

Zdzisław KALINIEWICZ<sup>1)</sup>, Piotr MARKOWSKI<sup>1)</sup>, Tadeusz RAWA<sup>1)</sup>, Artur GRABOWSKI<sup>1)</sup>, Sławomir FURA<sup>2)</sup><sup>1)</sup> Katedra Maszyn Roboczych i Procesów Separacji, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie<sup>2)</sup> Wyłuszcarnia nasion im. Zdzisława Borońskiego, Nadleśnictwo Maskulińskie, Ruciane-Nida.

## Współzależność między zdolnością kiełkowania a wybranymi cechami nasion świerka pospolitego (*Picea Abies*)

### Streszczenie

Określono prędkość krytyczną unoszenia, grubość, szerokość, długość, kąt tarcia ślizgowego i masę nasion świerka pospolitego z 3 jego partii oraz wyznaczono dla nich współczynniki kształtu, pole przekroju poprzecznego, objętość i gęstość. Następnie nasiona te poddano kiełkowaniu, a proces ten scharakteryzowano zdolnością kiełkowania. Porównano te cechy między sobą wykorzystując analizę wariancji z klasyfikacją pojedynczą oraz analizę korelacji. Zauważono, że ze wskaźnikiem czasu kiełkowania nasion, zarówno tych krótkookresowo, jak i długookresowo przechowywanych, najbardziej jest związana ich prędkość krytyczna unoszenia i masa. Aby uzyskać wyższą zdolność kiełkowania z materiału nasiennego należy wydzielić nasiona najlżejsze, a dla uzyskania większej równomierności wschodów wysiewanych nasion – przeprowadzić sortowanie za pomocą rozdzielaczy pneumatycznych lub wibracyjnych.

**Słowa kluczowe:** świerk pospolity, nasiona, cechy fizyczne, kiełkowanie

### A correlation between germination capacity and selected physical characteristics of norway spruce (*Picea Abies*) seeds

#### Summary

The critical transport velocity, thickness, width, length, the angle of sliding friction, weight, shape factors, cross-sectional area, volume and density of Norway spruce seeds from three seed batches were determined. The germination capacity of seeds was also estimated. The examined attributes were compared by a single classification analysis of variance and a correlation analysis. In both short-term and long-term stored seeds, the highest correlation was observed between germination time and the critical transport velocity and weight of seeds. In order to increase germination capacity, the lightest seeds should be separated from the seed material, and to promote even sprouting – the seeds should be sorted using pneumatic and vibrating separators.

**Key words:** Norway spruce, seed, physical characteristics, germination

#### Wykaz oznaczeń:

$F$  – pole przekroju poprzecznego nasion, [mm<sup>2</sup>],

$K_m, K_w$  – współczynniki kształtu nasion,

$m$  – masa nasion, [mg],

$S$  – odchylenie standardowe cechy,

$T, W, L$  – grubość, szerokość i długość nasion, [mm],

$T_n$  – czas wytworzenia prawidłowego kiełka w nasionie, [24 h],

$T_o$  – czas prowadzenia obserwacji kiełkowania, [24 h],

$W_k$  – wskaźnik czasu kiełkowania,

$v$  – prędkość krytyczna unoszenia nasion, [m·s<sup>-1</sup>],

$V$  – objętość nasion, [mm<sup>3</sup>],

$V_s$  – współczynnik zmienności cechy, [%],

$X, X_{max}, X_{min}$  – wartość średnia, maksymalna i minimalna wartość cechy,

$\gamma$  – kąt tarcia ślizgowego nasion, stopień,

$\epsilon_k$  – zdolność kiełkowania, [%],

$\epsilon_w$  – skuteczność wydzielenia nasion niekiełkujących, [%],

$\rho$  – gęstość nasion, [g·cm<sup>-3</sup>].

#### Wstęp

Świerk pospolity (*Picea abies* (L.) Karst.) jest drzewem osiagającym do 50 m wysokości i do 200 cm pierśnicy. Rośnie dobrze na stanowiskach słonecznych i półcienistych, chłodnych o dużej wilgotności powietrza (Pirc 2006). W lasach Polski udział drzewostanów z jego panowaniem jest stosunkowo niewielki – wynosi ok. 5,6%. Występuje on ponadto jako cenna domieszka ekologiczna lub drugie piętro w różnych drzewostanach i na różnorodnych siedliskach. Gatunek ten wyróżnia duża produktywność drewna, zdecydowanie najwyższa ze wszystkich gatunków lasotwórczych w Polsce (Murat 2002).

Materiał nasienny świerka pospolitego można pozyskiwać z drzew już w wieku ok. 20 lat, o ile rosną na otwartej przestrzeni. W zwartym drzewostanie świerk zaczyna obradzać w wieku ok. 60 lat (Gil, Kinelski 2003). Zerwane na przełomie listopada i grudnia szyszki poddaje się wyłuszczeniu,

a wydobyte nasiona oskrzydłaniu. Usunięcie skrzydełek zapewnia mechanizację dalszych procesów czyszczenia, przechowywania, przysposobiania i siewu nasion (Załęski 1995). Nasiona podsuszone do wilgotności 7÷7,5%, umieszczone w hermetycznych pojemnikach w temperaturze 2÷5°C, można przechowywać bez utraty wysokiej zdolności kiełkowania nawet do 6 lat. Przy utrzymywaniu temperatury w zakresie od 0 do -15°C jest możliwe przechowywanie nasion nawet do 30 lat (Murat 2002). Dla celów gospodarczych można przyjąć, że progowa wartość wilgotności nasion świerka pospolitego wynosi 3,5% (Aniśko i in. 2006).

W procesach czyszczenia i sortowania nasion świerka pospolitego stosuje się przede wszystkim urządzenia sitowe, pneumatyczne oraz będące ich kombinacją maszyny złożone (Załęski 1995). W praktyce ich parametry funkcjonowania dobiera się intuicyjnie przez przeprowadzenie kilku

prób czyszczenia. W dostępnej literaturze, jak dotychczas, brakuje wyczerpujących informacji na temat występujących współzależności między cechami fizycznymi nasion a ich zdolnością kiełkowania.

Celem pracy było określenie współzależności między podstawowymi cechami fizycznymi nasion świerka pospolitego (prędkość krytyczna unoszenia, wymiary, kąt tarcia ślizgowego, masa, współczynniki kształtu, pole przekroju poprzecznego, objętość i gęstość) a ich zdolnością kiełkowania, rozpatrywanych w aspekcie eliminacji z materiału nasion pośludnych.

## Metodyka

Materiał badawczy stanowiły 3 partie nasion świerka pospolitego pochodzące z wyłuszczeni nasion w Rucianej-Nidzie, a pozyskane z regionu nasiennego nr 202, zlokalizowanego w mazursko-podlaskiej krainie przyrodniczo leśnej. Dwie partie nasion pochodziły ze zbiorów szyszek z 2007 roku, a jedna z 1999 roku. Poszczególne partie nasion pozyskano z drzewostanów o następującej charakterystyce:

- nr rejestrowy – MP/1/28828/05, kategoria leśnego materiału rozmnożeniowego – ze zidentyfikowanego źródła, rodzaj – drzewostan, gmina w którym leży obiekt – Kowale Oleckie, siedliskowy typ lasu – las świeży, wiek – 126 lat (oznaczenie – ZZ-126),
- nr rejestrowy – MP/1/23709/05, kategoria leśnego materiału rozmnożeniowego – ze zidentyfikowanego źródła, rodzaj – drzewostan, gmina w którym leży obiekt – Kruklanki, siedliskowy typ lasu – las świeży, wiek – 135 lat (oznaczenie – ZZ-135),
- materiał bez numeru rejestrowego (drzewostan wycofany z użytkowania przed wprowadzeniem rejestru), rodzaj – drzewostan, gmina w którym leży obiekt – Kruklanki, siedliskowy typ lasu – las świeży, wiek – 135 lat (oznaczenie – PO-135).

Dla wyznaczenia fizycznych cech nasion materiał rozsypano na blat stołu i podzielono go metodą „przez przepalanie” (Załęski 1995) równomiernie na tyle części, aby ostatecznie w jednej próbce znalazło się nieco ponad 100 nasion. W związku z powyższym liczebności próbek nie były jednakowe i wynosiły: ZZ-126 – 119, ZZ-135 – 419, PO-135 – 124.

Na początku określono prędkość krytyczną unoszenia nasion za pomocą klasyfikatora pneumatycznego firmy Petkus, typu K-293, który umożliwiał jej wyznaczenie z dokładnością do  $0,11 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (dokładność odczytu natężenia strumienia powietrza –  $1 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ ). Dla usprawnienia dokonywania pomiarów tej cechy początkowo nasiona podzielono na frakcje, zmieniając prędkość strumienia powietrza co  $0,55 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , w wyniku czego uzyskano po 7 frakcji dla każdej próby nasion. Następnie ustawiano prędkość strumienia powietrza w zakresie zmienności danej frakcji ze skokiem co  $0,11 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  i po kolei wprowadzano nasiona do pneumatycznego kanału klasyfikatora przy danej jego wartości. Nasiona opadające w strumieniu powietrza powtórnie kierowano do kanału, po ustawieniu wyższej jego prędkości. Nasionom uniesionym strumieniem powietrza przypisywano prędkość krytyczną środka przedziału aktualnej wartości strumienia powietrza i poprzednio ustawionej.

Wymiary nasion określono za pomocą mikroskopu warsztatowego typu MWM 2325 i przyrządu na bazie czujnika zegarowego zgodnie z metodyką opisaną w pracy (Kaliniewicz i in. 2011).

Kąt tarcia ślizgowego wyznaczono na równi pochyłej o regulowanym ustawieniu, z płaszczyzną tarcą z blachy stalowej ST3S (GPS –  $Ra = 0,46 \mu\text{m}$ ). Każde nasiono układano na poziomo ustawionej równi osi podłużną równoległe do nachylenia powierzchni. Następnie zwiększano kąt nachylenia równi aż do momentu wystąpienia ruchu nasiona. Wartość kąta odczytywano z kątomierza z dokładnością do  $1^\circ$ .

Masę nasion odczytywano na wadze laboratoryjnej WAA 100/C/2 z dokładnością do  $0,1 \text{ mg}$ .

Dla określania kształtu nasion obliczono współczynniki sferyczności według następujących zależności (Grochowicz 1994):

$$K_m = \frac{W}{L} \quad (1)$$

$$K_w = \frac{T}{L} \quad (2)$$

Przyjęto, że nasiona świerka pospolitego kształtem są zbliżone do elipsoidy. W związku z powyższym pole przekroju poprzecznego  $F$  oraz objętość  $V$  poszczególnych nasion obliczono z następujących wzorów:

$$F = \frac{\pi \cdot W \cdot T}{4} \quad (3)$$

$$V = \frac{\pi \cdot L \cdot W \cdot T}{6} \quad (4)$$

Gęstość  $\rho$  nasion obliczono z zależności:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (5)$$

Aby określić zdolność kiełkowania nasion ułożono je na nawilżonej bibule w akwarium. Doświadczenie przeprowadzano w zalecanym zakresie zmian temperatury (od  $20$  do  $30^\circ\text{C}$ ), a nasiona przetrzymywano w zaciemnieniu. Ubytki wody uzupełniano codziennie za pomocą spryskiwacza, nie dopuszczając do całkowitego wyschnięcia bibuli. Obserwację efektów kiełkowania przeprowadzano dwa razy w ciągu dnia, o godzinie  $8:00$  i  $20:00$ . Do nasion sskiełkowanych zaliczano te, które wytworzyły kiełek o długości wynoszącej co najmniej  $\frac{3}{4}$  długości nasiona. Doświadczenie zakończono po 28 dobach obserwacji, czyli po okresie dwukrotnie dłuższym niż jest on przewidziany dla optymalnych warunków kiełkowania.

Wskaźnik czasu kiełkowania nasion  $W_k$  wyznaczono z następującej zależności:

$$W_k = \frac{T_o - T_n}{T_o} \quad (6)$$

Dla nasion nieskiełkowanych przyjęto  $W_k = 0$ .

Zdolność kiełkowania  $\varepsilon_k$  obliczono ze stosunku liczby nasion sskiełkowanych w danym okresie pomiarowym do liczby wszystkich nasion znajdujących się w próbce.

Skuteczność wydzielenia nasion niekiełkujących  $\varepsilon_w$  obliczono jako udział liczby niekiełkujących nasion wydzielanych przy zastosowaniu danej cechy rozdzielczej do całkowitej liczby nasion niekiełkujących w danej próbce.

Wyniki pomiarów i obliczeń opracowano przy użyciu programów „Winstat” i „Statistica”, wykorzystując ogólnie znane procedury statystyczne (analiza wariancji i analiza korelacji).

## Wyniki i dyskusja

Charakterystykę materiału badawczego przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Parametry statystyczne rozkładów cech nasion świerka pospolitego  
Table 1. Statistical distribution of the physical attributes of Norway spruce seeds

Partia nasion; Batch of seeds	Cecha/wskaźnik; Attribute/indicator	$x_{min}$	$x_{max}$	$X$	$S$	$V_s$
ZZ-126	$v$	5,23	8,53	7,40 <sup>A</sup>	0,654	8,83
	$T$	1,06	1,95	1,50 <sup>B</sup>	0,153	10,19
	$W$	1,65	2,67	2,14 <sup>A</sup>	0,232	10,85
	$L$	3,41	5,12	4,25 <sup>B</sup>	0,385	9,06
	$\gamma$	20	59	36,1 <sup>A</sup>	7,463	20,67
	$m$	2,3	9,9	6,2 <sup>B</sup>	1,459	23,36
	$K_m$	0,390	0,647	0,505 <sup>A</sup>	0,053	10,49
	$K_w$	0,247	0,491	0,355 <sup>A</sup>	0,042	11,73
	$F$	1,612	3,615	2,525 <sup>B</sup>	0,420	16,65
	$V$	4,056	10,941	7,202 <sup>B</sup>	1,607	23,31
	$\rho$	0,458	1,209	0,872 <sup>A</sup>	0,122	14,00
$W_k$	0	0,732	0,542 <sup>A</sup>	0,194	35,72	
ZZ-135	$v$	5,23	8,53	7,39 <sup>A</sup>	0,647	8,76
	$T$	0,97	1,99	1,51 <sup>B</sup>	0,169	11,14
	$W$	1,64	2,72	2,12 <sup>A</sup>	0,229	10,80
	$L$	3,37	5,01	4,24 <sup>B</sup>	0,334	7,87
	$\gamma$	23	61	34,7 <sup>A</sup>	6,452	18,61
	$m$	2,1	9,6	6,4 <sup>B</sup>	1,462	22,76
	$K_m$	0,369	0,685	0,501 <sup>A</sup>	0,055	10,90
	$K_w$	0,276	0,495	0,358 <sup>A</sup>	0,039	10,87
	$F$	1,387	3,995	2,528 <sup>B</sup>	0,462	18,28
	$V$	3,254	10,573	7,193 <sup>B</sup>	1,593	22,15
	$\rho$	0,506	1,180	0,897 <sup>A</sup>	0,108	12,09
$W_k$	0	0,732	0,465 <sup>B</sup>	0,234	50,30	
PO-135	$v$	4,68	8,53	7,15 <sup>B</sup>	0,792	11,08
	$T$	1,18	2,10	1,58 <sup>A</sup>	0,203	12,89
	$W$	1,64	3,49	2,18 <sup>A</sup>	0,253	11,60
	$L$	3,51	5,42	4,40 <sup>A</sup>	0,376	8,54
	$\gamma$	22	68	35,6 <sup>A</sup>	7,008	19,68
	$m$	2,8	10,0	6,9 <sup>A</sup>	1,392	20,07
	$K_m$	0,395	0,672	0,500 <sup>A</sup>	0,053	10,72
	$K_w$	0,288	0,471	0,359 <sup>A</sup>	0,041	11,49
	$F$	1,700	4,989	2,716 <sup>A</sup>	0,532	19,58
	$V$	4,352	17,261	8,044 <sup>A</sup>	2,078	25,83
	$\rho$	0,315	1,148	0,881 <sup>A</sup>	0,128	14,48
$W_k$	0	0,661	0,256 <sup>C</sup>	0,231	90,33	

A, B, C – różne litery oznaczają różnice statystycznie istotne na poziomie 0,01  
A, B, C – different letters in the superscript indicate significant differences at a level of 0.01

W okresie pomiarowym prawidłowo rozwinięte kiełki zanotowano u następującej liczby nasion: ZZ-126 – 110, ZZ-135 – 103 i PO-135 – 87. Zdolność kiełkowania dla tych partii nasion wynosi odpowiednio: 92,4; 86,6 i 70,2%. Jak widać nasiona przechowywane długookreso-

wo tracą wyraźnie zdolność kiełkowania, co potwierdza również Załęski (1995).

Najwyższe wartości współczynnika zmienności cech fizycznych odnotowano dla masy nasion (od 20,1 do 23,4%) i kąta tarcia ślizgowego (od 18,6 do 20,7%). Dla pozostałych cech parametr ten przyjmuje wartość od ok. 8 do ok. 13%. Analizując masę nasion świerka pospolitego widać, że zmienia się ona w zakresie od 2,1 do 10 mg. Średnia jej wartość jest bardzo podobna do tej uzyskanej przez Kluczyńskiego (1992), zawiera się w przedziale podanym przez Załęskiego (1995) i jest nieco mniejsza od uzyskanej dla nasion z południowej Polski (Oleksyn i in. 1998). Rozpatrując wartości obliczonych wskaźników można zauważyć, że najmniejszą zmiennością charakteryzują się współczynniki kształtu  $K_m$  i  $K_w$ , a największą – wskaźnik kiełkowania  $W_k$ .

Do oceny istotności różnic między wartościami średnimi badanych cech i obliczonych wskaźników przeprowadzono analizę wariancji z klasyfikacją pojedynczą. Statystycznie istotnych różnic nie odnotowano dla szerokości, kąta tarcia ślizgowego, współczynników kształtu i gęstości nasion świerka pospolitego. Partie nasion krótkookresowo przechowywanych (ZZ-126 i ZZ-135) różniły się istotnie tylko pod względem wskaźnika czasu kiełkowania. Ogólnie można stwierdzić, że nasiona pozyskane w 1999 roku były większe od nasion zebranych w 2007 roku, co się przełożyło również na większą masę i mniejszą prędkość krytyczną unoszenia tych nasion.

Tabela 2. Porównanie istotności różnic między cechami skielkowanych i nieskielkowanych nasion świerka pospolitego

Table 2. Significance of differences between the attributes of germinated and non-germinated Norway spruce seeds

Nasiona; Seeds	Cecha; Attribute	Partia nasion; Batch of seeds		
		ZZ-126	ZZ-135	PO-135
Skielkowane; Germinated	$v$	7,51 <sup>A</sup>	7,52 <sup>A</sup>	7,29 <sup>A</sup>
	$T$	1,51 <sup>A</sup>	1,53 <sup>A</sup>	1,58 <sup>A</sup>
	$W$	2,14 <sup>A</sup>	2,14 <sup>A</sup>	2,21 <sup>A</sup>
	$L$	4,26 <sup>A</sup>	4,25 <sup>A</sup>	4,40 <sup>A</sup>
	$\gamma$	35,7 <sup>b</sup>	34,2 <sup>b</sup>	35,2 <sup>A</sup>
	$m$	6,4 <sup>A</sup>	6,6 <sup>A</sup>	7,1 <sup>A</sup>
	$K_m$	0,504 <sup>A</sup>	0,505 <sup>a</sup>	0,504 <sup>a</sup>
	$K_w$	0,357 <sup>a</sup>	0,361 <sup>a</sup>	0,360 <sup>A</sup>
	$F$	2,540 <sup>A</sup>	2,579 <sup>A</sup>	2,747 <sup>A</sup>
	$V$	7,256 <sup>A</sup>	7,334 <sup>A</sup>	8,129 <sup>A</sup>
	$\rho$	0,892 <sup>A</sup>	0,911 <sup>A</sup>	0,892 <sup>A</sup>
Nieskielkowane; Non-germinated	$v$	6,14 <sup>B</sup>	6,53 <sup>B</sup>	6,80 <sup>B</sup>
	$T$	1,36 <sup>B</sup>	1,41 <sup>B</sup>	1,58 <sup>A</sup>
	$W$	2,15 <sup>A</sup>	1,98 <sup>B</sup>	2,12 <sup>A</sup>
	$L$	4,15 <sup>A</sup>	4,20 <sup>A</sup>	4,41 <sup>A</sup>
	$\gamma$	41,4 <sup>a</sup>	37,8 <sup>a</sup>	36,5 <sup>A</sup>
	$m$	4,3 <sup>B</sup>	5,1 <sup>B</sup>	6,5 <sup>b</sup>
	$K_m$	0,520 <sup>A</sup>	0,472 <sup>b</sup>	0,482 <sup>b</sup>
	$K_w$	0,328 <sup>b</sup>	0,336 <sup>b</sup>	0,358 <sup>A</sup>
	$F$	2,331 <sup>A</sup>	2,205 <sup>B</sup>	2,641 <sup>A</sup>
	$V$	6,542 <sup>A</sup>	6,290 <sup>b</sup>	7,843 <sup>A</sup>
	$\rho$	0,633 <sup>B</sup>	0,803 <sup>B</sup>	0,853 <sup>A</sup>

A, B – różne litery oznaczają różnice statystycznie istotne na poziomie 0,01  
A, B – different letters in the superscript indicate significant differences at a level of 0.01

a, b – różne litery oznaczają różnice statystycznie istotne na poziomie 0,05  
a, b – different letters in the superscript indicate significant differences at a level of 0.05

Źródło: obliczenia własne autorów  
Source: author's calculation

W wyniku przeprowadzonego porównania cech skielkowanych i nieskielkowanych nasion świerka pospolitego (tab. 2) stwierdzono, że różnią się one przede wszystkim prędkością krytyczną unoszenia oraz masą. Statystycznie istotnych różnic dla badanych partii nasion nie odnotowano jedynie dla ich długości.

Uwzględniając wyznaczone statystyczne różnice postanowiono sprawdzić, czy można podwyższyć zdolność kiełkowania danych partii nasion przez wydzielenie z nich nasion niekiełkujących. Założono, że dopuszczalne straty nasion, które są zdolne do wytworzenia prawidłowego kiełka, nie przekroczą 3%. Wyniki efektów wydzielenia nasion niekiełkujących przy zastosowaniu danej granicy podziałowej podano w tabeli 3.

Tabela 3. Skuteczność wydzielenia  $\varepsilon_w$  nasion niekiełkujących z surowca i zdolność kiełkowania  $\varepsilon_k$  nasion w produkcie świerka pospolitego wg przyjętych granic podziałowych procesu rozdzielania

Table 3. Separation efficiency  $\varepsilon_w$  of non-germinating seeds in raw material and germination capacity  $\varepsilon_k$  of seeds in the product of Norway spruce according to the adopted limit of classification in the separation process

Partia nasion; Batch of seeds	Granica podziałowa; Limit of classification	$\varepsilon_w$ [%]	$\varepsilon_k$ [%]
ZZ-126	$v = 6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	66,7	97,3
	$T = 1,20 \text{ mm}$	22,2	94,0
	$\gamma = 53^\circ$	11,1	93,1
	$m = 3,8 \text{ mg}$	66,7	97,3
	$K_w = 0,292$	11,1	93,0
	$\rho = 0,725$	77,8	98,2
ZZ-135	$v = 6,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	50,0	92,6
	$T = 1,26 \text{ mm}$	18,8	88,5
	$W = 1,68 \text{ mm}$	12,5	87,9
	$\gamma = 48^\circ$	12,5	87,7
	$m = 4,2 \text{ mg}$	56,3	93,5
	$K_w = 0,302$	18,8	88,5
	$F = 1,940 \text{ mm}^2$	37,5	90,8
	$V = 4,375 \text{ mm}^3$	25,0	89,6
PO-135	$\rho = 0,760$	50,0	92,7
	$v = 6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	10,8	72,3
	$m = 5,1 \text{ mg}$	18,9	73,5
	$K_m = 0,412$	10,8	71,8

Źródło: obliczenia własne autorów  
Source: author's calculation

Najwyższą skuteczność wydzielenia nasion niekiełkujących można uzyskać przez ich frakcjonowanie pod względem prędkości krytycznej unoszenia i masy. Najłatwiejsze wydaje się zatem wykorzystanie w procesie rozdzielczym pionowego strumienia powietrza, dobierając parametry maszyny czyszczącej tak, aby do odpadu kierowane były nasiona najlżejsze. Pozwala to podnieść zdolność kiełkowania nasion do poziomu 97,3% dla ZZ-126, 92,6% dla ZZ-135 i 72,3 dla PO-135, przy całkowitych stratach nasion odpowiednio: 5,9, 9,2 i 4,1%. Jak widać najmniejszy wzrost zdolności kiełkowania odnotowano dla nasion długookresowo przechowywanych. Dla nasion krótkookresowo przechowywanych jest możliwe wykorzystanie jako cechy rozdzielczej również gęstości nasion, np. przez ich pławienie w roztworze o określonej gęstości. Proces taki pozwalałby uzyskać zdolność kiełkowania na poziomie 98,2 i 92,7%, ale ze względu na trudność jego realiza-

cji i podobną skuteczność przy zastosowaniu strumienia powietrza, raczej nie powinien być zalecany.

Wyniki analizy korelacji prostoliniowej między wskaźnikiem czasu kiełkowania i pozostałymi cechami nasion świerka pospolitego przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Współczynniki korelacji prostoliniowej Pearsona między wskaźnikiem czasu kiełkowania a innymi cechami nasion świerka pospolitego z trzech jego partii

Table 4. Coefficients of Pearson's linear correlation between germination time and other attributes of Norway spruce seeds from three batches

Zmienne; Variables		Współczynnik korelacji obliczony dla: Coefficients of correlation calculated for:		
X	Y	ZZ-126 <sup>1)</sup>	ZZ-135 <sup>1)</sup>	PO-135 <sup>2)</sup>
$W_k$	$v$	0,511	0,562	0,279
	$T$	0,278	0,328	0,093
	$W$	0,040	0,323	0,175
	$L$	0,032	0,103	0,002
	$\gamma$	-0,303	-0,154	-0,149
	$m$	0,408	0,450	0,197
	$K_m$	0,021	0,248	0,188
	$K_w$	0,237	0,262	0,116
	$F$	0,187	0,378	0,162
	$V$	0,140	0,329	0,119
	$\rho$	0,535	0,299	0,062

<sup>1)</sup>Wartość krytyczną współczynnika korelacji 0,180

<sup>1)</sup>Critical value of the correlation coefficient 0.180

<sup>2)</sup>Wartość krytyczną współczynnika korelacji 0,176

<sup>2)</sup>Critical value of the correlation coefficient 0.176

Źródło: obliczenia własne autorów  
Source: author's calculation

Można zauważyć, że najmniejsze wartości współczynnika korelacji zanotowano dla długości nasion, a największe dla prędkości krytycznej unoszenia i masy nasion. Wynika z tego, że dla uzyskania bardziej równomiernych wschodów należy rozważać podzielenie surowca na frakcje za pomocą rozdzielacza pneumatycznego lub wibracyjnego. Ponadto stwierdzono, że nasiona długookresowo przechowywane charakteryzują się wyraźnie mniejszą wartością współczynnika korelacji w stosunku do nasion krótkookresowo przechowywanych, prawie dla wszystkich cech. Świadczy to o niecelowości frakcjonowania tych nasion przed wykonywaniem ich siewu.

Zestawienie zdolności kiełkowania 3 potencjalnych frakcji nasion uzyskiwanych z wykorzystaniem pionowego strumienia powietrza, z wcześniejszym odseparowaniem nasion niekiełkujących (tab. 3), podano w tabeli 5.

Stwierdzono, że sortowanie nie przyczynia się do uzyskania dużej koncentracji wschodów. Można rozważać jedynie oddzielenie od danych partii nasion krótkookresowo przechowywanych tzw. nasion ciężkich, przy zastosowaniu strumienia powietrza o prędkości ok.  $v = 7,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Nasiona te można byłoby wykorzystać do wysiewu w szkółkach kontenerowych, gdzie ze względu na cykl produkcyjny, bardzo ważne jest zachowanie jak najwyższej równomierności wschodów. Pozostałą frakcję nasion proponuje się wysiewać w szkółkach tradycyjnych, gdzie równomierne wschody nie wpływają już tak istotnie na jakość uzyskiwanych sadzonek, gdyż proces ich produkcji trwa znacznie dłużej.

Tabela 5. Udział skielkowanych nasion świerka pospolitego w zależności od współczynnika czasu kiełkowania

Table 5. Effect of germination time on the percentage of germinated Norway spruce seeds

Partia nasion; Batch of seeds	Zakres $W_k$ ; Range $W_k$	Udział nasion; Percentage of seeds [%]			
		Razem; total	po podzieleniu na frakcje; after division into fractions		
			$v < 7,0$ [m·s <sup>-1</sup> ]	$v = 7,0 \div 7,7$ [m·s <sup>-1</sup> ]	$v > 7,7$ [m·s <sup>-1</sup> ]
ZZ-126	0,001÷0,100	0	0	0	0
	0,101÷0,200	0,9	0,9	0	0
	0,201÷0,300	3,7	0	0,9	2,8
	0,301÷0,400	1,8	0,9	0,9	0
	0,401÷0,500	11,9	2,8	7,3	1,8
	0,501÷0,600	28,4	3,7	11,9	12,8
	0,601÷0,700	36,7	5,5	21,1	10,1
	0,701÷0,800	13,8	0	8,3	5,5
	0*	2,8	0	1,8	1,0
ZZ-135	0,001÷0,100	1,8	0	1,8	0
	0,101÷0,200	0,9	0	0,9	0
	0,201÷0,300	5,6	3,7	1,0	0,9
	0,301÷0,400	8,3	0,9	5,5	1,9
	0,401÷0,500	11,1	4,6	5,6	0,9
	0,501÷0,600	26,9	4,6	10,2	12,1
	0,601÷0,700	30,6	4,6	11,2	14,8
	0,701÷0,800	7,4	0	1,8	5,6
	0*	7,4	3,7	3,7	0
PO-135	0,001÷0,100	8,4	4,2	4,2	0
	0,101÷0,200	10,9	5,9	2,5	2,5
	0,201÷0,300	5,1	0,9	2,5	1,7
	0,301÷0,400	5,9	2,5	2,5	0,9
	0,401÷0,500	21,9	9,2	4,2	8,5
	0,501÷0,600	17,6	9,2	2,5	5,9
	0,601÷0,700	2,5	0,8	0	1,7
	0,701÷0,800	0	0	0	0
	0*	27,7	16,8	6,7	4,2

\*Nasiona nieskielkowane w okresie badawczym

\*Seeds that did not germinate over the experimental period

Źródło: obliczenia własne autorów  
Source: author's calculation

Ze względu na to, że podobne rezultaty kiełkowania uzyskano przy podziale materiału nasiennego z wykorzystaniem masy, wyników tych już nie podawano w niniejszej pracy.

## Wnioski

1. Zdolność kiełkowania nasion świerka pospolitego przechowywanych przez okres 12 lat wynosiła ok. 70%, zaś

## Zdzisław Kaliniewicz

Wydział Nauk Technicznych  
Katedra Maszyn Roboczych i Procesów Separacji  
ul. Oczapowskiego 11/3A, 10-719 Olsztyn  
tel. (089) 523-39-34  
e-mail: [arne@uwm.edu.pl](mailto:arne@uwm.edu.pl)

dwóch kolejnych partii przechowywanych przez 4 lata – ok. 86 i 92%.

2. Z analizy statystycznej wynika, że spośród przyjętych w badaniach cech, najsilniej skorelowane ze współczynnikiem czasu kiełkowania są masa i prędkość krytyczna unoszenia nasion. Cechy te (z preferencją na prędkość krytyczną unoszenia) można wykorzystać do oddzielania nasion poślednich i w ten sposób poprawić zdolność kiełkowania materiału siewnego.

3. Przeprowadzone badania wskazują, że czas skielkowania zależy od dorodności nasion – nasiona o większej masie szybciej kiełkują niż nasiona o masie mniejszej. W związku z tym, w celu zapewnienia równomiernych wschodów (szczególnie ważne w uprawie sadzonek w warunkach kontrolowanych), jest uzasadnione sortowanie materiału nasiennego na frakcje za pomocą rozdzielaczy pneumatycznych lub wibracyjnych.

## Literatura

- Aniśko E., Wittowska O., Załęski A. 2006. *Wpływ warunków suszenia nasion brzozy brodawkowatej, olszy czarnej, sosny zwyczajnej i świerka pospolitego na ich żywotność*. Leśne Prace Badawcze 2: 91-13.
- Gil W., Kinelński S. 2003. *Nasiona i siewki drzew*. Wyd. Multico Oficyna Wydawnicza, Warszawa: 176 ss.
- Grochowicz J. 1994. *Maszyny do czyszczenia i sortowania nasion*. Wyd. AR, Lublin: 326 ss.
- Kaliniewicz Z., Grabowski A., Liszewski A., Fura S. 2011. *Analysis of correlations between selected physical attributes of Scots pine seeds*. Technical Sciences 14 (1): 13-22.
- Kluczyński B. 1992. *Plonowanie i jakość świerka pospolitego [Picea bies (L.) Karst] w zależności od strefy w koronie oraz wybranych biologicznych i siedliskowych cech drzew*. Sylwan 5: 25-35.
- Murat E. 2002. *Szczegółowa hodowla lasu*. Wyd. Oficyna Edytorska „Wydawnictwo Świat”, Warszawa: 204 ss.
- Oleksyn J., Modrzyński J., Tjoelker M.G., Żytkowiak R., Reich P.B., Karolewski P. 1998. *Growth and physiology of Picea abies population from elevation transects: common garden evidence for altitudinal ecotypes and cold adaptation*. Functional Ecology, 12: 573-590.
- Pirc H. 2006. *Drzewa od A do Z*. Wyd. Klub dla Ciebie, Warszawa: 303 ss.
- Załęski A. 1995. *Nasiennictwo leśnych drzew i krzewów iglastych*. Wyd. Oficyna Edytorska „Wydawnictwo Świat”, Warszawa: 180 ss.

Pobrano z [www.ips.wm.tu.koszalin.pl](http://www.ips.wm.tu.koszalin.pl)