentage share (number of samples)			
		I	II	III	<III
Białogard	przed* 01.02.06	100 (23)	0,0	0,0	0,0
	po** 01.02.06	94,9 (74)	3,8 (3)	1,3 (1)	0,0
Czarna Białostocka	przed 01.02.06	100 (16)	0,0	0,0	0,0
	po 01.02.06	37,3 (19)	49 (25)	13,7 (7)	0,0
Dębno	przed 01.02.06	100 (8)	0,0	0,0	0,0
	po 01.02.06	94,4 (17)	5,6 (1)	0,0	0,0
Jarocin	przed 01.02.06	100 (11)	0,0	0,0	0,0
	po 01.02.06	100 (19)	0,0	0,0	0,0
Kłosnowo	przed 01.02.06	92,8 (26)	0,0	3,6 (1)	3,6 (1)
	po 01.02.06	–	–	–	–
Lasowice Małe	przed 01.02.06	88,9 (8)	11,1 (1)	0,0	0,0
	po 01.02.06	38,5 (15)	23,1 (10)	17,9 (7)	20,5 (8)
Łochów	przed 01.02.06	–	–	–	–
	po 01.02.06	50 (6)	41,7 (5)	8,3 (1)	0,0
Ruciane	przed 01.02.06	–	–	–	–
	po 01.02.06	21,4 (6)	35,7 (10)	17,9 (5)	25 (7)
Wirty	przed 01.02.06	–	–	–	–
	po 01.02.06	64,3 (9)	21,4 (3)	14,3 (2)	0,0

* przed – before, ** po – after

ogół lepszą żywotnością niż wyluszczone z szyszek zebranych po 31 stycznia 2006 r. Przejawiło się to przede wszystkim większym udziałem próbek nasion o żywotności I klasy. Pomiedzy wymienionymi dwoma terminami zbioru najmniejsze różnice w udziale próbek nasion I klasy wystąpiły w północno-zachodniej części kraju (rdLP Szczecin, Szczecinek, Piła i Gdańsk), a największe – w rdLP Białystok, Katowice i Radom. Natomiast zależność pomiędzy zwiększonym udziałem próbek nasion o żywotności poniżej III klasy a terminem zbioru szyszek była niejednoznaczna. Zależność taka wyraźnie wystąpiła tylko na terenie rdLP Katowice i Radom, z których szyszki łuszczone były w jednej wyluszczeni – Lasowice Małe (RDLP Katowice). Natomiast w rdLP Białystok i Piła miało miejsce zjawisko odwrotne – większy udział próbek nasion o żywotności poniżej III klasy miał miejsce wśród szyszek zbieranych przed 1 lutym (por. też ryc. 2).



Rys. 2. Rozmieszczenie nadleśnictw, w których wystąpiły zapasy nasion sosny o obniżonej żywotności, ocenionych w IBL w 2006 r.

Fig. 2. Distribution of Forest Districts with stocks of pine seeds with reduced viability, assessed at the IBL in 2006

Znacznie większy wpływ na żywotność nasion od terminu zbioru szyszek miał termin ich łuszczenia (tab. 2). Ważny zatem mógł być również sposób magazynowania szyszek przed wyłuszczeniem. W większości wyłuszczeni, poza Jarocinem (RDLP Poznań), nasiona o obniżonej żywotności pozyskiwano przede wszystkim dopiero w drugiej połowie zimy. Spośród 9 porównywanych w tabeli 2 wyłuszczeni, tylko wyłuszczeni w Jarocinie ma klimatyzowany magazyn szyszek. W magazynach pozostałych wyłuszczeni, które mają przewiewne (ażurowe) ściany, panują warunki zbliżone do atmosferycznych. Najmniejsze obniżenie żywotności nasion obserwowano w wyłuszczeniach z północno-zachodnich regionów kraju (Białogard – RDLP Szczecinek, Dębno – RDLP Szczecin), a największe – w Lasowicach Małych (RDLP Katowice) i Rucianem (RDLP Białystok).

Badania rentgenowskie nieskiełkowanych nasion zdjętych po 14 dniach z kiełkownika wykazały, że przyczyną słabego kiełkowania 15 wybranych losowo próbek o obniżonej żywotności był duży udział (około 35%) nasion martwych (tab. 3). Udział nasion pustych i dających na kliszy rentgenowskiej obraz odpowiadający nasionom żywym (napęczniałym) był znikomy (około 4%). Jedynie w próbce z Olkusza, o wyjątkowo słabej zdolności kiełkowania (40%), nie skiełkowało dodatkowo 20% nasion o radiogramie charakterystycznym dla nasion żywych.

Tabela 3. Charakterystyka nasion o żywotności poniżej III klasy

Table 3. Characteristics of seeds with viability lower than the III class

Pochodzenie nasion Seeds origin		Kielkowanie Germination (%)			Badanie rtg nasion nieskielkowanych – udział (%) RTG examination of non-germinated seeds – share (%)			Współczynnik wylupwu Electrolyte leakage coefficient (%)		Masa 1000 szt. nasion Mass of 1000 seeds (g)		Wymiary Dimensions (mm)		
Nr próbki No of sample	wyluszczenia (Nadleśnictwo) extraction plant (Forest District)	energia energy	zdolność capacity	obniżenie zdolności po teście postarzenia decrease of capacity after accelerated aging test	pustych empty	żywych live	martwych dead	elektrolitu coefficient (%)	Masa 1000 szt. nasion Mass of 1000 seeds (g)	długość length		szerokość width		
										zarodka embryo	prabliama megagamete	zarodka embryo	prabliama megagamete	
602	Kłosnowo	57	58	2	1	2	39	12,6	6,663	3,17	3,64	0,48	1,95	
646	Lasowice Małe	66	68	8	1	0	31	16,2	6,867	3,27	3,74	0,52	1,97	
679	Kłosnowo	64	65	1	0	2	33	12,8	6,650	3,20	3,67	0,47	1,97	
697	Olkusz	31	40	0	1	20	39	11,7	6,687	3,18	3,64	0,53	1,95	
751	Ruciane	66	69	16	1	1	29	16,9	6,277	3,15	3,65	0,51	1,95	
753	Ruciane	63	64	11	3	1	32	13,2	6,320	3,26	3,77	0,55	2,02	
754	Ruciane	61	65	17	3	1	31	13,4	6,180	3,24	3,70	0,50	1,93	
759	Ruciane	62	63	8	1	1	35	20,8	7,300	3,39	3,87	0,52	2,10	
760	Ruciane	60	61	9	1	1	37	15,2	7,090	3,37	3,80	0,50	2,07	
761	Ruciane	60	63	11	1	1	35	15,0	7,190	3,29	3,73	0,50	2,03	
762	Ruciane	63	66	12	1	0	33	18,2	7,040	3,38	3,81	0,51	2,04	
766	Lasowice Małe	66	68	2	2	3	27	13,8	6,580	3,25	3,71	0,52	1,94	
769	Lasowice Małe	34	38	1	1	3	58	19,0	6,740	3,21	3,68	0,54	2,00	
803	Świerczyna	64	65	0	0	0	35	13,0	7,330	3,35	3,87	0,54	2,11	
837	Lasowice Małe	64	66	11	0	2	32	17,1	6,810	3,18	3,70	0,53	1,99	
Średnie Means		59	61	7	1	2,5	35	15,3	6,782	3,26	3,73	0,52	2,0	

Tabela 4. Charakterystyka nasion I klasy żywotności
 Table 4. Characteristic of seeds classified in the I class of viability

Pochodzenie nasion Seeds origin		Kielkowanie Germination (%)			Wsółczynnik wypływu elektrolitu (%) Electrolyte leakage coefficient (%)	Masa 1000 szt. nasion (g) Mass of 1000 seeds	Wymiary Dimensions (mm)			
Nr próbki No of sample	wyłuszczenia (Nadlesnictwo) extraction plant (Forest District)	energia energy	zdolność capacity	obniżenie zdolności po teście postarzenia decrease of capacity after accelerated aging test			zaroodka embryo	prabielma megagma	dlugość length	zaroodka embryo
580	Wirty	98	99	8	7,5	6,183	3,17	3,66	0,49	1,93
581	Wirty	94	94	8	8,2	6,897	3,25	3,73	0,50	1,98
582	Kłosnowo	99	99	2	5,7	6,680	3,14	3,59	0,48	1,95
628	Kłosnowo	98	98	18	8,1	6,360	3,16	3,55	0,46	1,94
682	Kłosnowo	96	96	40	7,7	7,037	3,13	3,59	0,50	1,97
755	Ruciane	94	95	16	9,5	6,733	3,34	3,82	0,52	1,97
768	Lasowice Małe	97	97	2	7,1	6,300	3,19	3,70	0,53	2,00
838	Lasowice Małe	92	92	7	6,1	6,810	3,18	3,67	0,53	1,97
887	Czarna Białostocka	99	99	2	6,3	6,740	3,19	3,70	0,52	1,95
923	Lasowice Małe	96	97	22	6,1	6,510	3,14	3,61	0,51	1,96
924	Lasowice Małe	94	94	7	6,7	6,600	3,15	3,63	0,51	1,96
994	Świerczyna	84	90	–	5,9	6,457	–	–	–	–
995	Świerczyna	92	93	19	7,3	6,263	3,02	3,53	0,46	1,87
997	Świerczyna	96	97	–	7,3	6,947	–	–	–	–
1204	Lasowice Małe	97	97	3	6,3	6,650	3,08	3,55	0,51	1,94
Średnie Means		95	96	12	7,05	6,611	3,16	3,64	0,50	1,95

Badanie przewodności wodnego roztworu nasion metodą konduktometryczną potwierdziło wyniki rentgenograficznego badania nasion nieskiełkowanych (tab. 3 i 4). Zwiększony współczynnik wypływu elektrolitu w próbkach o obniżonej zdolności kiełkowania świadczy o zwiększonym udziale nasion o martwych tkankach.

Próbki nasion o obniżonej zdolności kiełkowania okazały się z kolei bardziej odporne na stresowe warunki testu przyspieszonego postarzania. Spadek zdolności kiełkowania po tym teście w próbkach nasion źle kiełkujących był bowiem prawie dwukrotnie mniejszy niż w próbkach dobrze kiełkujących (tab. 3 i 4). Prawdopodobnie, w próbkach reprezentujących źle kiełkujące zapasy, najwrażliwsze nasiona zostały zabite na wcześniejszym etapie, jeszcze przed poddaniem ich kiełkowaniu i testowi przyspieszonego postarzania.

Przyczyną złego kiełkowania niektórych próbek nie były natomiast różnice w masie nasion oraz w rozwoju zarodka i prabielma (tabela 3 i 4). Zarówno nasiona o wysokiej, jak i niskiej zdolności kiełkowania miały w pełni rozwinięte prabielmo i zarodek, odpowiadające IV (najwyższemu) stopniowi wg klasyfikacji szwedzkiej (Simak 1980). Z porównania pomiarów wynika ponadto, że nasiona o obniżonej zdolności kiełkowania miały nawet istotnie dłuższe i szersze zarodki oraz prabielmo niż nasiona I klasy żywotności. Istotność tych różnic została udowodniona statystycznie (tab. 5). Pomimo tych różnic, wszystkie wymiary zarodków i prabielma mieściły się w granicach standardów krajowych dla nasion I klasy żywotności, ustalonych na podstawie wieloletnich obserwacji (Załęski i Gozdalik 1994).

Opisane powyżej obserwacje występowania nasion o obniżonej zdolności kiełkowania w czasie i przestrzeni, oraz wyniki porównawczych badań różnych aspektów ich żywotności, skłaniają do przyjęcia hipotezy, że przyczyną obniżonej żywotności niektórych partii materiału siewnego pozyskanych zimą 2005/2006 mogły być specyficzne warunki atmosferyczne. Pierwsza połowa zimy była bardzo łagodna, charakteryzowała się wysokimi (dodatnimi) temperaturami dobowymi a zarazem bardzo dużą wilgotnością powietrza (dość obfite opady deszczu i mokrego śniegu). Dopiero w trzeciej dekadzie stycznia 2006 r. temperatura spadła gwałtownie do poziomu poniżej -20°C , a w niektórych regionach kraju nawet do -30°C . Przy tak gwałtownym spadku temperatury, niektóre nasiona w wilgotnych jeszcze szyszkach mogły ulec uszkodzeniu. Uszkodzenie nasion mogło nastąpić zarówno w szyszkach wiszących na drzewach, jak i przechowywanych w przewiewnych magazynach o ażurowych ścianach.

Jedną z głównych przyczyn obniżonej żywotności nasion mogą być uszkodzenia strukturalno-funkcjonalne: błon komórkowych, białek i układu enzymatycznego oraz aparatu genetycznego.

Przeprowadzone badania wykazały, iż w próbkach nasion sosny o obniżonej żywotności współczynnik wypływu elektrolitu był 2,3 razy większy niż w próbkach kontrolnych (I klasa żywotności), co może świadczyć o znacznym lub całkowitym zniszczeniu błon komórkowych (tab. 3 i 4). Istotność różnicy została udowodniona statystycznie (tab. 5).

Tabela 5. Analiza statystyczna wyników (test T)

Table 5. Statistical analysis of the results (T test)

Badane czynniki Studied factors	Klasa nasion Seeds' class	Średnia Mean	Odchylenie standardowe Standard deviation	Różnica Difference	<i>p</i>																																																												
Długość prabiela, mm Megagametophyte lenght, mm	I	3,455 *	0,284595 *	-0,287773 *	0,000000 *																																																												
	<III	3,743 *	0,366650 *			Szerokość prabiela, mm Megagametophyte width, mm	I	1,9360 *	0,165305 *	-0,048035 *	0,000002 *	<III	1,9841 *	0,106773 *	Długość zarodka, mm Embryo lenght, mm	I	2,975546 *	0,304448 *	0,324891 *	0,000000 *	<III	3,300437 *	0,314140 *	Szerokość zarodka, mm Embryo width, mm	I	0,478384 *	0,061790 *	0,008734 *	0,000315 *	<III	0,487118 *	0,068007 *	Masa 1000 szt. nasion, g Mass of 1000 seeds, g	I	6,611133	0,260717	-0,170467	0,110288	<III	6,781600	0,360414	Współczynnik wypływu elektrolitu po przekształceniu Electrolyte leakage coefficient	I	15,36525 *	1,153263 *	7,55946 *	0,00000 *	<III	22,92471 *	2,113322 *	Zawartość IAA, ng g⁻¹ św. m. IAA content, ng g ⁻¹ of fresh mass	I	445,8 *	120,554 *	319,4 *	0,013753 *	<III	126,4 *	54,674 *	Zawartość ABA, ng g⁻¹ św. m. ABA content, ng g ⁻¹ of fresh mass	I	18,66 *	6,275588 *	16,380000 *	0,002706 *
Szerokość prabiela, mm Megagametophyte width, mm	I	1,9360 *	0,165305 *	-0,048035 *	0,000002 *																																																												
	<III	1,9841 *	0,106773 *			Długość zarodka, mm Embryo lenght, mm	I	2,975546 *	0,304448 *	0,324891 *	0,000000 *	<III	3,300437 *	0,314140 *	Szerokość zarodka, mm Embryo width, mm	I	0,478384 *	0,061790 *	0,008734 *	0,000315 *	<III	0,487118 *	0,068007 *	Masa 1000 szt. nasion, g Mass of 1000 seeds, g	I	6,611133	0,260717	-0,170467	0,110288	<III	6,781600	0,360414	Współczynnik wypływu elektrolitu po przekształceniu Electrolyte leakage coefficient	I	15,36525 *	1,153263 *	7,55946 *	0,00000 *	<III	22,92471 *	2,113322 *	Zawartość IAA, ng g⁻¹ św. m. IAA content, ng g ⁻¹ of fresh mass	I	445,8 *	120,554 *	319,4 *	0,013753 *	<III	126,4 *	54,674 *	Zawartość ABA, ng g⁻¹ św. m. ABA content, ng g ⁻¹ of fresh mass	I	18,66 *	6,275588 *	16,380000 *	0,002706 *	<III	2,28 *	1,914941 *						
Długość zarodka, mm Embryo lenght, mm	I	2,975546 *	0,304448 *	0,324891 *	0,000000 *																																																												
	<III	3,300437 *	0,314140 *			Szerokość zarodka, mm Embryo width, mm	I	0,478384 *	0,061790 *	0,008734 *	0,000315 *	<III	0,487118 *	0,068007 *	Masa 1000 szt. nasion, g Mass of 1000 seeds, g	I	6,611133	0,260717	-0,170467	0,110288	<III	6,781600	0,360414	Współczynnik wypływu elektrolitu po przekształceniu Electrolyte leakage coefficient	I	15,36525 *	1,153263 *	7,55946 *	0,00000 *	<III	22,92471 *	2,113322 *	Zawartość IAA, ng g⁻¹ św. m. IAA content, ng g ⁻¹ of fresh mass	I	445,8 *	120,554 *	319,4 *	0,013753 *	<III	126,4 *	54,674 *	Zawartość ABA, ng g⁻¹ św. m. ABA content, ng g ⁻¹ of fresh mass	I	18,66 *	6,275588 *	16,380000 *	0,002706 *	<III	2,28 *	1,914941 *															
Szerokość zarodka, mm Embryo width, mm	I	0,478384 *	0,061790 *	0,008734 *	0,000315 *																																																												
	<III	0,487118 *	0,068007 *			Masa 1000 szt. nasion, g Mass of 1000 seeds, g	I	6,611133	0,260717	-0,170467	0,110288	<III	6,781600	0,360414	Współczynnik wypływu elektrolitu po przekształceniu Electrolyte leakage coefficient	I	15,36525 *	1,153263 *	7,55946 *	0,00000 *	<III	22,92471 *	2,113322 *	Zawartość IAA, ng g⁻¹ św. m. IAA content, ng g ⁻¹ of fresh mass	I	445,8 *	120,554 *	319,4 *	0,013753 *	<III	126,4 *	54,674 *	Zawartość ABA, ng g⁻¹ św. m. ABA content, ng g ⁻¹ of fresh mass	I	18,66 *	6,275588 *	16,380000 *	0,002706 *	<III	2,28 *	1,914941 *																								
Masa 1000 szt. nasion, g Mass of 1000 seeds, g	I	6,611133	0,260717	-0,170467	0,110288																																																												
	<III	6,781600	0,360414			Współczynnik wypływu elektrolitu po przekształceniu Electrolyte leakage coefficient	I	15,36525 *	1,153263 *	7,55946 *	0,00000 *	<III	22,92471 *	2,113322 *	Zawartość IAA, ng g⁻¹ św. m. IAA content, ng g ⁻¹ of fresh mass	I	445,8 *	120,554 *	319,4 *	0,013753 *	<III	126,4 *	54,674 *	Zawartość ABA, ng g⁻¹ św. m. ABA content, ng g ⁻¹ of fresh mass	I	18,66 *	6,275588 *	16,380000 *	0,002706 *	<III	2,28 *	1,914941 *																																	
Współczynnik wypływu elektrolitu po przekształceniu Electrolyte leakage coefficient	I	15,36525 *	1,153263 *	7,55946 *	0,00000 *																																																												
	<III	22,92471 *	2,113322 *			Zawartość IAA, ng g⁻¹ św. m. IAA content, ng g ⁻¹ of fresh mass	I	445,8 *	120,554 *	319,4 *	0,013753 *	<III	126,4 *	54,674 *	Zawartość ABA, ng g⁻¹ św. m. ABA content, ng g ⁻¹ of fresh mass	I	18,66 *	6,275588 *	16,380000 *	0,002706 *	<III	2,28 *	1,914941 *																																										
Zawartość IAA, ng g⁻¹ św. m. IAA content, ng g ⁻¹ of fresh mass	I	445,8 *	120,554 *	319,4 *	0,013753 *																																																												
	<III	126,4 *	54,674 *			Zawartość ABA, ng g⁻¹ św. m. ABA content, ng g ⁻¹ of fresh mass	I	18,66 *	6,275588 *	16,380000 *	0,002706 *	<III	2,28 *	1,914941 *																																																			
Zawartość ABA, ng g⁻¹ św. m. ABA content, ng g ⁻¹ of fresh mass	I	18,66 *	6,275588 *	16,380000 *	0,002706 *																																																												
	<III	2,28 *	1,914941 *																																																														

* zaznaczone różnice są istotne przy $p < 0,05$
marked differences are significant with $p < 0.05$

Bezpośrednią przyczyną zmian struktury błon komórkowych jest tworzenie się wysoce reaktywnych rodników. W wyniku działania wolnych rodników dochodzi w nasionach do zmniejszenia ilości lipidów nienasyconych, zwłaszcza fosfolipidów i diacylogliceroli. Zmniejszeniu się ilości lipidów towarzyszy powstawanie wielu produktów wtórnych, jak dialdehyd malonowy, a także wolnorodnikowych nadtlenków lipidów. Nadtlenki lipidów uszkadzają białka błon. Utlenianie fosfolipidów, powstawanie szkodliwych produktów wtórnych, tworzenie nietypowych wiązań między białkami, hydroliza zewnętrznych fragmentów glikoprotein – wszystko to prowadzi do poważnych uszkodzeń błon komórkowych. W wyniku uszkodzenia błon dochodzi do dalszych reakcji lawinowych,

Tabela 6. Porównanie zawartości fitohormonów w próbkach o wysokiej (I kl.) i niskiej (<III kl.) żywotności

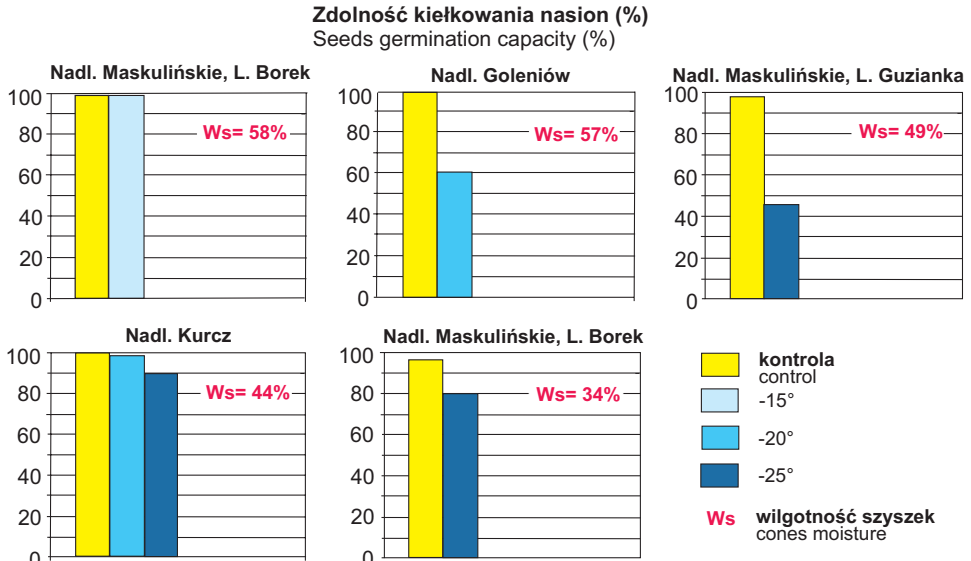
Table 6. Phytohormones content in samples of high (I class) and low (less than III class) viability

Nr próbki No of sample	Wyluszczeniarnia (Nadleśnictwo) Extraction plant (Forest District)	Zdolność kiełkowania Germination capacity (%)	Zawartość hormonów Phytohormones content (ng g ⁻¹ św.m) (ng g ⁻¹ of fresh mass)	
			IAA	ABA
Próbki o niskiej żywotności (<III kl.) Samples with low viability (<III class)				
759	Ruciane	63	67	2,3
760	Ruciane	61	128	1,6
762	Ruciane	66	137	5,4
769	Lasowice Małe	38	210	1,9
837	Lasowice Małe	66	90	0,2
Średnie Means		58,8	126,4	2,28
Próbki o wysokiej żywotności (I kl.) Samples with high viability (I class)				
580	Wirty	99	480	16,5
768	Lasowice Małe	97	442	19,3
923	Lasowice Małe	97	447	21,6
994	Świerczyna	90	598	26,4
995	Świerczyna	93	262	9,5
Średnie Means		95,2	445,8	18,66

wiodących do śmierci komórki, a następnie starzejącego się organu (Vertucci, Leopold 1984).

Zawartość auksyny w próbkach nasion źle kiełkujących (poniżej III kl.) była 3,5 razy niższa w stosunku do nasion I klasy. Jeszcze większa różnica (o 8 razy niższa zawartość) wystąpiła w przypadku ABA (tab. 6). Jednak nie można jednoznacznie stwierdzić, czy tak wielkie różnice wystąpiły na skutek zróżnicowania nasion na poziomie biochemicznym lub genetycznym, czy też spowodowane zostały zakłóceniami w rozwoju nasion, lub uszkodzeniem nasion pod wpływem czynników stresowych (niskie temperatury, duża zawartość wody w nasionach).

Wyniki prezentowanych badań nad wpływem temperatury przechowywania szyszek o różnej zawartości wody na żywotność zawartych w nich nasion potwierdziły hipotezę o możliwości uszkodzenia materiału siewnego sosny na skutek gwałtownego zmrożenia mokrych szyszek (ryc. 3). Zdolność kiełkowania nasion we wszystkich pięciu porównywanych partiach szyszek, przechowywanych i wyluszczonej metodą kontrolną (bez magazynowania w temperaturze ujemnej) była bardzo wysoka, gdyż przekraczała poziom 95%. Temperatura przechowywania



Ryc. 3. Porównanie żywotności nasion sosny pozyskanych z 5 partii szyszek różnej wilgotności, niemrożonych i mrożonych przez dwa tygodnie przed wyluszczeniem

Fig. 3. Comparison of pine seeds viability harvested from 5 lots of cones with different moisture, non-frozen and frozen for two weeks before seeds extraction

-15°C nie spowodowała istotnego obniżenia żywotności nasion nawet w szyszkach o wilgotności dochodzącej do 60%. Temperatura przechowywania szyszek wynosząca -20°C znacznie (o około 40%) obniżyła żywotność nasion w szyszkach o wilgotności dochodzącej do 60%, ale nie spowodowała istotnego obniżenia zdolności kiełkowania materiału siewnego w szyszkach o wilgotności około 45%. Natomiast już w temperaturze -25°C o ponad połowę (55%) spadła zdolność kiełkowania nasion w przechowywanych szyszkach o wilgotności około 50% oraz w nieco mniejszym stopniu (10–20%) – w przechowywanych szyszkach o wilgotności 35–45%. Negatywny wpływ ujemnej temperatury przechowywania szyszek na żywotność zawartych w nich nasion w dużej mierze zależał zatem od wilgotności materiału siewnego. Wraz ze wzrostem zawartości wody w szyszkach i nasionach malała ich odporność na przemrożenie.

5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Na podstawie analizy czynników związanych z miejscem oraz czasem zbioru, przechowywania i łuszczenia szyszek oraz wyników szczegółowych badań nasion przeprowadzonych w IBL można stwierdzić z dużym prawdopodobieństwem, że przyczyną obniżonej żywotności wielu partii materiału siewnego sosny pozys-

kanych w zimie 2005/2006 były niekorzystne warunki atmosferyczne panujące w trakcie kampanii wyluszcarskiej. Bardzo wilgotne szyszki, składowane w przewiewnych magazynach lub wiszące jeszcze na drzewach, i zawarte w nich mokre nasiona uległy gwałtownemu przemrożeniu w trzeciej dekadzie stycznia 2006 r. Tak gwałtowne obniżenie temperatury, od temperatur dodatnich do poziomu -20° i -30°C , spowodowało uszkodzenie błon komórkowych u części mokrych nasion oraz mogło uruchomić niekorzystne zmiany biochemiczne.

Jak wynika z przeprowadzonych w IBL dodatkowych badań wyjaśniających, umieszczenie wilgotnych szyszek w temperaturze -15°C nie spowodowało obniżenia żywotności zawartych w nich nasion. Szkodliwa okazała się dopiero temperatura -20°C i niższa. Dokładne określenie zależności pomiędzy wilgotnością szyszek a progiem niskich temperatur, oddziałujących szkodliwie na żywotność nasion, wymaga przeprowadzenia systematycznych badań, obejmujących partie materiału siewnego z różnych regionów Polski i różnych lat.

Zabezpieczenie się przed niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi, jakie miały miejsce zimą 2005/2006, można uzyskać poprzez przechowywanie szyszek w klimatyzowanych magazynach, z regulowaną temperaturą i wilgotnością. Przechowalnie takie zbudowane są już wyluszcarniach w Jarocinie i LBG w Kostrzycy. Kilkadziesiąt partii nasion sosny pozyskanych w Jarocinie, nawet w tym niekorzystnym sezonie, charakteryzowało się zadowalającą żywotnością, odpowiadającą I klasie.

Praca została złożona 28.05.2007 r. i przyjęta przez Komitet Redakcyjny 9.07.2007 r.

REASONS FOR REDUCED VIABILITY OF SOME SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) SEEDS LOTS HARVESTED IN POLAND IN WINTER SEASON 2005/2006

Summary

All newly harvested in the State Forests seeds of Scots pine (just after extraction) are sent for the first assessment to the Department of Genetics and Tree Physiology at the Forest Research Institute that apart economic aspects has biological and technical monitoring purposes. Pine seeds in Poland have generally very high viability expressed with germination capacity and energy (over 91%). However, the first after seeds extraction assessment carried out in 2006 showed *inter alia* that in winter season 2005/2006 in the whole country many pine seeds stocks with drastically reduced viability were harvested.

According to results of detailed studies on seeds carried out in IBL and analysis of factors connected with the place and the time of collection, and storage and extraction of cones, the reason for reduced viability of many pine sowing material lots harvested in winter season 2005/2006 were unfavourable atmospheric conditions during harvest and extraction. Very moist cones, stored in airy warehouses or hanging on the trees yet, and wet seeds inside have rapidly

been frozen in the third week of January 2006. Sudden drops of temperatures, from above 0 to level of -20° and -30° , were the cause of cell membranes damages in part of wet seeds and initiate unfavourable biochemical changes inside. Negative impact of cones storage in temperatures below zero on seeds inside depended on moisture of the sowing material, in a large measure. The higher moisture of cones and seeds, the lower resistance to low temperatures.

(transl. M. P.)

LITERATURA

- Leinonen K. 1998: Effects of storage conditions on dormancy and vigor of *Picea abies* seeds. *New Forests*, 16: 231-249.
- Machaniček J. 1981: Výzkum kritérii určujících vhodnost lesního osiva pro dlouhodobé skladování. *Prace VÚLHM*, 59: 49-64.
- Simak M. 1980: X-radiography in research and testing of forest tree seeds. *Rapporter Institutionen för Skogskötsel Sveriges Lantbruksuniversitet*, 3: 1-34.
- Simak M., Bergsten U., Henriksson G. 1986/89: Evaluations of ungerminated seeds at the end of germination test by radiography (presented at ISTA Congress). Brisbane, Australia.
- Sweeter P. B., Vatvars A. 1976: High-Performance Liquid Chromatographic Analyses of Abscisic Acid in Plant Extracts. *Anal. Bioch.*, 71: 68-78.
- Vertucci C. W., Leopold A. C. 1984: Bound water in soybean seed and its relation to respiration and imbibitional damage. *Plant Physiology*, 75, 114-117.
- Załęski A. 2001: Przyczyny obniżonej żywotności nasion sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) z północno-wschodniej Polski w zimie 1997/98. *Prace Inst. Bad. Leś.*, A, 919: 27-46.
- Załęski A., Aniśko E., Kantorowicz W., Sobczak H. 2000: Zasady i metodyka oceny nasion w Lasach Państwowych. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa.
- Załęski A., Gładysz A., Kowalska I. 1991: Ocena nasion przy użyciu promieni X. *Prace Inst. Bad. Leś.*, 729.
- Załęski A., Gozdzalik M. 1994: Standardowe wymiary zarodka i bielma nasion sosny zwyczajnej w Polsce i ich znaczenie dla oceny żywotności nasion. *Prace Inst. Bad. Leś.*, 780: 47-60.
- Załęski A., Kowalska I. 1988: Ocena nasion metodą prześwietlania promieniami X i możliwość jej wykorzystania w badaniach skażenia środowiska. *Las Pol.*, 15/16: 18-20.