

Marek BODYŁ, Andrzej ZAŁĘSKI*

INTENSYWNOŚĆ OBRADZANIA I JAKOŚĆ NASION SOSNY ZWYCZAJNEJ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) NA STAŁYCH POWIERZCHNIACH OBSERWACYJNYCH MONITORINGU LASU W LATACH 1996–2003

INTENSITY OF SEEDING AND QUALITY OF SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.)
SEEDS ON PERMANENT OBSERVATION PLOTS
SUBJECTED TO FOREST MONITORING BETWEEN 1996 AND 2003

Abstract. *Forest monitoring programme in Poland was introduced in 1984. In 1996, forest monitoring embraced assessment of seed production and quality of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). Every year, seed samples with the mass of ca 1 kg are being collected from hundred second-level Permanent Observation Plots located in various regions of Poland. The assessment of seeds aims at determining differences in seed output from cones and quality of Scots pine among natural-forest regions, as well as their variability over time. Investigated were the following indicators: mass of one cone, output of seeds from cones, number of full seeds, mass of 1000 seeds, germinative energy and germinating capacity, difference in germinating capacity between aged and non-aged seeds, length and width of embryo and length and width of endosperm. Eight-year observations on intensity of seeding and seed quality of pines point out to confirmed statistical differences in seed output quality of seeds among both study years and natural-forest regions. Distinct regularity was found according to which the variability in seeding output of pine across Poland is greater than the variability in quantitative traits (except for the resistance to aging test). The lowest seed output and the smallest seed mass, as well as the smallest size of embryos was found in the Mazury-Podlasie Region II. Forest monitoring results can be used in full as soon as reference levels (long-term means) are defined for pine seed output and quality indicators in different regions (natural-forest regions) of the country.*

Key words: *Scots pine, monitoring, seed production, seed quality.*

*Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych, Sękocin Las, 05-090 Raszyn, e-mail: M.Bodyl@ibles.waw.pl

1. WSTĘP

Monitoring lasu jest systemem oceny stanu środowiska leśnego i kondycji zdrowotnej drzewostanów, opartym na ciągłych lub periodycznych obserwacjach i pomiarach wybranych indykatorów, dokonywanych na stałych powierzchniach obserwacyjnych (SPO). Głównym jego celem jest obserwacja zmian stanu zdrowotnego lasów w czasie, określenie przestrzennego zróżnicowania zdrowotności oraz poszukiwanie korelacji pomiędzy stanem zdrowotnym drzewostanów a biotycznymi i abiotycznymi czynnikami środowiska. Uzyskane informacje służą jednostkom administracji Lasów Państwowych przy podejmowaniu zoptymalizowanych decyzji planistycznych, hodowlanych i gospodarczych, a także są wykorzystywane przy formułowaniu polityki leśnej i ekologicznej państwa.

W Polsce rozpoczęto monitoring w 1984 r. Najpierw był on wykonywany w ponad 2000 punktów pomiarowych (monitoring techniczny) i obejmował tylko pomiar zanieczyszczeń powietrza metodą kontaktową. W 1989 r. Instytut Badawczy Leśnictwa rozpoczął monitoring uszkodzeń lasu (monitoring biologiczny), zakładając 1500 Stałych Powierzchni Obserwacyjnych I rzędu (SPO I) w drzewostanach w wieku powyżej 20 lat i przeprowadzając pierwsze obserwacje cech morfologicznych koron drzew próbnych. Z czasem zwiększano zakres dokonywanych pomiarów i obserwacji, m.in. o monitoring entomologiczny. W 1994 r. założono 100 Stałych Powierzchni Obserwacyjnych II rzędu (SPO II) w drzewostanach sosnowych i 22 w drzewostanach świerkowych (w wieku 50-60 lat), a dwa lata później kolejnych 15 SPO II w drzewostanach dębowych i 11 w bukowych (w wieku 70-90 lat). W każdej z 59 dzielnic przyrodniczoleśnych znajdują się dwie, rzadziej trzy SPO II. Lokalizacja tych powierzchni pokrywa się z lokalizacją SPO I, ale realizowany jest na nich rozszerzony zakres badań: od 1994 r. – monitoring gleb, od 1996 r. – monitoring fitopatologiczny i ocena jakości nasion sosny, od 1997 r. – monitoring składu chemicznego aparatu asymilacyjnego, a od 1999 r. – monitoring biegaczowatych (Adamski i in. 2000).

Ocena wydajności obradzania i jakości nasion sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) wchodzi w skład charakterystyki kondycji drzewostanów i wykonywana jest co roku. Wyniki badań są wykorzystywane zarówno dla celów monitoringu biologicznego, jak i w bieżącej działalności gospodarczej Lasów Państwowych. Założenia metodyczne tej oceny przedstawione są w opracowaniu „Stan uszkodzenia lasów w Polsce...” (Wawrzoniak i in. 2000). Sosna zwyczajna jest gatunkiem, który swoim zasięgiem obejmuje obszar prawie całej Polski, jedynie na terenie Krainy Sudeckiej (VII) występuje w znikomych ilościach. Z tego względu na terenie tej krainy nie założono żadnej sosnowej SPO II i nie prowadzono badań nad wydajnością obradzania i jakością nasion tego gatunku w ramach badań monitoringowych. Do niedawna sosna w naszym kraju obradzała co 3-5 lat, obecnie nieco rzadziej (Załęski i Kantorowicz 1993, Kantorowicz 2000). Jednak co roku, w prawie każdym drzewostanie jest co najmniej 10-20% drzew, z których można zebrać próbkę szyszek do badań. Stąd sosna zwyczajna jest

gatunkiem, który w największym stopniu nadaje się do monitorowania wydajności i jakości nasion w Polsce.

Właściwości biologiczne nasion zależą nie tylko od cech osobniczych drzew, ale również od wielu czynników środowiska, które wywierają wpływ na rozwój pyłku, przebieg zapyłania oraz na zawiązywanie, wykształcanie i dojrzewanie nasion. Nasiona sosny powstałe w warunkach panujących w Polsce charakteryzują się na ogół bardzo wysoką żywotnością, wyrażaną zdolnością i energią kiełkowania (powyżej 91%). Jednak co kilkanaście lat występuje zjawisko drastycznego obniżenia zdolności kiełkowania (poniżej 70%). Miało to miejsce np. w sezonie 1986/87 na terenie RDLP Katowice i południowej części RDLP Łódź (Załęski i Kowalska 1988) oraz w sezonie 1997/98 na terenie krainy Mazursko-Podlaskiej (II) (Załęski 2001). W obu przypadkach przyczyną obniżonej żywotności nasion były zmiany w ich właściwościach biologicznych – nasiona te charakteryzowały się znacznie niższą szerokością zarodków w odniesieniu do standardów krajowych (Załęski i Gozdalik 1994, Załęski 2001). Najprawdopodobniej wpłynął na to układ warunków atmosferycznych w okresie rozwoju nasion. Pomiar szerokości zarodka jest jednym z elementów badań monitoringowych i stanowi dodatkowe kryterium oceny nasion. Cecha ta nie jest precyzyjnym wyznacznikiem zdolności kiełkowania nasion, ale przekroczenie wartości granicznych (przeciętna szerokość < 0,46 mm) należy traktować jako ostrzeżenie, wskazujące na ogólną tendencję do wystąpienia w określonym regionie dużej liczby nasion o obniżonej żywotności i zwiększonej wrażliwości na uszkodzenia. Wówczas można ograniczyć zbiór szyszek z takimi nasionami lub zapewnić im specjalne traktowanie w procesie wyłuszczenia (np. powolniejsze podsuszanie). Inna cecha – długość zarodka, wpływa na wielkość wyrosłej z nasienia siewki (Gozdalik 1999, Załęski 1990, Załęski 1991, Załęski i Borkowska 1993).

Celem oceny nasion pochodzących z SOP II jest określenie różnic pomiędzy krainami przyrodniczolesnymi pod względem wydajności obradzania i jakości nasion sosny, jak również wychwycenie zmienności tych cech w czasie. Badane są następujące wskaźniki obradzania sosny zwyczajnej:

- wydajność nasion z szyszek, obliczona jako procentowy udział masy oczyszczonych, pełnych nasion w ogólnej masie szyszek wziętych do łuszczenia,
- przeciętna masa jednej szyszki,
- przeciętna liczba pełnych nasion w jednej szyszce,
- masa 1000 nasion,
- zdolność i energia kiełkowania nasion,
- odporność na test przyspieszonego postarzenia, określona na podstawie różnicy pomiędzy zdolnością kiełkowania nasion postarzanych i niepostarzanych,
- długość i szerokość zarodka,
- długość i szerokość prabiela.

2. METODYKA BADAŃ

2.1. Pozyskanie oraz określenie wydajności nasion

Próbki szyszek sosny o masie ok. 1 kg zbiera się z co najmniej 8 drzew rosnących w pobliżu powierzchni monitoringowych. Dopuszcza się również zbiór szyszek z drzew leżących, ściętych w promieniu nie większym niż 2 km od SPO. Nasiona są wyluszczone i badane w laboratorium Zakładu Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych, w Instytucie Badawczym Leśnictwa.

Wyluszczenie odbywa się metodą termiczną, z zastosowaniem wstępnego podsuszania przez 5–10 dni w temperaturze ok. 35 °C. W tych warunkach następuje otwieranie się szyszek. Wstępnie szyszki łuszczy się poprzez wytrząsanie, a uzyskane z nich nasiona stanowią ok. 90% wszystkich nasion. Następnie łuszczenie kończy się w szafach wyluszczeniowych L-78, w sześciociogodzinny cykl – po 2 godz. w temperaturach 40 °C, 50 °C i 60 °C. Wszystkie nasiona odskrzydła się metodą delikatnego przecierania w woreczkach płóciennych. Oddzielenia nasion pustych i zanieczyszczeń dokonuje się w wialni laboratoryjnej, o pionowym nadmuchu powietrza.

Wydajność nasion z szyszek W_d odnoszona jest do materiału siewnego o wilgotności normalnej (tj. 20%) i obliczana jest według wzoru:

$$W_d = \frac{m \times 0,8}{M} \times 100\% \quad [1]$$

w którym:

m – masa oczyszczonych, pełnych nasion,

M – masa szyszek z nasionami po wysuszeniu w 60 °C.

Przeciętną masę jednej szyszki M_{1sz} (o wilgotności normalnej tj. 20%) oblicza się następująco:

$$M_{1sz} = \frac{M}{0,8 \times L_{sz}} \quad [2]$$

gdzie:

L_{sz} – liczba szyszek,

inne oznaczenia jak we wzorze [1].

Przeciętną liczbę nasion w jednej szyszce L_n oblicza się wg wzoru:

$$L_n = \frac{m \times 1000}{L_{sz} \times C_t} \quad [3]$$

w którym:

C_t – ciężar 1000 nasion,

pozostałe oznaczenia jak we wzorach [1] i [2].

2.2. Określenie masy 1000 nasion, żywotności i odporności nasion na test przyspieszonego postarzania

Z każdej próbki ściślej przeznaczonej do badań pobiera się 4×100 nasion i każdą setkę waży na wadze laboratoryjnej z dokładnością do 0,1 g. Średnią masę 1000 sztuk oblicza się na podstawie średniej arytmetycznej mas poszczególnych setek nasion pomnożonej przez 10.

Żywotność nasion określana jest na podstawie ich energii i zdolności kiełkowania. Kiełkowanie prowadzi się na podłożu z bibułą, w stałej temperaturze 24 ± 1 °C i w pełnym oświetleniu, na kiełkownikach Jacobsena doświetlanych przez 8 godzin w ciągu dnia. Ocena zdolności i energii kiełkowania dokonywana jest dla 4 powtórzeń (4×100 nasion). Do określenia energii liczy się prawidłowo skiełkowane nasiona po 7 dniach, a zdolności kiełkowania – po 14 dniach.

Równoległe z nasionami niepostarzonymi wysiewa się, również w 4 powtórzeniach (4×100 szt.), nasiona poddane testowi przyspieszonego postarzania, stosując test podobny do testu Machanička (1981). Polega on na przetrzymywaniu nasion przed wysiewem przez 95 godzin w temperaturze podwyższonej do 40–41 °C w powietrzu o wilgotności zwiększonej do 90–100%. Obserwacje energii i zdolności kiełkowania nasion poddanych testowi przyspieszonego postarzania prowadzi się również po 7 i 14 dniach.

2.3. Pomiary zarodka i prabielma

Pomiary zarodka i prabielma dokonywane są dla tej samej próbki czystych nasion (4×100), która służy do oznaczenia masy 1000 szt. i oceny żywotności. Mierzona jest w mm: długość zarodka i szerokość zarodka w połowie długości nasiona oraz długość prabielma i szerokość prabielma w połowie długości nasiona. Wymiary zarodka i prabielma porównuje się z wartościami standardowymi, określonymi dla Polski na podstawie wieloletnich obserwacji (Załęski i Gozdałik 1994).

Każdą setkę nasion po zważeniu rozkłada się w specjalnych szablonach i prześwietla promieniami X, w celu otrzymania obrazu zarodka i prabielma na kliszy rentgenowskiej. Zdjęcia rtg wykonywane są w japońskim aparacie ISB-40, z zastosowaniem napięcia – 12 kV, natężenia – 5 mA i czasu prześwietlania – 15 s. Zgodnie z opiniami przedstawionymi w literaturze (Simak 1980), tak małe dawki promieni X nie wpływają ani na obniżenie żywotności nasion, ani na powstawanie zmian cytologicznych. Dla każdej setki wybiera się losowo na kliszy rtg obrazy 50 nasion, na których dokonywany jest pomiar zarodka i prabielma. W sumie dokonuje się pomiaru 200 nasion z każdej próbki. Pomiary wykonywane są z dokładnością do 1 mm, na zdjęciach powiększonych 20-krotnie w rzutniku Pentakta 100. Dzięki temu rzeczywista dokładność pomiaru wynosi 0,05 mm.

2.4. Statystyczne opracowanie wyników

Za pomocą analizy wariancji w klasyfikacji pojedynczej, a następnie testu Tukey'a, badano istotność różnic wszystkich wskaźników wydajności obradzania i jakości nasion sosny, zarówno pomiędzy krainami przyrodniczo-lesnymi, jak i pomiędzy latami. W pierwszym etapie każdej analizy wariancji przeprowadzano test Levene'a, celem sprawdzenia jednorodności wariancji. Wszystkie testy statystyczne wykonano przy poziomie istotności $p_{\alpha} = 0,05$. Transformację wartości procentowych (%) wydajności nasion z szyszek, zdolności i energii kiełkowania przeprowadzono zgodnie ze wzorem:

$$y = \arcsin \sqrt{\%} \quad [4]$$

Nie dokonano transformacji wartości różnic między zdolnością kiełkowania nasion niepostarzanych i postarzanych, ponieważ część przypadków przyjmuje wartości ujemne; zastosowanie powyższego wzoru zmuszałoby do wykonywania obliczeń w zakresie liczb urojonych, co z punktu widzenia nauk przyrodniczych jest niecelowe.

Analiz dokonywano na średnich z czterech powtórzeń, reprezentujących jedną Stałą Powierzchnię Obserwacyjną.

3. WYNIKI I DYSKUSJA

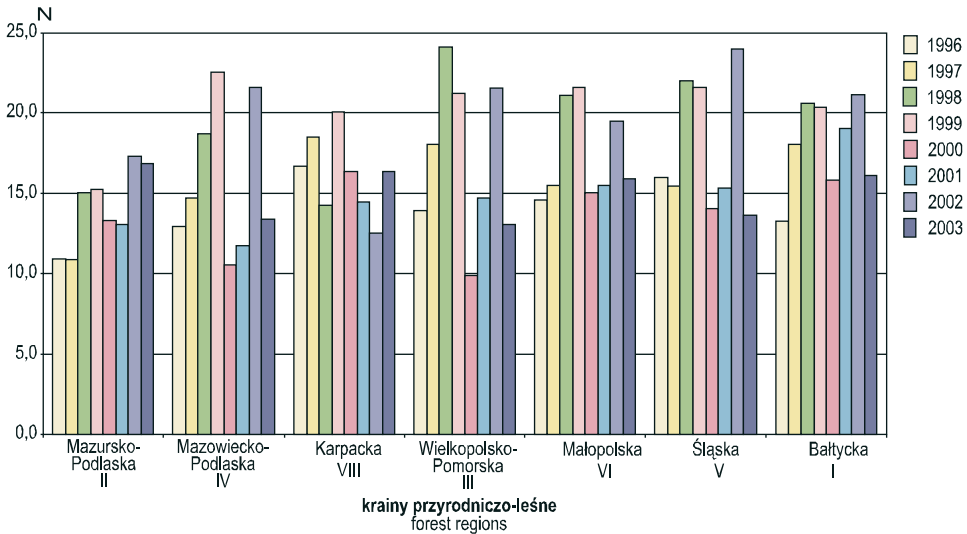
Obserwacje z 8-letnich badań monitoringowych nad intensywnością obradzania i jakością nasion wskazują na istnienie dość wyraźnej prawidłowości, zgodnie z którą na terenie Polski zmienność w wydajności obradzania sosny jest większa od zmienności cech jakościowych (poza odpornością na test postarzania). Średni z 8 lat współczynnik zmienności wynosił bowiem: dla masy przeciętnej szyszki – 21%, liczby pełnych nasion w szyszce – 29% oraz wydajności nasion z szyszek – 23%. Z cech jakościowych nasion wyjątkowo dużą zmiennością odznaczała się odporność nasion na test przyspieszonego postarzania, dla której średni współczynnik zmienności wynosił aż 190%. Większą zmiennością niż inne wskaźniki charakteryzowała się również masa 1000 nasion – średni współczynnik zmienności wynosił 13%. Średnie współczynniki zmienności pozostałych cech jakościowych, takich jak: zdolność i energia kiełkowania, długość i szerokość zarodka, długość i szerokość prabiela, utrzymywały się na niskim poziomie 5–7% (tab. 1). Nasiona pozyskane w 2003 r. charakteryzowały się niezwykle wysoką zmiennością odporności nasion na test postarzania – współczynnik zmienności na terenie kraju wyniósł aż 529%.

Pod względem wszystkich badanych wskaźników wydajności obradzania, a więc: masy przeciętnej szyszki, przeciętnej liczby pełnych nasion w szyszce i procentowej wydajności nasion z szyszek, wyraźnie gorsze od średniej krajowej i

Tabela 1. Średnia wydajność i jakość nasion sosny w różnych krainach przyrodniczo-leśnych z lat 1996–2003

Table 1 Mean values of pine seed output and quality in different natural-forest regions in the period 1996–2003

Charakterystyki szyszek i nasion Cone and seed characteristics	Krainy przyrodniczo-leśne Natural-forest regions							Średnia krajowa Mean for Poland (%)	Średni współcz. zmienności Mean variability coefficient (%)	
	Bałycka	Mazursko-Podlaska	Wielkopolsko-Pomorska	Mazowiecko-Podlaska	Śląska	Małopolska	Karpacka			
	I	II	III	IV	V	VI	VIII			
Masa jednej szyszki Mass of one cone	g	6,78	5,97	6,27	6,29	5,94	6,33	6,55	6,30	21
Wydajność nasion z szyszek Output of seeds from cone	%	1,73	1,45	1,76	1,62	1,92	1,80	1,61	1,70	23
Przeciętna liczba pełnych nasion w jednej szyszce Average number of full seeds per cone	szt.	18,02	14,07	17,05	15,75	17,75	17,34	16,14	16,59	29
Masa 1000 nasion Mass of 1000 seeds	g	6,57	6,24	6,58	6,57	6,57	6,64	6,62	6,54	13
Zdolność kiełkowania nasion niepostarzanych Germination capacity of non-aged seeds	%	97,3	97,4	97,3	96,4	97,9	97,9	95,9	97,16	5
Energia kiełkowania nasion niepostarzanych Germinative energy of non-aged seeds	%	96,5	96,9	96,5	95,6	97,3	97,2	94,0	96,29	6
Różnica między zdolnością kiełkowania nasion postarzanych i niepostarzanych Difference between germination capacity of aged seeds and germination capacity of non-aged seeds	%	3,0	3,1	2,7	3,3	2,9	2,2	4,2	3,06	190
Długość zarodka Length of embryo	mm	2,99	2,89	2,99	2,99	3,00	2,98	2,94	2,97	7
Szerokość zarodka Width of embryo	mm	0,48	0,47	0,48	0,48	0,49	0,48	0,48	0,48	7
Długość prąbielma Length of endosperm	mm	3,25	3,14	3,23	3,24	3,24	3,22	3,19	3,22	6
Szerokość prąbielma Width of endosperm	mm	1,84	1,81	1,85	1,86	1,85	1,85	1,84	1,84	6

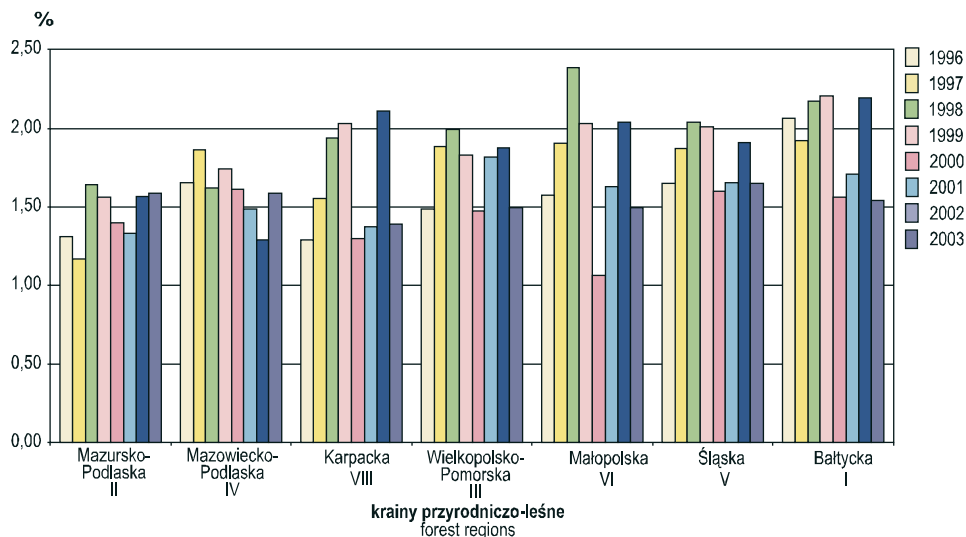


Ryc. 1. Przeciętna liczba pełnych nasion (szt.) w jednej szyszce w różnych latach i krainach przyrodniczo-lesnych

Fig. 1. Average number of full seeds per cone in different years in natural-forest regions

pozostałych krain przyrodniczo-lesnych były drzewostany sosnowe z Krainy II (tab.1). Sosna z Krainy Śląskiej (V) charakteryzowała się co prawda najniższą średnią masą jednej szyszki, ale za to miała najwyższą wydajność nasion z szyszek i przeciętną liczbę pełnych nasion w jednej szyszce. Od powyższej prawidłowości zdarzały się odstępstwa, związane z różną zmiennością regionalną w kolejnych latach. W 2000 r. najmniejszą liczbą pełnych nasion w szyszce i najgorszą wydajnością nasion z szyszek odznaczała się sosna z Krainy Wielkopolsko-Pomorskiej (III), u której w innych latach wskaźniki te oscylowały wokół średniej krajowej, a w 1998 r. osiągnęły najwyższe wartości z całego 8-letniego okresu (ryc. 1 i 2). Natomiast sosna z Krainy II, która zazwyczaj miała najgorsze wskaźniki wydajności obradzenia w kraju, w 2000 r. przewyższyła pod tym względem sosnę z krainy Wielkopolsko-Pomorskiej (III) oraz Mazowiecko-Podlaskiej (IV) i niewiele ustępowała sośnie z pozostałych krain, a w 2003 r. osiągnęła najwyższą wartość liczby pełnych nasion w szyszce i jedną z najwyższych wydajności nasion z szyszek. Analizy statystyczne (tab. 3) udowodniły istotność różnic pomiędzy Krainą Bałtycką, a krainami I, III, V i VI (wskaźniki najwyższe) w wagowej wydajności nasion z szyszek i w liczbie pełnych nasion w szyszce. Krainy IV i VIII zajmowały pod tym względem pozycję pośrednią. Udowodniono również istotność różnic we wszystkich trzech wskaźnikach wydajności obradzenia osiągniętych w roku 2000 (wskaźniki najniższe) i w latach 1998, 1999 i 2002 (wskaźniki najwyższe).

Również niektóre cechy jakościowe związane z wielkością nasion sosny, a więc: masa 1000 sztuk, długość i szerokość zarodka oraz długość i szerokość prabielma, osiągały najniższe wartości w Krainie II (tab. 1). W analizach sta-



Ryc. 2. Przeciętna wydajność nasion z szyszek (%) w różnych latach i krainach przyrodniczo-leśnych

Fig. 2. Average output of seeds from cones (%) in different years in natural-forest regions

tystycznych (tab. 3) udowodniono, że w Krainie II masa 1000 nasion była istotnie mniejsza niż w Krainie IV, długość zarodka – mniejsza niż w krainach I, III, IV, V i VI, a długość prabiela – mniejsza niż w krainach I, III, IV i V. Jedynie pod względem szerokości zarodka i prabiela nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy krainami.

Rok 2000, najgorszy pod względem wydajności nasion z szyszek w skali całego kraju, charakteryzował się równocześnie najmniejszymi wartościami niektórych wskaźników jakościowych (tab. 2). Analiza wariancji i test Tukeya (tab. 3) udowodniły, że w 2000 r. masa 1000 nasion była istotnie niższa niż w latach 1996 i 2001, długość zarodka – niższa niż w latach 1996, 1997 i 1998, szerokość zarodka – niższa niż we wszystkich pozostałych latach, długość prabiela – niższa niż w latach 1997, 2001, 2002 i 2003, a szerokość prabiela – niższa niż w latach 1999, 2001, 2002 i 2003. Na obniżenie średniej masy 1000 nasion w 2000 r. wpłynęły niższe niż w innych latach wartości tego wskaźnika w krainach II i VI, a także jedne z najniższych w badanym okresie – w krainach I, III i V (ryc. 3). Przyczyn takiego stanu rzeczy można upatrywać w niekorzystnych warunkach meteorologicznych. W 2000 r. wystąpił znaczny niedobór opadów atmosferycznych w okresie wegetacyjnym na przeważającym obszarze kraju, szczególnie w krainach I, II i V. Duże niedobory opadów, przy jednoczesnym silnym wzroście temperatur powietrza, odnotowano wiosną: w kwietniu, maju i czerwcu. Chociaż szerokość zarodka w 2000 r. była najmniejsza we wszystkich porównywanych krainach przyrodniczo-leśnych, nie wpłynęło to jednak na zdolność kiełkowania nasion.

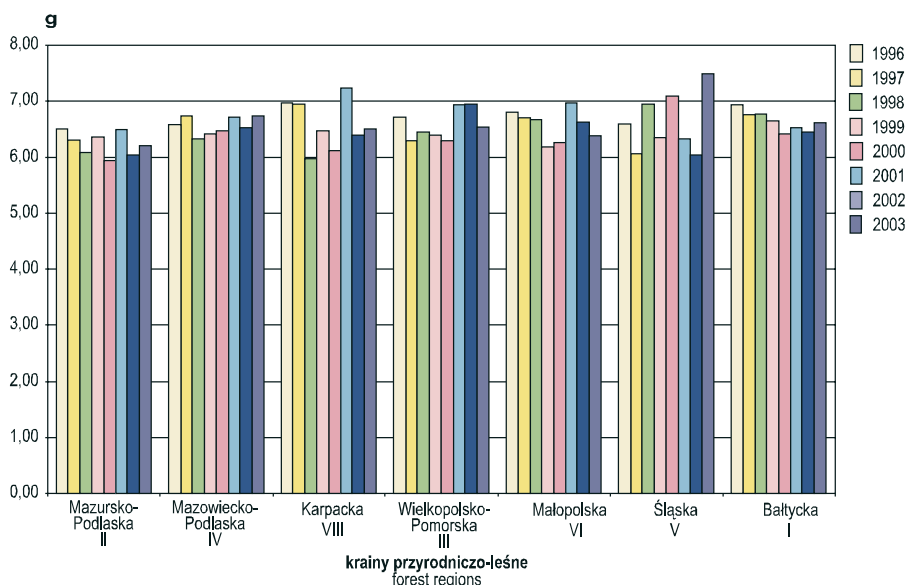
Pomimo, że analizy statystyczne udowodniły istotność niektórych różnic w wymiarach zarodka i prabiela, to z praktycznego punktu widzenia miały one

Tabela 2. Średnia dla Polski wydajność i jakość nasion sosny w poszczególnych latach
Table 2 Average output and quality of pine seeds in Poland in different years

Charakterystyki szyszek i nasion Cone and seed characteristics	Rok obradzenia Seed year								
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	
Masa jednej szyszki Mass of one cone	g	5,99	5,96	6,34	6,77	5,93	6,27	6,79	6,41
Wydajność nasion z szyszek Output of seeds from cone	%	1,58	1,74	1,97	1,92	1,43	1,57	1,86	1,53
Przeciętna liczba pełnych nasion w jednej szyszce Average number of full seeds per cone	szt.	14,04	15,85	19,40	20,35	13,55	14,82	19,64	15,03
Masa 1000 nasion Mass of 1000 seeds	g	6,73	6,54	6,46	6,40	6,38	6,74	6,44	6,64
Zdolność kiełkowania nasion niepostarzanych Germination capacity of non-aged seeds	%	97,57	96,42	95,86	97,85	97,85	98,01	98,00	95,69
Energia kiełkowania nasion niepostarzanych Germinative energy of non-aged seeds	%	97,21	95,84	95,01	97,35	97,14	97,58	97,13	93,13
Różnica między zdolnością kiełkowania nasion postarzanych i niepostarzanych Difference between germination capacity of aged seeds and germination capacity of non-aged seeds	%	5,83	7,77	3,62	1,68	1,25	1,55	2,10	0,56
Długość zarodka Length of embryo	mm	2,87	2,99	2,93	2,99	2,88	3,04	3,03	3,01
Szerokość zarodka Width of embryo	mm	0,49	0,49	0,47	0,48	0,45	0,50	0,48	0,49
Długość prabielma Length of endosperm	mm	3,13	3,22	3,16	3,20	3,13	3,30	3,31	3,29
Szerokość prabielma Width of endosperm	mm	1,79	1,78	1,83	1,88	1,80	1,91	1,85	1,90

niewielki wpływ na kiełkowanie nasion. Długość zarodka oraz szerokość i długość prabielma nasion sosny na ogół utrzymywały się w granicach standardów dla nasion I klasy żywotności, wyznaczonych na podstawie wieloletnich obserwacji (Załęski i Gozdalik 1994).

Żywotność nasion wyrażona zdolnością i energią kiełkowania przeważnie była bardzo wysoka. Choć różnice pod względem tych cech między kolejnymi latami i krainami przyrodniczolesnymi były niewielkie, jednak ich istotność została udowodniona statystycznie. W przypadku zdolności kiełkowania analiza wariancji wykazała istnienie istotnych różnic pomiędzy krainami, niestety za pomocą testu Tukeya nie udało się wyodrębnić istotnie różniących się grup (tab. 3). Test ten



Ryc. 3. Przeciętna masa 1000 nasion (g) w różnych latach i krainach przyrodniczo-leśnych

Fig. 3. Average mass of 1000 seeds (g) in different years in natural-forest regions

wykazał natomiast istotne różnice w energii kiełkowania nasion pomiędzy Krainą VIII (najniższa), a krainami V i VI (najwyższa). Udowodniono również, że energia i zdolność kiełkowania nasion w latach 1997, 1998 i 2003 była istotnie niższa niż w roku 2002 (nasiona o najwyższej żywotności). Nasiona o niskiej żywotności stwierdzono sporadycznie, na nielicznych powierzchniach. W latach 1996–1998 nasiona z Krainy IV miały zdolność i energię kiełkowania o 2–5% niższą od średniej dla kraju. Natomiast najniższą żywotność (na poziomie II klasy) miały w 2003 r. nasiona sosny z Krainy VIII, odznaczające się do tej pory bardzo wysokim poziomem energii i zdolności kiełkowania (ryc. 4).

Największe zróżnicowanie nasion sosny wystąpiło w ich odporności na warunki stresowe, wyrażającej się różnicą między zdolnością kiełkowania nasion postarzanych sztucznie i niepostarzanych. Zróżnicowaną odpornością na test postarzania charakteryzowały się zarówno nasiona pozyskane w różnych latach, jak i w różnych krainach przyrodniczo-leśnych. Analiza wariancji udowodniła istotne statystycznie różnice zarówno pomiędzy krainami, jak i latami; jednak za pomocą testu Tukeya nie udało się uszeregować krain w grupy istotnie różniące się między sobą. W okresie 1996–2002 największą odpornością na test postarzania odznaczały się nasiona zebrane w 2000 r. oraz przeciętnie na terenie Krainy VI, a najmniejszą – zebrane w 1997 r. oraz przeciętnie na terenie Krainy VIII. Natomiast najmniejszą średnią wartością różnicy między zdolnością kiełkowania nasion postarzanych i niepostarzanych z całego badanego okresu charakteryzowały się nasiona pozyskane w 2003 r. W roku tym po raz pierwszy zaobserwowano interesujące zjawisko: nasiona z krain I i VIII po poddaniu testowi postarzania odznaczały się wyższą zdolnością kiełkowania. W powyższym przypadku stres, jakiemu poddano

Tabela 3. Wyniki analizy statystycznej wskaźników wydajności obradzenia i jakości nasion sosny z powierzchni monitoringowych
 Table 3 Results of statistical analysis of seeding output and seed quality of pine on the monitored plots

Przedmiot analizy Object of analysis	Źródło zmienności Source of variability	Analiza wariancyjna Analysis of variance		Badanie istotności różnic za pomocą testu Tukeya pomiędzy średnimi uszeregowanymi od największej do najmniejszej** Analysis of significance of differences between the means in the order from the highest to the lowest using a Tukey's test**
		F obl.	Poziom istotności Significance level	
Masa szyszek Cone mass	krajny regions	4,4245	0,000207	I VIII VI IV III II V
	lata years	8,3858	0,000000	02 99 98 01 03 96 97 00
Wagowa wydajność nasion z szyszek Weighed output of seeds from cones	krajny regions	3,8025	0,000963*	V VI III I VIII IV II
	lata years	7,9819	0,000000*	98 99 02 97 01 96 03 00
Liczba pełnych nasion w szyszcze Number of full seeds per cone	krajny regions	3,9226	0,000717	I V VI III VIII IV II
	lata years	4,0124	0,000251*	99 98 02 97 01 03 96 00
Masa 1000 nasion Mass of 1000 seeds	krajny regions	2,6869	0,013762*	VI VIII III I V IV II
	lata years	3,0296	0,003782	96 01 97 03 02 98 99 00
Zdolność kiełkowania Germination capacity	krajny regions	2,2831	0,034245"	V VI III II I IV VIII
	lata years	3,5977	0,000801*	02 96 99 01 00 97 03 98
Energia kiełkowania Germinative energy	krajny regions	2,9570	0,007345*	V VI II III I IV VIII
	lata years	4,5272	0,000058*	02 96 01 99 00 97 98 03

Różnica w zdolności kiełkowania nasion nieopastarzanych i postarzanych Difference in germination capacity of non-aged and aged seeds	krajiny regions	2,4767	0,0222222**	VIII	IV	II	I	V	III	VI
	lata years	16,8071	0,000000*	97	96	98	02	99	01	00 03
Długość zarodka Embryo length	krajiny regions	2,2423	0,037469*	V	I	III	IV	VI	VIII	II
	lata years	12,7241	0,000000	01	02	97	03	99	98	96 00
Szerokość zarodka Embryo width	krajiny regions	0,771326	0,592580	V	IV	VI	III	I	VIII	II
	lata years	9,4056	0,000000*	01	97	96	99	03	02	98 00
Długość prąbielma Endosperm length	krajiny regions	3,4957	0,002033*	V	I	IV	III	VI	VIII	II
	lata years	16,4300	0,000000	02	01	03	97	99	98	96 00
Szerokość prąbielma Endosperm width	krajiny regions	1,2658	0,270698	IV	V	VI	III	I	VIII	II
	lata years	3,2571	0,002044*	01	03	99	02	98	97	00 96

* istotność udowodniona testem Levene'a

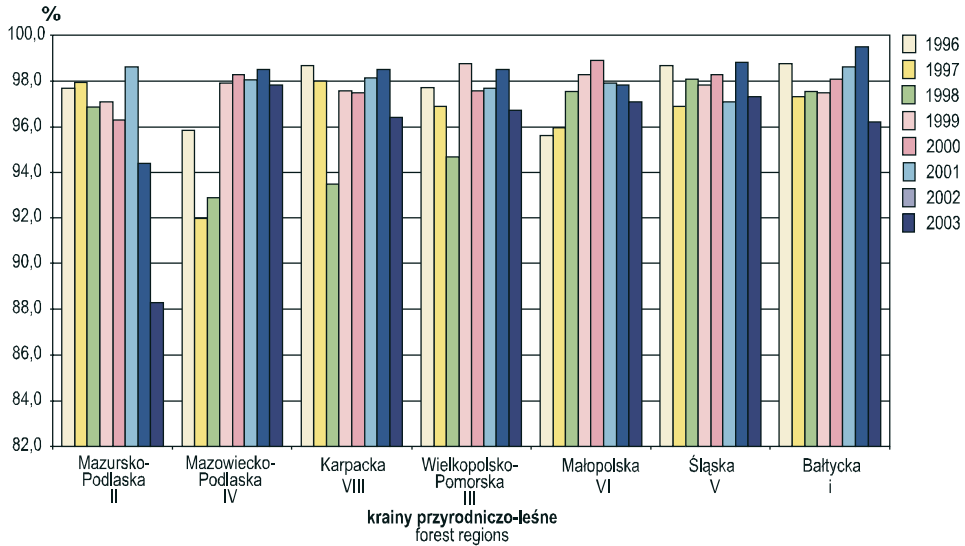
significance proved by Levene's test

" wg testu Tukeya brak istotności

acc. to Tukey's test no significance

** kreskami połączono krajiny lub lata, których średnie nie różnią się istotnie między sobą

** lines combine regions or years whose means are not statistically different



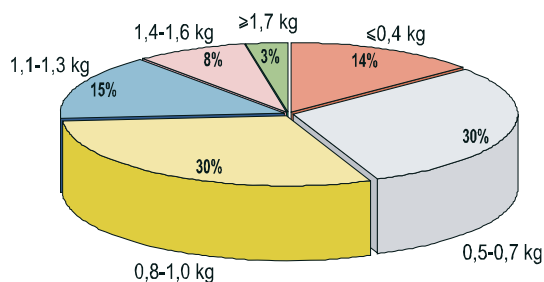
Ryc. 4. Zdolność kielkowania nasion niepostarzanych (%) w różnych latach i krainach przyrodniczo-leśnych

Fig. 4. Germination capacity of non-aged seeds (%) in different years in natural-forest regions

nasiona sosny, wpłynął stymulująco na wzrost ich żywotności. Analizy statystyczne wykazały, że nasiona z 2003 r. charakteryzowały się istotnie większą odpornością na stresowe warunki testu postarzania niż nasiona z lat 1996–1998.

4. WYKORZYSTANIE WYNIKÓW BADAŃ I WNIOSKI

Wyniki dotychczasowych badań monitoringowych są wykorzystywane na bieżąco w gospodarczej działalności Lasów Państwowych. W grudniu każdego roku Zakład Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych za pośrednictwem Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych informuje nadleśnictwa o wstępnym rozpoznaniu wydajności i żywotności nasion w różnych regionach Polski. Informacje te ułatwiają podjęcie decyzji, czy celowy jest zbiór szyszek i wyłuszczenie nasion. Na przykład w 2000 r. nadleśnictwa zostały powiadomione o zapowiadającej się bardzo niskiej wydajności nasion w północnych regionach kraju. W związku z tym wiele nadleśnictw zrezygnowało ze zbioru szyszek, a w niektórych RDLP wprowadzono kontrolę wydajności nasion z szyszek przed podjęciem decyzji o zbiorze i o łuszczeniu gospodarczym. Prognozę o niskiej wydajności nasion sosny potwierdziły między innymi kontrolne badania przeprowadzone przed wyłuszczeniem przez stację oceny nasion w Kłosnowie dla 125 partii szyszek z terenu RDLP Gdańsk, Piła i Toruń. Zaledwie 11% partii szyszek charakteryzowało się zadowalającą wydajnością nasion (1,4 kg ze 100 kg szyszek i powyżej), natomiast



Ryc. 5. Procentowy udział prób szyszek sosnowych o różnej wydajności nasion pochodzących z rdLP w Piłi, Gdańsku i Toruniu, ocenionych w sezonie 2000/2001 (wydajność w kg nasion ze 100 kg szyszek)

Fig. 5. Percentage of pine cone samples of different seed output assessed in the 2000/2001 season in the framework of pre-collection testing of seed lots from Regional Directorate of the State Forests in Piła, Gdańsk and Toruń (output – in kg of seed from 100 kg of cones)

aż u 44% z nich wydajność ta była tak niska (0,7 kg ze 100 kg szyszek i poniżej), że niecelowe było ich wyluszczenie (ryc. 5).

Wyniki badań monitoringowych z lat 1996–2003 wskazują na istnienie istotnych różnic pomiędzy regionami kraju i latami w wydajności obradzania, żywotności i odporności nasion na warunki stresowe. Najniższą wydajnością obradzania oraz najmniejszą masą nasion i najmniejszymi wymiarami zarodków charakteryzuje się Kraina II. Pełne wykorzystanie wyników badań monitoringowych będzie możliwe dopiero wtedy, gdy dla różnych regionów kraju (krajów przyrodniczo-lesnych) na podstawie wieloletnich obserwacji zostaną ustalone poziomy odniesienia (średnie wieloletnie) dla wskaźników obradzania i jakości nasion sosny. Dopiero porównanie obserwacji z danego roku z przeciętnymi wskaźnikami dla każdej krainy przyrodniczo-lesnej pozwoli na ocenę intensywności obradzania lub jakości nasion w danym roku.

Praca została złożona 10.09.2004 r. i przyjęta przez Komitet Redakcyjny 29.11.2004 r.

LITERATURA

- Gozdalik M. 1999: Zależność między wielkością zarodka i prąbielma a wzrostem jednorocznych siewek sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) i świerka pospolitego (*Picea abies* Karst). Praca doktorska, maszynopis w Zakładzie Informacji Naukowej IBL.
- Kantorowicz W. 2000: Half a century of seeds years in major tree species of Poland. *Silvae Genet.* Vol. 49 H. 6: 245-249.
- Machaniček J. 1981: Výzkum kritérií určujících vchodnost 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.
- Wawrzoniak J., Adamski L., Dobrowolski M., Fałtynowicz W., Lech P., Kluziński L., Kolk A., Małachowska J., Sierota Z., Solon J., Woreta D., Wójcik J., Wyrzykowski S., Zajączkowski S., Załęski A. 2000: Stan uszkodzenia lasów w Polsce w 1999 roku na podstawie badań monitoringowych. *Biblioteka Monitoringu Środowiska*, Warszawa: 5-14.

- Załęski A. 1990: Wpływ wielkości zarodka w nasionach gatunków iglastych na udatność siewów i rozwój siewek. Biuletyn Inst. Bad. Leś., 2 (14): 15-17.
- Załęski A. 1991: Różnice w warunkach wykształcania się nasion a wczesne testowanie proveniencji drzew iglastych. Not. Nauk. Inst. Bad. Leś., 1: 1-3.
- 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., Borkowska E. 1993: Zależność między wielkością zarodka i bielma a wzrostem jednorocznych siewek sosny czarnej (*Pinus nigra* Arn.) Prace Inst. Bad. Leś., 752: 3-17.
- Załęski A., Gozdalik M. 1994: Standardowe wymiary zarodka i bielma nasion sosny zwyczajnej w Polsce i ich znaczenie dla oceny żywotności nasion. Prace Inst. Bad. Leś., A, 780: 47-60.
- Załęski A., Kantorowicz W. 1993: Obradzanie najważniejszych gatunków drzew leśnych w latach 1957–1991. Not. Nauk. Inst. Bad. Leś., 2 (21): 1-7.
- 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.