

Zmienność nasion *Pinus sylvestris* L. z uwzględnieniem barwy okrywy nasiennej

Variability of *Pinus sylvestris* L. seeds including seed coat colour

Jacek Banach^{1*} , Kinga Skrzyszewska¹ , Beata Pańczyk^{1,2}

¹Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie, Wydział Leśny, Katedra Ekologii i Hodowli Lasu, al. 29-Listopada 46, 31-425 Kraków;

²Nadleśnictwo Zagnańsk, ul. Przemysłowa 10 A, 26-050 Zagnańsk

*Tel. +48 12 6625125, e-mail: rlbanch@cyf-kr.edu.pl

Abstract. The aim of this work was to compare the variability of Scots pine *Pinus sylvestris* L. seeds collected in three forest sites in the Radomsko Forest District. This comparison was mainly based on viability and weight of 1000 seeds, which was then used to calculate seed value for each sample. Furthermore, seed size was assessed by measuring their length, width and area, using the WinSeedle software. All evaluated samples belonged to viability class I. Seeds originating from the Bąkowa Góra forest range were characterized by the highest weight, best viability and the largest size. In the next stage of our research, we performed an analysis of variability parameters taking the colour of the seed coat into consideration. For this analysis, the seeds were divided into three colour groups (fawn, brown, black) and their vitality and weight were assessed separately. The share of fawn seeds was 9.4%, brown 39.6% and black 50.9%. The weight of 1000 seeds and seed size parameters of fawn seeds were slightly higher than those of the black and brown seeds. The fawn and black seeds belonged to vitality class I, while brown seeds belonged to vitality class II. Despite the observed variability, seeds belonging to different colour groups did not show statistically significant differences in other measured parameters. The factor with the greatest impact on the seed parameters was the site of origin, which differed in their forest site type. Larger and heavier seeds came from the broadleaved forest site compared to the coniferous forest sites.

Keywords: Scots pine, seed purity, seed viability, seed weight, WinSeedle software

Słowa kluczowe: Sosna zwyczajna, czystość nasion, żywotność nasion, ciężar 1000 nasion, program WinSeedle

1. Wstęp

Zmienność jest cechą naturalną wszystkich żywych organizmów. Może dotyczyć pojedynczego osobnika, części lub całej populacji. Każda partia nasion określonego gatunku tworzy populację składającą się z nasion o różnych indywidualnych właściwościach. Różnorodność dotyczy barwy, rozmiaru, kształtu, powierzchni oraz właściwości fizjologicznych i składu chemicznego (Duczmal, Tucholska 2000).

Nasiona pochodzące z szyszek sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* L. zebranych jesienią w drugim roku po kwitnieniu są już fizjologicznie dojrzałe oraz zdolne do skielkowania, lecz nie nadają się do długiego przechowywania. Pełną dojrzałość osiągają dopiero zimą, dlatego szyszki zbiera się od grudnia do lutego, z gałęzi drzew ściętych, rzadziej z rosnących (Załęski 1995). Pozyskane nasiona charakteryzuje duża zmienność barwy, co jednak nie jest powiązane z osiągnięciem przez nie fazy dojrzałości (Cram, Lindquist 1979). Zagadnienie dotyczące barwy nasion drzew leśnych

i jej związku z innymi cechami analizowano rzadko. Badania przeprowadzone w Rosji (Novikov et al. 2019; Novikov, Ivetić 2019) wykazały wpływ tego czynnika na odmienną adaptację sadzonek na uprawie. Stwierdzono także różną zawartość kwasu chlorogenowego w okrywach nasion o różnym zabarwieniu, którego obecność może wpływać na odporność kiełkujących siewek na mikroorganizmy patogeniczne (Grzywacz, Twaróg 1977). W kolejnych badaniach wykazano, że frakcje kolorystyczne nasion sosny różniły się długością i współczynnikiem kulistości (Kaliniewicz et al. 2014), a także liczbą nasion skielkowanych (Mukassabi et al. 2012; Kaliniewicz et al. 2013). Częściej badania dotyczyły parametrów nasion wykorzystywanych jako cechy rozdzielcze, np. w procesie sortowania (Tylek 2004, 2012; Kaliniewicz et al. 2017), czy czasu potrzebnego do skielkowania (Norden et al. 2009). Wykazanie wpływu zabarwienia nasion na ich parametry, w tym na poziom kiełkowania, może zostać wykorzystane jako cecha rozdzielcza w obecnie konstruowanych separatorach optycznych (Tylek et al. 2021).

Wpłynęło: 19.12.2021 r., recenzowano: 4.01.2021 r., zaakceptowano: 15.02.2021 r.

Celem badań prezentowanych w artykule było porównanie zmienności nasion sosny zwyczajnej, pozyskanych w drzewostanach rosnących na czterech typach siedliskowych lasu, w zależności od barwy okrywy nasiennej. Oceniono żywotność, ciężar 1000 nasion i ich rozmiar w zależności od wyróżnionej klasy zabarwienia (czarne, brunatne, płowe). Pierwsza hipoteza badawcza zakładała, że materiał siewny zebrany z sosen rosnących na innych siedliskach nie będzie różnił się udziałem nasion o określonym zabarwieniu okrywy nasiennej, natomiast druga, że barwa okrywy nasiennej nie będzie miała związku z parametrami nasion.

2. Materiał i metody

Przedmiotem badań były nasiona sosny zwyczajnej zebrane z drzew rosnących w czterech gospodarczych drzewostanach nasiennych w Nadleśnictwie Radomsko. Drzewostany charakteryzował zbliżony wiek drzew oraz lokalizacja z wysokością n.p.m., natomiast różnił siedliskowy typ lasu (tab. 1). W każdym drzewostanie w okresie zimowym (XI/XII) wykonano kontrolowany zbiór szyszek (od 0,3 do 1,5 tony) w trzech drzewostanach z drzew stojących, a w jednym obiekcie z drzew ściętych. Nasiona wyłuszczone metodą termiczną w szafie luszczarskiej. Z każdej partii nasion pozyskano próbki średnie o masie 40 g, zgodnie z obowiązującą procedurą, tj. najpierw w kilku miejscach pobrano próbki pierwotne do utworzenia próbki ogólnej, z której wydzielono próbkę średnią metodą po przekątnej kwadratu.

W pierwszym etapie badań z każdej próbki średniej metodą kratownicy wydzielono próbkę laboratoryjną o masie ok. 20 g nasion, a następnie oceniono jej czystość (c , %), żywotność (z , %) i ciężar 1000 nasion (t , g) zgodnie z procedurą oceny

kwalifikacyjnej (ISTA 2012), a klasy czystości i żywotności określono według polskiej normy PN-R-65700 (1998).

W drugim etapie dla każdej ocenianej partii, z frakcji nasion czystych, pobrano po 400 sztuk (4×100). Nasiona rozdzielono na podstawie barwy ich okrywy nasiennej na trzy klasy: czarne, brunatne – ciemnobrązowe z dodatkiem szarości oraz płowe – żółte z odcieniem szarości (ryc. 1). Aby zminimalizować subiektywność oceny barwy, rozdziału na klasy dokonano przy wykorzystaniu programu WinSeedle Pro (Regent Instruments Inc. 2000) oraz skanera Epson STD 1600+. Najpierw stworzono plik kalibracyjny, w którym zdefiniowano poszczególne klasy barwy okrywy nasiennej, stosując po 3 warianty zabarwienia w każdej klasie, z tolerancją odcienia dla wariantu $\pm 10\%$. Następnie zeskanowano wszystkie próbki liczące po 100 nasion i wykonano ich klasyfikację na podstawie udziału klasy zabarwienia. Nasiona o niejednorodnym zabarwieniu okrywy nasiennej były przypisywane do tej klasy zabarwienia, której udział był największy. Po wykonaniu klasyfikacji nasiona zdejmowano ze skanera, oddzielnie dla każdej frakcji zabarwienia.

Dla każdej ocenianej setki nasion obliczono procentowy udział wyróżnionych klas zabarwienia okrywy nasiennej. Próbki nasion zważono z dokładnością do 0,001 g, przeliczając masę danej liczby nasion na ciężar 1000 nasion. Równocześnie z analizą zabarwienia w programie WinSeedle określono wielkość pojedynczego nasiona, tj. jego długość [mm], szerokość [mm] i powierzchnię [mm²]. Dokładność pomiaru parametrów wielkości nasion wynosiła 1 piksel, co przy zastosowanej rozdzielczości 800 dpi daje wartość 0,03175 mm. Dla określenia różnic w żywotności, uprzednio wydzielone i zważone nasiona w klasach zabarwienia okrywy poddano próbie kiełkowania na kiełkowniku typu Jacobsen, zgodnie z wytycznymi podawanymi dla oceny kwalifikacyjnej (ISTA 2012).

Tabela 1. Charakterystyka drzewostanów nasiennych sosny zwyczajnej w Nadleśnictwie Radomsko, z których pochodziły nasiona wykorzystane do badań

Table 1. Characteristics of Scots pine seed stands in the Radomsko Forest District, from which the seeds used for the research were derived

Leśnictwo Pododdział Forest Subdistrict Subcompartment	Charakterystyka / Characteristic					
	powierzchnia drzewostanu [ha] stand area [ha]	wiek drzew [lata] trees age [years]	wysokość n.p.m. [m] altitude [m]	typ siedliskowy lasu* forest site type*	współrzędne geograficzne geographical coordinates	
					długość (E) longitude (E)	szerokość (N) latitude (N)
Bąkowa Góra 24c	3,64	111	195	Bśw	19.54	51.70
Kruszyna 315g	3,41	133	230	BMśw	19.46	50.58
Grzebień 243c	5,81	101	215	BMw	19.28	51.00
Bąkowa Góra 52c	6,20	110	235	LMśw	19.50	51.80

*Bśw – bór świeży / fresh coniferous forest; BMśw – bór mieszany świeży / fresh mixed coniferous forest; BMw – bór mieszany wilgotny / moist mixed coniferous forest; LMśw – las mieszany świeży / fresh mixed broadleaved forest



Rycina 1. Próbkę nasion sosny zwyczajnej, podzieloną na trzy frakcje kolorystyczne, od lewej: nasiona czarne, brunatne i pło-we (fot. B. Pańczyk)

Figure 1. Scots pine seed sample, divided into three colour fractions, from the left: black, brown and fawn seeds (photo B. Pańczyk)

W celu sprawdzenia istotności różnic między udziałem wyróżnionych klas barwy okrywy nasiennej zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji (model stały), natomiast do oceny wpływu interakcji „siedlisko × klasa barwy okrywy nasiennej” na zróżnicowanie analizowanych parametrów nasion (długości, szerokości i powierzchni) – dwuczynnikową analizę wariancji (model stały). W przypadku obydwu analiz określono grupy jednorodne testem Tukeya przy poziomie istotności $p=0,05$. Analizę statystyczną wykonano z wykorzystaniem programu Statistica 13.3 (Tibco Software Inc. 2017).

3. Wyniki

3.1. Zmienność nasion

Udział frakcji nasion czystych w poszczególnych próbkach laboratoryjnych był wyrównany i mieścił się w zakresie od 97,2 do 98,8%. Poziom czystości analizowanych partii nasion zaklasyfikowano jako wysoki (>98%), poza jedną próbką z leśnictwa Bąkowa Góra 52c, która charakteryzowała się nieznacznie niższą wartością tego parametru (97,2%), tj. średnią

klasą czystości nasion. Badane nasiona wykazały również niewielkie zróżnicowanie pod względem żywotności, z wartościami w przedziale od 94,4 do 95,5%, które tworzyły tę samą grupę jednorodną, a wszystkie analizowane próbki zaliczały się do pierwszej klasy żywotności nasion (>91%). Ciężar 1000 nasion różnicował badane drzewostany i wahał się w granicach 5,9–6,4 g. Największą wartość tego parametru osiągnęły nasiona pochodzące z drzewostanu Bąkowa Góra 52c, natomiast najniższe okazały się nasiona z drzewostanu Grzebień 234c. Wielkość pojedynczych nasion sosny zwyczajnej pod względem trzech parametrów (powierzchni, długości, szerokości) była zróżnicowana. Największe były nasiona pochodzące z leśnictwa Bąkowa Góra 52c, mniejsze – z leśnictwa Bąkowa Góra 24c, natomiast najmniejsze i zarazem o jednakowych średnich wartościach ocenianych parametrów (te same grupy jednorodne) były nasiona z drzewostanów Kruszyna 315g i Grzebień 243c (tab. 2).

3.2. Parametry nasion a barwa okrywy nasiennej

Kolejny etap badań dotyczył analizy zmienności nasion w zależności od barwy okrywy nasiennej. Udział wyróżnio-

Tabela 2. Przeciętne parametry nasion (\pm SE) sosny zwyczajnej z poszczególnych drzewostanów nasiennych (a-c – grupy jednorodne wyznaczone testem Tukeya, $p=0,05$)

Table 2. Average parameters (\pm SE) of Scots pine seeds from individual seed stands (a-c – homogeneous groups determined by Tukey's test, $p=0.05$)

Leśnictwo Pododdział Forest Subdistrict Subcompartment	Siedliskowy typ lasu* Forest site type*	Parametry nasion / Seed parameters					
		czystość purity [%]	żywo- ność viability [%]	ciężar 1000 nasion weight of 1000 seeds [g]	powierzchnia area [mm ²]	długość length [mm]	szerokość width [mm]
Bąkowa Góra 24c	Bśw	98,8	94,4 ± 0,8 ^a	6,1 ± 0,1 ^{bc}	7,5 ± 0,1 ^b	4,3 ± 0,0 ^b	2,5 ± 0,0 ^b
Kruszyna 315g	BMśw	98,3	95,1 ± 0,7 ^a	6,2 ± 0,0 ^{ab}	7,3 ± 0,1 ^c	4,2 ± 0,0 ^c	2,5 ± 0,0 ^b
Grzebień 243c	BMw	98,0	94,8 ± 1,2 ^a	5,9 ± 0,1 ^c	7,3 ± 0,1 ^c	4,2 ± 0,0 ^c	2,5 ± 0,0 ^b
Bąkowa Góra 52c	LMśw	97,2	95,5 ± 0,8 ^a	6,4 ± 0,1 ^a	7,8 ± 0,1 ^a	4,4 ± 0,0 ^a	2,6 ± 0,0 ^a

*siedliskowy typ lasu – zob. tab. 1 / forest habitat type – see Table 1

nych klas zabarwienia okrywy nasiennej (czarna, brunatna i płowa) różnił się znacznie. Dla wszystkich ocenianych nasion sosny zwyczajnej największy udział miały nasiona czarne (50,9%), następnie nasiona brunatne (39,6%), natomiast najmniej było nasion płowych (9,5%), a uzyskane wartości różniły się istotnie. Nasiona czarne i brunatne były przeciętnie nieznacznie lżejsze od nasion płowych (o 3,2%), jednak nie była to różnica istotna. Nasiona czarne i płowe zaliczono do pierwszej klasy żywotności, natomiast brunatne do klasy drugiej, przy czym wartości średnie tworzyły jedną grupę jednorodną. Nie zaobserwowano wyraźnych różnic w wielkości pojedynczego nasiona w zależności od barwy okrywy nasiennej. Nasiona czarne i brunatne były przeciętnie takie same, a ich powierzchnia, długość i szerokość wynosiły odpowiednio 7,5 mm², 4,3 i 2,5 mm. Nieznacznie większe były nasiona płowe, ze średnią wartością odpowiednio 7,7 mm², 4,3 oraz 2,6 mm. Nie stwierdzono istotnego zróżnicowania, a wszystkie średnie dla poszczególnych cech tworzyły tę samą grupę jednorodną (tab. 3).

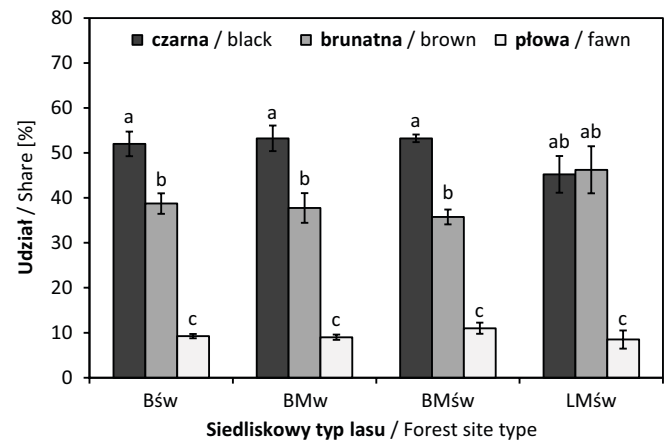
3.3. Analiza interakcji „siedlisko × barwa okrywy nasiennej”

Na trzech siedliskach borowych udział nasion w poszczególnych klasach zabarwienia okrywy nasiennej był wyrównany i wynosił: przeciętnie 53% nasion czarnych, 37% brunatnych i 10% nasion płowych, tworząc oddzielne grupy jednorodne. Na siedlisku lasowym udział nasion płowych był nieznacznie niższy (o ok. 1,5%) w porównaniu do wartości średniej dla siedlisk borowych. Dla klasy nasion czarnych i brunatnych udział wynosił ok. 46% (ta sama grupa jednorodna) i był porównywalny z udziałem nasion o takim samym zabarwieniu okrywy na siedliskach borowych (ryc. 2).

Oceniając efekt interakcyjny dla nasion płowych z siedliska boru świeżego, zaobserwowano istotnie wyższą ich żywotność w porównaniu do nasion brunatnych. Żywotnością porównywalną do nasion płowych (ta sama grupa jedno-

rodna) charakteryzowały się nasiona o czarnych okrywach pozyskane z sosen rosnących na siedlisku lasu mieszanego świeżego. W pozostałych przypadkach interakcji klasy zabarwienia okrywy nasiennej i siedliska żywotność nasion nie różniła się istotnie. Odmienny wynik uzyskano dla ciężaru 1000 nasion. Dla siedliska boru świeżego, podobnie jak dla żywotności, ciężar 1000 nasion płowych był istotnie większy niż nasion brunatnych. Porównywalne do nasion płowych na siedlisku boru świeżego były nasiona płowe oraz brunatne pozyskane z sosen w lesie mieszanym świeżym. Nasiona we wszystkich klasach zabarwienia nie różniły się istotnie w przypadku boru mieszanego wilgotnego i świeżego (ryc. 3).

Analiza wpływu siedliska na parametry rozmiaru nasion w klasach zabarwienia okrywy nasiennej nie wykazała kie-



Rycina 2. Udział (± SE) nasion sosny zwyczajnej w klasach barwy okrywy nasiennej i siedliskowych typach lasu; a-c – grupy jednorodne wyznaczone testem Tukeya ($p=0,05$), siedliskowy typ lasu – zob. tab. 1

Figure 2. Share (± SE) of Scots pine seeds in seed coat colour classes and forest site types; a-c – homogeneous groups determined by Tukey's test ($p=0.05$), type of forest site – see Tab. 1

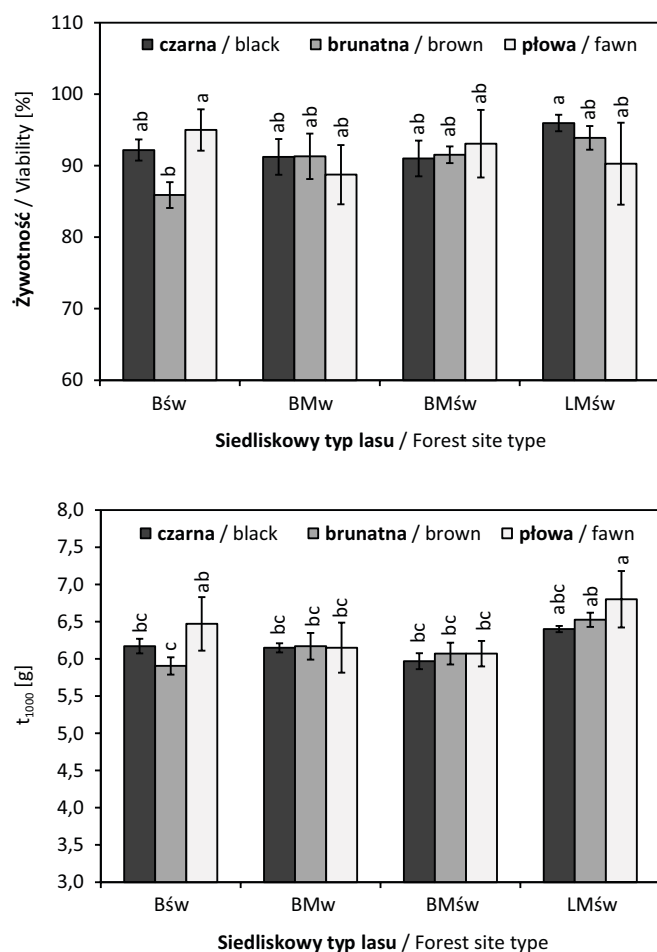
Tabela 3. Udział i przeciętne parametry nasion sosny zwyczajnej w klasach zabarwienia okrywy nasiennej (a-c – grupy jednorodne wyznaczone testem Tukeya, $p=0,05$)

Table 3. Share and average parameters of Scots pine seeds in seed coat colour classes (a-c – homogeneous groups determined by Tukey's test, $p=0.05$)

Barwa okrywy nasiennej Seed coat colour	Udział Share [%]	Parametr nasion / Seed parameter				
		żywołność viability [%]	ciężar 1000 nasion weight of 1000 seeds [g]	powierzchnia area [mm ²]	długość length [mm]	szerokość width [mm]
Czarna Black	50,9 ± 1,5 ^a	92,6 ± 1,0 ^a	6,2 ± 0,1 ^a	7,5 ± 0,0 ^a	4,3 ± 0,0 ^a	2,5 ± 0,0 ^a
Brunatna Brown	39,6 ± 1,8 ^b	90,7 ± 1,2 ^a	6,2 ± 0,1 ^a	7,5 ± 0,0 ^a	4,3 ± 0,0 ^a	2,5 ± 0,0 ^a
Płowa Fawn	9,5 ± 0,6 ^c	91,8 ± 2,1 ^a	6,4 ± 0,2 ^a	7,7 ± 0,1 ^a	4,3 ± 0,0 ^a	2,6 ± 0,0 ^a

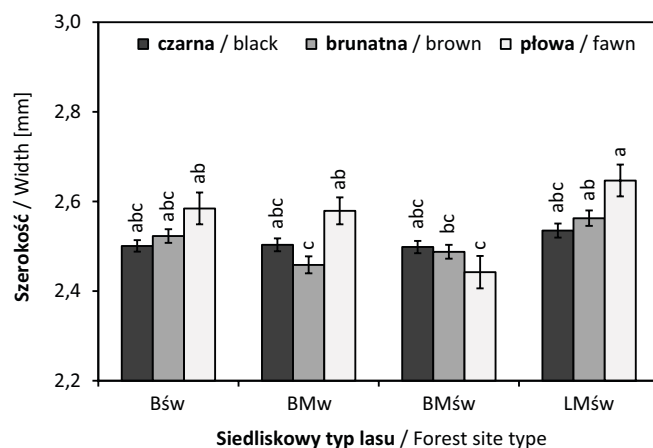
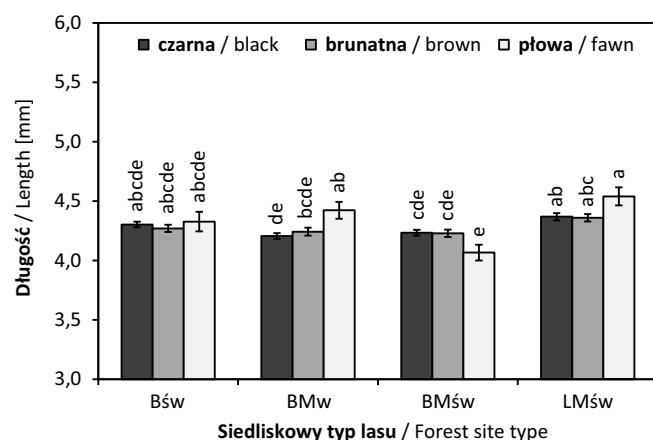
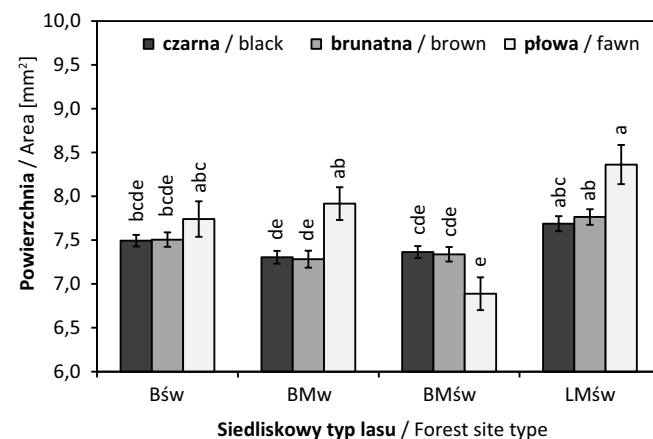
runkowej zmiany, związanej z zasobnością siedliska lub jego wilgotnością. Nasiona płowe charakteryzowały się przeciętnie największymi parametrami wielkości, tj. długością, szerokością i powierzchnią, niezależnie od siedliskowego typu lasu, z wyjątkiem tych zebranych na siedlisku boru mieszanego świeżego, jednak nie była to różnica istotna względem dwu pozostałych klas. Nasiona brunatne i czarne uzyskały podobne parametry wielkości w zróżnicowanych warunkach siedliskowych. W odniesieniu do materiału nasiennego pozyskanego z drzewostanu na borze mieszanym wilgotnym wykazano istotną różnicę (różne grupy jednorodne) między frakcją nasion płowych a pozostałymi (powierzchnia nasiona), płowych i czarnych (długość nasiona) oraz płowych i brunatnych (szerokość nasiona). Największe i istotne różnice dla parametrów wielkości nasion stwierdzono dla frakcji nasion płowych. Nasiona płowe pochodzące z boru mieszanego wilgotnego (BMw) charakteryzowały się istotnie mniejszymi parametrami (oddzielne grupy jednorodne) w po-

równaniu do nasion płowych zebranych z sosen rosnących na pozostałych typach siedliskowych lasu (ryc. 4).



Rycina 3. Żywotność (\pm SE) i ciężar 1000 nasion – t_{1000} (\pm SE) sosny zwyczajnej w klasach barwy okrywy nasiennej i siedliskowych typach lasu; a-c – grupy jednorodne wyznaczone testem Tukeya ($p=0,05$), siedliskowy typ lasu – zob. tab. 1

Figure 3. Viability (\pm SE) and weight of 1000 seeds – t_{1000} (\pm SE) of Scots pine seeds in seed coat colour classes and forest site types; a-c – homogeneous groups determined by Tukey's test ($p=0.05$), type of forest site – see Tab. 1



Rycina 4. Przeciętne parametry (\pm SE) nasion sosny zwyczajnej w klasach barwy okrywy nasiennej i siedliskowych typach lasu, a-e – grupy jednorodne wyznaczone testem Tukeya ($p=0,05$), siedliskowy typ lasu – zob. tab. 1

Figure 4. Average parameters (\pm SE) of Scots pine seeds in colour classes of seed coat and in forest site types, a-e – homogeneous groups determined by Tukey's test ($p=0.05$), type of forest site – see Tab. 1

4. Dyskusja

Przeprowadzona analiza wykazała bardzo dobrą jakość ocenianych nasion sosny zwyczajnej. Trzy próbki nasion charakteryzował wysoki poziom czystości (powyżej 98%), a jedną średni. We wszystkich próbkach nasiona kiełkowały na zbliżonym poziomie i wszystkie można było zakwalifikować do I klasy żywotności. Ciężar 1000 nasion wahał się w przedziale od 5,9 g do 6,4 g i nie różnił się znacznie od wartości średniej określonej dla sosny rosnącej w Polsce, która wynosi ok. 6,2 g (Załęski, Bodył 2005). Nieco niższą wartość tego parametru, wynoszącą 5,8 g uzyskała Aniszewska (2006), przy czym wykazała, że ciężar nasion jest powiązany z kształtem szyszki. Najcięższe nasiona pozyskuje się z szyszek wydłużonych, a najlżejsze – z szyszek o kształcie jajowatym, przy różnicy w ciężarze powyżej 20%.

Każdy drzewostan, z którego pozyskano nasiona rośnie na innym siedlisku, różniącym się poziomem wilgotności i zasobnością. Najmniejszą i największą wartość żywotności reprezentowały nasiona pochodzące z jednego leśnictwa (Bąkowa Góra), ale zebrane z drzewostanów rosnących w różnych warunkach siedliskowych. Najwyższą żywotność reprezentowały nasiona pochodzące z siedliska lasu mieszanego świeżego (LMśw), najniższą natomiast z boru świeżego (Bśw), jednak otrzymane różnice okazały się statystycznie nieistotne. Nasiona pozyskane w drzewostanie rosnącym na siedlisku LMśw odznaczały się istotnie wyższą masą 1000 nasion, względem tych pozyskanych na siedliskach BMw i Bśw. W przypadku parametrów nasion (powierzchni, długości i szerokości) największe wartości średnie uzyskano również dla nasion z siedliska LMśw, jednak dla każdej cechy wartości średnie tworzyły tę samą grupę jednorodną, co wskazuje na brak istotnych różnic. Można zatem było zauważyć wpływ siedliska na kształtowanie się parametrów nasion, co potwierdzają wyniki badań nasion sosny zwyczajnej obejmujące 10 drzewostanów w środkowej i wschodniej Europie (Köbölkuti, Höhn 2018). Wprawdzie w prezentowanych badaniach większe wartości parametrów nasion uzyskano dla siedliska lasowego a mniejsze dla wszystkich siedlisk borowych, jednakże uwzględnienie tylko jednego siedliska lasowego nie upoważnia do sformułowania w tym zakresie bardziej ogólnego wniosku.

Nasiona sosny zwyczajnej mają najczęściej zabarwienie czarne, brunatne i płowe (Załęski 1995). W prezentowanych badaniach wykazano najwyższy udział nasion czarnych (50,9%), mniejszy brunatnych (39,6%), natomiast najmniej było nasion płowych (9,4%). Podobny przeciętny udział tych samych klas zabarwienia okrywy nasiennej został stwierdzony przez Grzywacza i Twaróg (1977). Inne wartości uzyskali Udval i Batkhuu (2013), z udziałem nasion czarnych wynoszącym ok. 45% i płowych ok. 24%, a także Kaliniewicz i in. (2013), odpowiednio 40 i 21%. Aniszewska (2006) uzyskała jeszcze mniejszy udział nasion czarnych wynoszący przeciętnie 37%, i zdecydowanie wyższy udział nasion płowych – 29%. Cytowana autorka zauważyła jednak, że udział nasion o danym zabarwieniu okrywy nasiennej zależy

od kształtu szyszki, a najczęściej nasion czarnych (40%) występuje w szyszkach kształtu jajowatego. Na zróżnicowany udział poszczególnych frakcji kolorystycznych może wpływać wzrokowa klasyfikacja nasion stosowana przez poszczególnych badaczy lub pochodzenie nasion użytych do analiz. Według Čerepnina (1980) sosna zwyczajna rosnąca na siedliskach wilgotnych wytwarza więcej nasion ciemniejszych w porównaniu do siedlisk suchych, gdzie większy udział mają nasiona jasne. W niniejszych badaniach takiego wyniku nie zaobserwowano, jednak podobną zależność uzyskano dla zasobności siedliska. Więcej nasion czarnych stwierdzono na siedliskach uboższych – borowych (>52%) w porównaniu do siedliska bogatszego – lasowego (ok. 45%).

Ciężar 1000 nasion był w niewielkim stopniu związany z ich zabarwieniem. Nasiona płowe były nieznacznie cięższe niż czarne i brunatne, tylko o ok. 2,7%, co potwierdza rezultat uzyskany przez Grzywacza i Twaróg (1977). Podobnie do ciężaru, żywotność nasion o różnym zabarwieniu okrywy była dość zbliżona, a różnica wyniosła zaledwie 1,9%. Mimo tak małej różnicy nasiona czarne i płowe zaliczono do I klasy żywotności, natomiast nasiona brunatne do II klasy. Odmienne wyniki uzyskano w badaniach przeprowadzonych w Mongolii, w których najwyższe było kiełkowanie nasion czarnych – 92,3%, niższe nasion brunatnych – 81,2% i najniższe płowych – 60,7% (Udval, Batkhuu 2013). Zatem według polskiej klasyfikacji (Załęski et al. 2000) kiełkowanie nasion czarnych można zakwalifikować do I klasy żywotności, brunatnych do II klasy, natomiast płowych jako materiał pozaklasowy. Zbieżny z rezultatem uzyskanym przez Udvala i Batkhuu (2013) był wynik analizy nasion sosny zwyczajnej pozyskanych w populacjach rosnących w Anglii, w których również wykazano mniejszą masę i słabsze kiełkowanie jaśniejszych nasion (Mukassabi et al. 2012).

W przedstawionych badaniach nasiona płowe charakteryzowały się przeciętnie największymi wartościami parametrów (długości, szerokości i powierzchni). Analizując równoczesny wpływ siedliska i zabarwienia okrywy nasiennej nasion, nie zaobserwowano kierunkowej zmiany w przypadku pierwszego z czynników. Dla boru mieszanego wilgotnego uzyskano istotną różnicę, na co wskazuje przynależność średnich do oddzielnych grup jednorodnych, między frakcją nasion płowych a pozostałych (powierzchnia nasiona), płowych i czarnych (długość nasiona) oraz płowych i brunatnych (szerokość nasiona). Największe różnice parametrów wielkości nasion uzyskano dla frakcji płowych w przypadku boru mieszanego wilgotnego (BMw) i lasu mieszanego świeżego (LMśw).

5. Podsumowanie i wnioski

Wszystkie próbki nasion z drzewostanów Nadleśnictwa Radomsko charakteryzowały się wysokim poziomem czystości (>98%), z wyjątkiem nasion z oddziału 52c leśnictwa Bąkowa Góra, które wykazały średni poziom czystości (97,2%). Nie stwierdzono statystycznej różnicy w przypadku żywotności nasion i wszystkie próbki zaklasyfikowano do I klasy.

Ciężar 1000 nasion zależał od miejsca zebrania próbki nasion, czyli siedliska na którym wzrastał drzewostan, jednak nie odbiegał on znacząco od średniej dla Polski, wynoszącej 6,2 g.

Przeciętny udział nasion czarnych był największy i wynosił 50,9%, brunatnych 39,6%, a płowych 9,5%. Poszczególne partie różniły się istotnie udziałem procentowym nasion o określonej barwie okrywy nasiennej, jedynie dla siedliska lasu mieszanego świeżego udział nasion czarnych i brunatnych był wyrównany. Odrzucono zatem hipotezę o braku wpływu siedliska na udział poszczególnych klas zabarwienia okrywy nasiennej.

Parametry nasion płowych (ciężar, długość, szerokość, powierzchnia) były nieznacznie większe niż nasion brunatnych oraz czarnych, jednak ta różnica nie była istotna statystycznie, co potwierdza hipotezę badawczą o braku wpływu na nie barwy okrywy nasiennej. Jednakże analiza tych parametrów przy uwzględnieniu interakcji barwy okrywy nasiennej i miejsca pozyskania nasion (siedlisko) wskazała w przypadku boru mieszanego świeżego na istotnie mniejsze wartości parametrów nasion płowych w porównaniu do takich nasion wydzielonych na pozostałych siedliskach.

Konflikt interesów

Autorzy deklarują brak potencjalnych konfliktów.

Podziękowania i źródło finansowania

Autorzy dziękują Nadleśnictwu Radomsko za przekazanie nasion sosny zwyczajnej do analiz. Prace sfinansowano z subwencji Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego dla Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie na rok 2020 (SUB/040012/D019).

Literatura

- Aniszewska M. 2006. Connection between shape of pine (*Pinus sylvestris*) cones and weight, colour and number of seeds extracted from them. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Forestry* 9(1): #03.
- Čerepnin V.L. 1980. *Izmenčivost' semân sosny obyknovennoj*. Novosibirsk: Izd-vo "Nauka", Sibirskoe otdelenie, 183 s.
- Cram W.H., Lindquist C.H. 1979. Maturity of Scots pine cones. *The Forestry Chronicle* 55(5): 170–174. DOI 10.5558/tfc55170-5.
- Duczmal K., Tucholska H. 2000. Zmienność i różnorodność jakości nasion, w: K.W. Duczmal, H. Tucholska (red.) *Nasiennictwo*. Tom 1. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań, 131–133. ISBN 978-83-09017-32-5.
- Grzywacz A., Twaróg M. 1977. Barwa nasion sosny zwyczajnej a podatność siewek na pasożytniczą zgorzel. *Sylwan* 121(7): 57–63.
- ISTA 2012. *International Rules for Seed Testing*. The International Seed Testing Association (ISTA), Bassersdorf, Switzerland. Wersja 2012. Wydanie Polskie. Wyd. Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików.
- Kaliniewicz Z., Markowski P., Anders A., Tylek P., Krzysiak Z., Fura S. 2017. Wpływ wieku drzewostanu macierzystego na wybrane cechy fizyczne nasion świerka pospolitego. *Sylwan* 161(7): 548–557. DOI 10.26202/Sylwan.2017045.
- Kaliniewicz Z., Tylek P., Markowski P., Anders A. 2013. Correlations between the germination capacity and selected physical properties of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seeds. *Baltic Forestry* 19(2): 201–211.
- Kaliniewicz Z., Tylek P., Markowski P., Anders A., Rawa T., Głażewska E. 2014. Analysis of correlations between selected physical properties and colour of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seeds. *Technical Sciences* 17(3): 259–274.
- Köbölkuti A., Höhn M. 2018. Habitat type differentiation in peripheral *Pinus sylvestris* populations based on seed traits and germination data. *Studia Botanica Hungarica* 49(1): 97–119. DOI 10.17110/StudBot.2018.49.1.97.
- Mukassabi T.A., Polwart A., Coleshaw T., Thomas P.A. 2012. Does Scots pine seed colour affect its germination? *Seed Science and Technology* 40(2): 155–162. DOI 10.15258/sst.2012.40.2.01.
- Norden N., Daws M.I., Antoine C., Gonzalez M.A., Garwood N.C., Chave J. 2009. The relationship between seed mass and mean time to germination for 1037 tree species across five tropical forests. *Functional Ecology* 23(1): 203–210. DOI 10.1111/j.1365-2435.2008.01477.x.
- Novikov A., Ivetić V. 2019. The effect of seed coat color grading on height of one-year-old container-grown Scots pine seedlings planted on post-fire site. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 226: 012043. DOI 10.1088/1755-1315/226/1/012043.
- Novikov A., Sokolov S., Drapalyuk M., Zelikov V., Ivetić V. 2019. Performance of Scots pine seedlings from seeds graded by colour. *Forests* 10: 1064. DOI 10.3390/f10121064.
- PN-R65700 1998. *Materiał siewny – Nasiona drzew i krzewów leśnych i zadrzewieniowych*. Wyd. Polski Komitet Normalizujący, Warszawa.
- Regent Instruments Inc. 2000. *Image Analysis for Plant Science: WinSeedle ProTM*. Quebec City, Canada, https://regentinstruments.com/assets/winseedle_about.html [2.01.2021].
- Tibco Software Inc. 2017. *Statistica (data analysis software system)* (Wersja 13, <http://statistica.io>).
- Tylek P. 2004. Wybrane cechy rozdzielcze i kryteria separacji nasion modrzewia europejskiego. *Sylwan* 148(4): 27–33. DOI 10.26202/Sylwan.2004088.
- Tylek P. 2012. Wielkość i kształt jako cechy rozdzielcze nasion dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.). *Acta Agrophysica* 19(3): 673–687.
- Tylek P., Tadeusiewicz R., Jabłoński M., Piłat A., Kaliniewicz Z., Adamczyk F., Klocek J. 2021. Machine vision systems for pre-sowing preparation of acorns. *Przegląd Elektrotechniczny* 97(1): 188–191. DOI 10.15199/48.2021.01.39.
- Udval B., Batkhuu N. 2013. Seed and cone characteristics of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) from diverse seed sources in Northern Mongolia. *Eurasian Journal of Forest Research* 16(1): 57–62.
- Załęski A. 1995. Szczegółowa charakterystyka ważniejszych gatunków drzew i krzewów iglastych dla potrzeb nasiennictwa leśnego, w: A. Załęski (red.) *Nasiennictwo leśnych drzew krzewów iglastych*. Wydawnictwo Świat, Warszawa, 138–140. ISBN 978-83-85597-27-8.
- Załęski A., Aniśko E., Kantorowicz W. 2000. Oznaczanie żywotności nasion drzew i krzewów leśnych metodą kiełkowania, w: *Zasady i metodyka oceny nasion w Lasach Państwowych. Załącznik nr 2*. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, 73–78. ISBN 978-83-88478-14-7.

- Załęski A., Bodył M. 2005. Intensywność obradzania i jakość nasion sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) na stałych powierzchniach obserwacyjnych monitoringu lasu w latach 1996–2003. *Leśne Prace Badawcze* 65(2): 57–72.
- Załęski A., Kantorowicz W. 2000. Oznaczanie czystości, masy, wydajności i wilgotności nasion drzew i krzewów leśnych, w: A. Załęski (red.) *Zasady i metodyka oceny nasion w Lasach Państwowych. Załącznik nr 1*. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, 6–23. ISBN 978-83-88478-14-7.

Wkład autorów

J.B. – koncepcja badań, analiza statystyczna wyników, przegląd literatury, przygotowanie grafiki, napisanie pracy, redakcja tekstu; K.S. – analiza wyników, przegląd literatury, redakcja tekstu; B.P. – wykonanie badań, analiza wyników, napisanie pracy.