

ANALIZA CECH FIZYCZNYCH NASION WYBRANYCH GATUNKÓW JAŁOWCÓW

*Zdzisław Kaliniewicz¹, Andrzej Anders¹, Piotr Markowski¹,
Krzysztof Jadwisieńczyk¹, Zbigniew Krzysiak²*

¹Katedra Maszyn Roboczych i Metodologii Badań, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
ul. Oczapowskiego 11, 10-719 Olsztyn

²Katedra Inżynierii Mechanicznej i Automatyki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Głęboka 28, 20-612 Lublin
e-mail: zdzislaw.kaliniewicz@uwm.edu.pl

Streszczenie. W dostępnej literaturze brakuje informacji o zakresie zmian cech fizycznych nasion większości krzewów leśnych i występujących między tymi cechami współzależności. Dane te są potrzebne przy projektowaniu i modelowaniu wielu procesów związanych z obróbką materiału nasiennego. Z tego względu dokonano pomiarów prędkości krytycznej unoszenia, grubości, szerokości, długości, masy i kątów tarcia zewnętrznego nasion wybranej grupy krzewów, a mianowicie czterech gatunków jałowców (chińskiego, pospolitego, skalnego i wirginijskiego). Na podstawie tych pomiarów obliczono wskaźniki charakteryzujące relacje między wymiarami i masą nasion. Wyniki pomiarów i obliczeń opracowano statystycznie, wykorzystując analizę wariancji, analizę korelacji oraz analizę regresji liniowej. Średnie wartości wyznaczonych cech nasion zawierają się w przedziałach: prędkość krytyczna unoszenia – od 6,99 do 9,51 m·s⁻¹, grubość – od 1,72 do 2,56 mm, szerokość – od 2,23 do 3,28 mm, długość – od 3,40 do 4,60 mm, kąt tarcia zewnętrznego – od 26,61 do 34,18° i masa – od 6,93 do 19,56 mg. Cechą najbardziej skorelowaną z pozostałymi jest masa nasion, a najmniej – kąty tarcia zewnętrznego i gęstość. Największe wartości współczynnika korelacji oraz równania z najwyższą wartością współczynnika determinacji uzyskano dla zależności masy i prędkości krytycznej unoszenia (nasiona jałowców chińskiego i wirginijskiego) oraz masy i grubości (nasiona jałowców pospolitego i skalnego). W procesie uszlachetniania materiału nasiennego jałowców jest wskazane stosowanie separatorów sitowych z sitami o otworach okrągłych, przy czym zadowalające efekty można uzyskać przy wykorzystaniu sit z otworami o średnicy: 1,5 i 1,75 mm (jałowiec wirginijski), 1,75 i 2,0 mm (jałowiec pospolity), 2,0 i 2,5 mm (jałowiec chiński) oraz 2,25 i 2,75 mm (jałowiec skalny).

Słowa kluczowe: nasiona, cechy fizyczne, jałowiec, współzależności, sortowanie

WSTĘP

Rodzaj *Juniperus* (jałowiec) należy do rodziny cyprysowatych i liczy ponad 50 gatunków (Mao i in. 2010). W Polsce w warunkach naturalnych występują dwa gatunki: jałowiec pospolity i sabiński, natomiast pozostałe można niekiedy spotkać w parkach i ogrodach. Rodzaj ten, obok sosen, jest najbardziej rozpowszechniony na świecie. Jałowce rosną na wszystkich kontynentach półkuli północnej, przede wszystkim w strefie klimatu umiarkowanego i subpolarnego (Mao i in. 2010, McCartan i Gosling 2013, Gruwez i in. 2014). Mają bardzo zróżnicowany pokrój: od płożących krzewów do drzew osiagających nawet 40 m wysokości. Ich kwiaty są rozdzielнопłciowe, a rośliny mogą być jednopienne lub dwupienne. Wydają one owoce w postaci szyszkogagód, we wnętrzu których może występować od 1 do 12 nasion. Owoce są zjadane przez ptaki, które przyczyniają się do rozprzestrzeniania tych roślin (Thomas i in. 2007, Adams i Thornburg 2010). Z szyszkogagód, ale także z innych części roślin, można pozyskiwać olej, który jest stosowany jako przyprawa w przemyśle spożywym, zwłaszcza przy wyrobie wędlin i konserwowaniu warzyw (Surmiński 2004, Thomas i in. 2007).

Jałowce rozpoczynają owocowanie w wieku ok. 5-8 lat. Najbardziej obficie owocują rośliny młode. Starsze osobniki zawiązują coraz mniej owoców, a ponadto nasiona z nich pozyskane charakteryzują się gorszą jakością, m.in. ze względu na występowanie dużego odsetka nasion pustych (Thomas i in. 2007, McCartan i Gosling 2013). W związku ze stwierdzeniem wyższej energii kiełkowania nasion przechodzących przez przewód pokarmowy ptaków żywiących się owocami tych roślin w odniesieniu do nasion zebranych bezpośrednio z drzewa zaleca się przed wykonaniem siewu przeprowadzenie skaryfikacji nasion metodą mechaniczną lub chemiczną (El-Juhany i in. 2009, Adams i Thornburg 2010).

W literaturze są dostępne szcagtkowe informacje o zakresie zmian cech fizycznych nasion jałowców i występujących między tymi cechami współzależności. Dane te są konieczne do prawidłowego projektowania i modelowania wielu procesów związanych z tym materiałem nasiennym, m.in. zbioru, transportu, czyszczenia, sortowania, przechowywania, siewu i przetwórstwa nasion. Z doniesień literaturowych (Khan 2004, Parker i in. 2006, Upadhaya i in. 2007, Barbour i Carvaiho 2009, Norden i in. 2009) wynika, że na skuteczność kiełkowania większości gatunków nasion bardzo istotnie wpływa ich masa. Podzielenie materiału nasiennego na frakcje pod względem tej cechy może prowadzić m.in. do poprawy równomierności wschodów roślin, co jest szczególnie istotne w produkcji szkółkarskiej. Jednak proces sortowania z wykorzystaniem masy jest trudny do zrealizowania. W związku z tym należy poszukiwać powiązań tej cechy z innymi, aby można

było te informacje wykorzystać przy planowaniu procesów rozdzielczych, głównie związanych ze stosowaniem tradycyjnych urządzeń czyszczących (rozdzielacze pneumatyczne, sitowe i tarciove).

Celem pracy jest wyznaczenie zakresu zmienności i określenie współzależności podstawowych cech fizycznych nasion wybranych gatunków jałowców w aspekcie doboru parametrów procesu ich sortowania.

MATERIAŁ I METODY

Badano podstawowe cechy fizyczne nasion 4 gatunków jałowców (rys. 1): chińskiego (*Juniperus chinensis* L.), pospolitego (*Juniperus communis* L.), skalnego (*Juniperus scopulorum* Sarg.) i wirginijskiego (*Juniperus virginiana* L.). Nasiona pozyskano z przedsiębiorstwa Dendrona w Pęcicach, zajmującego się sprzedażą nasion drzew, krzewów, bylin i ziół.



Rys. 1. Nasiona jałowców: a) chiński, b) pospolity, c) skalny, d) wirginijski

Fig. 1. Juniper seeds: a) Chinese juniper, b) common juniper, c) Rocky Mountain juniper, d) Virginian juniper

Próbki badawcze wyodrębniono z materiału nasiennego za pomocą metody „przez przepławianie” (Załęski 1995), czyli po podzieleniu na dwie części danej partii nasion wybierano losowo jedną z nich i dalej dokonywano jej podziału, aż do momentu wyłonienia nieco ponad 100 nasion. Ostatecznie uzyskano następujące liczebności próbek nasion: jałowiec chiński – 101, jałowiec pospolity – 114, jałowiec skalny – 106 i jałowiec wirginijski – 111.

Prędkość krytyczną unoszenia nasion v wyznaczono przy użyciu klasyfikatora pneumatycznego Petkus K-293 z dokładnością do $0,11 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, ich podstawowe wymiary – za pomocą mikroskopu warsztatowego typu MWM 2325 (długość L i szerokość W) i przyrządu czujnikowego do pomiaru grubości T o dokładnościach odczytu $0,01 \text{ mm}$, kąt tarcia zewnętrznego γ – z wykorzystaniem równi pochyłej o regulowanym kącie ustawienia z zamocowaną stalową płytką cierną (GPS – $R_a=0,48 \text{ } \mu\text{m}$) o dokładności odczytu 1° , a masę – za pomocą wagi laboratoryjnej WAA 100/C/2 z dokładnością do $0,1 \text{ mg}$. Pomiarów każdego z nasion wykonywano zgodnie z metodyką opisaną w pracach Kaliniewicza i in. (2011) oraz Kaliniewicza

i Poznańskiego (2013), przy czym kąt tarcia zewnętrznego wyznaczano przy dwóch ich ułożeniach: osią długą równoległe (1) i prostopadle (2) do kierunku nachylenia powierzchni ciernej.

Dla każdego nasiona wyznaczono ponadto:

– geometryczną średnicę zastępczą D i wskaźnik sferyczności Φ (Mohsenin 1986):

$$D = (T \times W \times L)^{\frac{1}{3}} \quad (1)$$

$$\Phi = \frac{D}{L} \times 100 \quad (2)$$

– gęstość ρ – parametr ten obliczano, wykorzystując wyznaczony eksperymentalnie objętościowy współczynnik proporcjonalności k :

$$\rho = \frac{m}{k \times T \times W \times L} \quad (3)$$

Oznaczenie podanego wyżej współczynnika proporcjonalności przeprowadzono przy użyciu piknometru cieczowego o objętości 25 cm³, zgodnie z metodyką podaną w pracy Kaliniewicza i in. (2012).

Nasiona każdego z gatunków podzielono pod względem masy na trzy klasy dorodności: mało dorodne ($m < x - SD$), średnio dorodne ($x - SD \leq m \leq x + SD$) i dorodne ($m > x + SD$). Wyniki obliczeń zaokrąglono do wielokrotności liczby 1.

Wyniki pomiarów i obliczeń opracowano statystycznie za pomocą programu Statistica (wersja 12.5), wykorzystując ogólnie znane procedury, takie jak analiza wariancji jednoczynnikowej z określaniem grup jednorodnych testem Duncana, analiza korelacji i analiza regresji liniowej (Rabiej 2012). W analizie i wnioskowaniu przyjęto 5% poziom istotności. W niniejszej pracy zaprezentowano tylko te równania regresji, dla których współczynnik determinacji osiągnął wartość przynajmniej 0,5.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Błędy szacunku średnich wartości cech fizycznych nasion badanych gatunków jałowców nie przekraczają następujących wartości:

- dla prędkości krytycznej unoszenia – 0,03 m s⁻¹,
- dla grubości, szerokości i długości – 0,1 mm,
- dla kątów tarcia zewnętrznego – 2°,
- dla masy – 1,5 mg.

Średnia wartość współczynnika objętości nasion k , uzyskana z pomiarów realizowanych za pomocą piknometru cieczowego, wynosi: jałowiec chiński – 0,487, jałowiec pospolity – 0,431, jałowiec skalny – 0,459 i jałowiec wirginijski – 0,457.

Charakterystykę cech fizycznych badanych nasion przedstawiono w tabeli 1. Można zauważyć, że średnie wartości tych cech zawierają się w następujących przedziałach:

- prędkość krytyczna unoszenia – od 6,99 (jałowiec pospolity) do 9,51 m·s⁻¹ (jałowiec chiński),
- grubość – od 1,72 (jałowiec wirginijski) do 2,56 mm (jałowiec skalny),
- szerokość – od 2,23 (jałowiec pospolity) do 3,28 mm (jałowiec chiński),
- długość – od 3,40 (jałowiec wirginijski) do 4,60 mm (jałowiec chiński),
- kąt tarcia zewnętrznego – od 26,61 (jałowiec chiński) do 34,18 (jałowiec pospolity),
- masa – od 6,93 (jałowiec wirginijski) do 19,56 mg (jałowiec chiński).

Tabela 1. Porównanie istotności różnic między cechami fizycznymi nasion**Table 1.** Significance of differences between the physical properties of juniper seeds

Cecha fizyczna – wskaźnik Physical parameter – indicator	Gatunek jałowca / Juniper species			
	chiński Chinese <i>x</i> ± <i>SD</i>	pospolity common <i>x</i> ± <i>SD</i>	skalny / Rocky Mountain <i>x</i> ± <i>SD</i>	wirginijski Virginian <i>x</i> ± <i>SD</i>
<i>v</i> – prędkość krytyczna unosz. Terminal velocity (m s ⁻¹)	9,51±0,96 ^d	6,99±0,77 ^a	9,07±1,07 ^c	7,96±0,75 ^b
<i>T</i> – grubość / Thickness (mm)	2,46±0,38 ^c	1,82±0,21 ^b	2,56±0,38 ^d	1,72±0,29 ^a
<i>W</i> – szerokość / Width (mm)	3,28±0,57 ^b	2,23±0,37 ^a	3,23±0,41 ^b	2,25±0,36 ^a
<i>L</i> – długość / Length (mm)	4,60±0,45 ^c	4,08±0,42 ^b	4,10±0,37 ^b	3,40±0,28 ^a
γ_1 – kąt tarcia równoległe Angle of friction parallel (°)	33,87±9,36 ^c	34,18±2,72 ^c	27,69±7,26 ^a	30,32±8,91 ^b
γ_2 – kąt tarcia prostopadłe Angle of friction perpendic. (°)	26,61±6,42 ^a	28,65±3,72 ^b	28,82±9,38 ^b	27,74±6,81 ^{ab}
<i>m</i> – masa / Mass (mg)	19,56±6,31 ^c	7,36±2,46 ^a	17,20±5,42 ^b	6,93±2,22 ^a
<i>D</i> – geometr. średnica zastępcza Geometric mean diameter (mm)	3,32±0,38 ^d	2,54±0,26 ^b	3,23±0,32 ^c	2,35±0,25 ^a
Φ – wskaźnik sferyczności Sphericity index (%)	72,33±6,39 ^c	62,44±4,89 ^a	78,97±6,90 ^d	69,34±6,79 ^b
ρ – gęstość / Density (g cm ⁻³)	1,07±0,14 ^b	1,01±0,20 ^a	1,09±0,12 ^b	1,13±0,14 ^c
<i>T/W</i> (–)	0,76±0,12 ^a	0,83±0,11 ^c	0,79±0,09 ^b	0,77±0,11 ^{ab}
<i>T/L</i> (–)	0,54±0,08 ^c	0,45±0,05 ^a	0,63±0,09 ^d	0,51±0,08 ^b
<i>W/L</i> (–)	0,72±0,12 ^c	0,55±0,09 ^a	0,79±0,11 ^d	0,66±0,11 ^b
<i>m/T</i> (g m ⁻¹)	7,86±1,90 ^c	3,98±1,06 ^a	6,61±1,30 ^b	3,96±0,83 ^a
<i>m/W</i> (g m ⁻¹)	5,87±1,22 ^c	3,27±0,88 ^a	5,24±1,15 ^b	3,04±0,65 ^a
<i>m/L</i> (g m ⁻¹)	4,21±1,17 ^c	1,78±0,50 ^a	4,17±1,18 ^c	2,02±0,60 ^b
<i>m/D</i> (g m ⁻¹)	5,77±1,28 ^c	2,84±0,74 ^a	5,23±1,17 ^b	2,89±0,65 ^a

x, *SD* – wartość średnia i odchylenie standardowe cechy / mean value of a trait and standard deviation; a, b, c, d – różne litery w wierszu oznaczają statystycznie istotne różnice między daną cechą (wskaźnikiem) nasion / a, b, c, d – different letters in line indicate statistically significant differences in the value of a given parameter (indicator)

Cechami istotnie różnicującymi nasiona wszystkich badanych gatunków jałowców są: prędkość krytyczna unoszenia, grubość, geometryczna średnica zastępcza, wskaźnik sferyczności oraz wskaźniki *T/L* i *W/L*. Najwięcej podobieństw odnotowano w odniesieniu do cech nasion jałowców pospolitego i wirginijskiego (szerokość, kąt tarcia zewnętrznego nasion przy ich ułożeniu osią długą prostopadłe do kierunku nachylenia powierzchni czarnej, masa oraz wskaźniki *m/T*, *m/W* i *m/D*), a najmniej – nasion jałowców chińskiego i pospolitego (tylko kąt tarcia zewnętrznego nasion przy

ich ułożeniu osią długą równoległą do kierunku nachylenia powierzchni ciernej). Wg Załęskiego (1995) średnia masa nasiona jałowca pospolitego wynosi 7,4 mg, co jest wartością identyczną z uzyskaną w niniejszej pracy. Pod względem tej cechy zbliżone do nasion tego jałowca są nasiona żarnowca miotlastego (Aguinagalde i in. 2005) oraz świerka pospolitego z Doliny Rybiego Potoku i Doliny Miętusiej (Oleksyn i in. 1998), do nasion jałowca chińskiego – nasiona sosny czarnej z rejonu włoskiej Calabrii (Benkman i Parchman 2009), do nasion jałowca skalnego – nasiona wiązu pospolitego (Aguinagalde i in. 2005) i sosny alepskiej z rejonu Ibizy (Mezquida i Benkman 2005), a do nasion jałowca wirgilijskiego – nasiona sosny zwyczajnej z rejonu Betzhorn i Prusackiej Rijeki (Oleksyn i in. 2001).

Z analizy korelacji liniowej cech fizycznych (tab. 2) – potencjalnie możliwych do wykorzystywania w procesach rozdzielczych – wynika, że masa nasion jest najbardziej skorelowana z pozostałymi. Najwyższe wartości współczynnika korelacji uzyskano przy porównywaniu tej cechy albo z prędkością krytyczną unoszenia nasion (jałowiec chiński – 0,819 i jałowiec wirginijski – 0,828) albo też z ich grubością (jałowiec pospolity – 0,746 i jałowiec skalny – 0,856). Najniższe wartości korelacji z pozostałymi cechami stwierdzono u obu kątów tarcia zewnętrznego. Podobne rezultaty odnotował też m.in. Kaliniewicz (2013) u nasion zbóż. Można zatem przyjąć za Tylkiem (2006), który określał cechy fizyczne nasion buka zwyczajnego, że właściwości tarciove nasion drzew i krzewów leśnych nie powinny być głównymi cechami rozdzielczymi, a jedynie wspomagają procesy separacji nasion.

Efekt niewielkiej współzależności cech tarciowych z pozostałymi cechami nasion ma swoje odzwierciedlenie również w wynikach analizy regresji liniowej (tab. 3), gdzie dla żadnego z badanych gatunków nasion nie odnotowano zależności matematycznej związanej z tą cechą, u której współczynnik determinacji osiągnąłby poziom 0,5. Równanie z najwyższym współczynnikiem determinacji uzyskano u nasion jałowca wirginijskiego przy współzależności ich masy i prędkości krytycznej unoszenia (0,685). Zarówno to równanie, jak i pozostałe zaprezentowane w tabeli 3 charakteryzują się na tyle dobrym dopasowaniem do danych empirycznych, że można je z powodzeniem wykorzystać przy planowaniu i realizacji procesów związanych z szeroko pojętą obróbką nasion tych gatunków.

Z racji występowania u każdego gatunku badanych nasion wysokiej współzależności między ich masą i grubością należy przyjąć, że przy dzieleniu materiału nasiennego pod względem masy nasion najbardziej przydatne będą separatory sitowe wyposażone w układ sit o otworach okrągłych. Na podstawie wyznaczonych wartości średnich i odchyłeń standardowych masy nasion poszczególnych gatunków jałowców przyjęto następujące klasy dorodności nasion:

– jałowiec chiński: mało dorodne ($m < 14$ mg), średnio dorodne ($m = 14\div 26$ mg) i dorodne ($m > 26$ mg),

- jałowiec pospolity: mało dorodne ($m < 5$ mg), średnio dorodne ($m = 5 \div 10$ mg) i dorodne ($m > 10$ mg),
- jałowiec skalny: mało dorodne ($m < 12$ mg), średnio dorodne ($m = 12 \div 22$ mg) i dorodne ($m > 22$ mg),
- jałowiec wirginijski: mało dorodne ($m < 5$ mg), średnio dorodne ($m = 5 \div 9$ mg) i dorodne ($m > 9$ mg).

Tabela 2. Współczynniki korelacji liniowej Pearsona między wybranymi cechami nasion**Table 2.** Coefficients of linear correlation between selected physical parameters of juniper seeds

Gatunek nasion Juniper species	Cecha	T	W	L	γ_1	γ_2	m	ρ
	fizyczna Physical parameter							
Jałowiec chiński Chinese juniper	v	0,612	0,636	0,374	-0,134	0,296	0,819	0,213
	T	1	0,475	0,396	-0,327	0,117	0,720	-0,335
	W		1	0,374	-0,171	0,220	0,812	-0,171
	L			1	-0,073	0,163	0,597	-0,202
	γ_1				1	0,097	-0,295	-0,039
	γ_2					1	0,194	-0,055
	m						1	0,055
Jałowiec pospolity Common juniper	v	0,409	0,272	0,257	0,152	0,145	0,703	0,719
	T	1	0,498	0,548	0,014	0,139	0,746	0,032
	W		1	0,333	0,144	0,283	0,615	-0,222
	L			1	0,081	0,134	0,700	0,111
	γ_1				1	0,411	0,159	0,108
	γ_2					1	0,221	0,039
	m						1	0,449
Jałowiec skalny Rocky Mountain juniper	v	0,582	0,430	0,251	-0,398	-0,389	0,690	0,436
	T	1	0,696	0,322	-0,402	-0,306	0,856	0,015
	W		1	0,251	-0,263	-0,164	0,795	-0,050
	L			1	-0,020	0,023	0,471	-0,191
	γ_1				1	0,302	-0,372	-0,166
	γ_2					1	-0,296	-0,211
	m						1	0,300
Jałowiec wirginijski Virginian juniper	v	0,723	0,649	0,281	-0,364	-0,337	0,828	0,142
	T	1	0,603	0,289	-0,366	-0,391	0,786	-0,257
	W		1	0,174	-0,309	-0,228	0,773	-0,209
	L			1	-0,125	0,030	0,450	-0,034
	γ_1				1	0,337	-0,337	-0,034
	γ_2					1	-0,242	0,110
	m						1	0,171

Liczby z pogrubioną czcionką oznaczają, że współczynnik korelacji jest statystycznie istotny na przyjętym poziomie istotności 0,05 / Numbers in bold indicate that a correlation coefficient is statistically significant at 0.05. Objasnienia jak w tabeli 1 / Explanations as in Table 1

Na rysunku 2 przedstawiono rozkłady grubości nasion badanych gatunków jałowców przy uwzględnieniu podanych wyżej klas dorodności. Ze względu na różny charakter postaci tych rozkładów właściwie do każdego gatunku nasion należy stosować inne parametry robocze sit. W przypadku sortowania nasion jałowca chińskiego można wykorzystać sita o wymiarach otworów 2,0 i 2,5 mm. Uzyska

się wówczas 3 frakcje wymiarowe nasion, przy czym frakcja najdrobniejsza, stanowiąca ok. 12% całości materiału nasiennego, zawierać będzie ok. 19% nasion mało dorodnych i ok. 4% nasion średnio dorodnych. Z górnego sita będzie odbierany materiał nasienny (ok. 40% całości), w którym występuje ok. 18% nasion średnio dorodnych i ok. 77% nasion dorodnych.

Tabela 3. Współzależności wybranych cech fizycznych nasion

Table 3. Relationships between selected physical parameters of juniper seeds

Gatunek nasion Juniper species	Równanie Equation	Współczynnik determinacji R^2 Coefficient of determin. R^2	Błąd stand. estymacji Stand. error of the estim.
Jałowiec chiński Chinese juniper	$m = 5,385 \cdot v - 31,656$ $m = 11,818 \cdot T - 9,508$	0,670 0,518	3,642 4,405
Jałowiec pospolity Common juniper	$m = 8,935 \cdot W - 9,754$ $m = 8,614 \cdot T - 8,305$ $\rho = 0,183 \cdot v - 0,262$	0,660 0,557 0,517	3,700 1,642 0,137
Jałowiec skalny Rocky Mountain juniper	$m = 12,319 \cdot T - 14,297$ $m = 10,528 \cdot W - 16,831$ $v = 1,865 \cdot T + 4,739$	0,732 0,631 0,523	2,817 3,303 0,519
Jałowiec wirginijski Virginian juniper	$m = 2,451 \cdot v - 12,570$ $m = 6,003 \cdot T - 3,425$ $m = 4,762 \cdot W - 3,791$	0,685 0,618 0,597	1,249 1,376 1,413

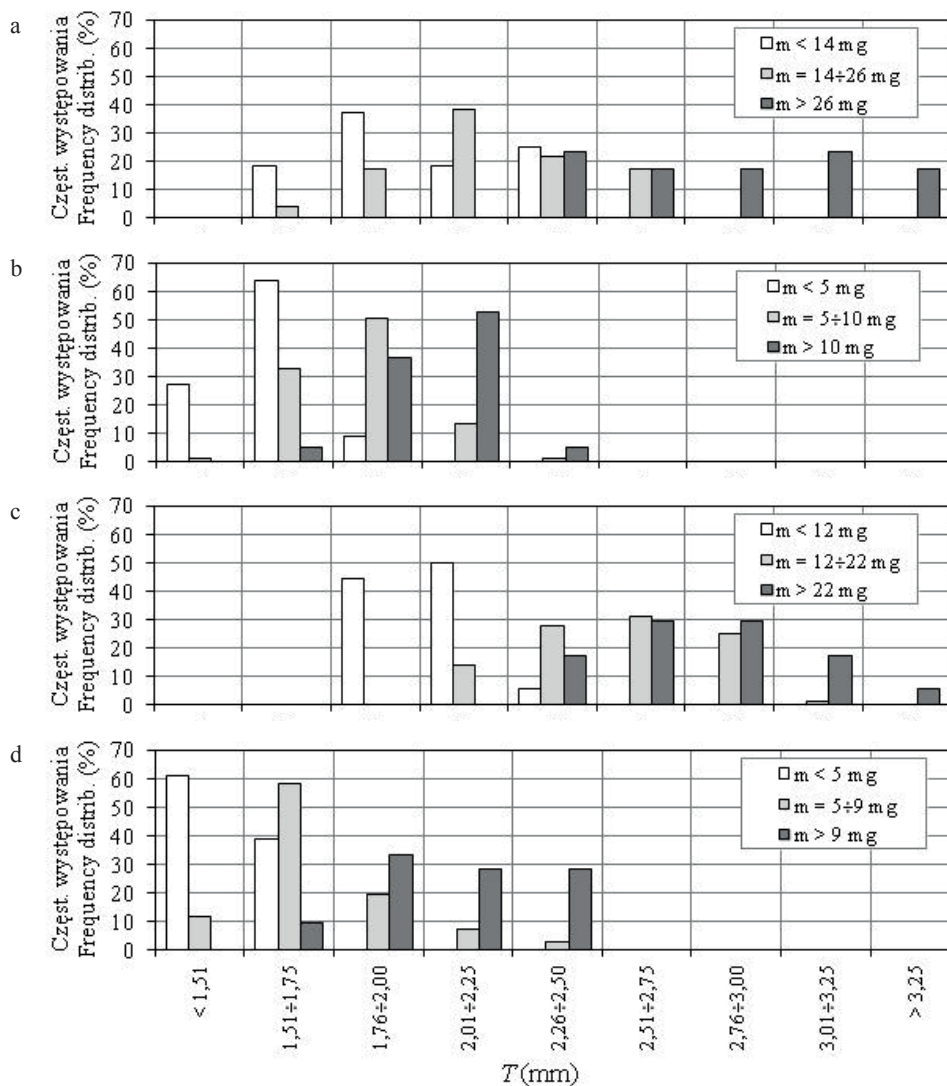
Objaśnienia jak w tabeli 1 / Explanations as in Table 1

Przy sortowaniu nasion jałowca pospolitego dobre efekty można uzyskać przy zastosowaniu układu dwóch sit o wymiarach otworów 1,75 i 2,0 mm. Frakcja najgrubsza (obejmująca ok. 19% wszystkich nasion) zawiera wówczas ok. 15% nasion średnio dorodnych i ok. 58% nasion dorodnych. Nasiona przesiewające się przez sito dolne stanowią wtedy ok. 40% całości materiału nasiennego, a w tej frakcji znajduje się ok. 91% nasion mało dorodnych, ok. 34% nasion średnio dorodnych i ok. 5% nasion dorodnych.

Do realizacji procesu sortowania nasion jałowca skalnego proponuje się zastosowanie kosza sitowego z dwoma sitami o otworach 2,25 i 2,75 mm. We frakcji najdrobniejszej będzie znajdowało się wówczas ok. 26%, a we frakcji najgrubszej – ok. 31% wszystkich nasion. Odbierana z górnego sita frakcja materiału nasiennego zawierać będzie ok. 27% nasion średnio dorodnych i ok. 53% nasion dorodnych, a ta stanowiąca przesiew sita dolnego – ok. 95% nasion mało dorodnych i ok. 14% nasion średnio dorodnych.

Separator sitowy wykorzystywany do frakcjonowania nasion jałowca wirginijskiego powinien być wyposażony w dwa sita z otworami o średnicach 1,5 i 1,75 mm. Frakcja najdrobniejsza, stanowiąca ok. 19% wszystkich nasion, zawierałaby wtedy

ok. 61% nasion mało dorodnych i ok. 12% nasion średnio dorodnych. We frakcji najgrubszej, nie przesiewanej przez górne sito, znajdowałyby się ok. 30% nasion średnio dorodnych i ok. 91% nasion dorodnych.



Rys. 2. Rozkłady grubości T nasion trzech klas masowych: a) jałowiec chiński, b) jałowiec pospolity, c) jałowiec skalny, d) jałowiec wirginijski

Fig. 2. Distribution of seed thickness T in three mass fractions: a) Chinese juniper, b) common juniper, c) Rocky Mountain juniper, d) Virginian juniper

WNIOSKI

1. Objęte badaniami nasiona 4 gatunków jałowców są zróżnicowane pod względem cech geometrycznych, masowych i tarciovych. Najwięcej statystycznie istotnych podobieństw odnotowano między cechami nasion jałowców pospolitego i wirginijskiego, a najmniej – między cechami nasion jałowców chińskiego i pospolitego. Pod względem geometrycznej średnicy zastępczej długości i masy nasiona są uszeregowane rosnąco wg następującej kolejności: jałowiec wirginijski, jałowiec pospolity, jałowiec skalny i jałowiec chiński.

2. Wśród badanych cech fizycznych nasion najsilniej ze sobą są skorelowane prędkość krytyczna unoszenia i masa (u nasiona jałowców chińskiego i wirginijskiego) oraz grubość i masa (u nasion jałowców pospolitego i skalnego). Ogólnie wysokie wartości współczynników korelacji odnotowano przy porównywaniu masy z wymiarami i prędkością krytyczną unoszenia nasion. Stosunkowo niską korelację z innymi cechami stwierdzono dla kąta tarcia zewnętrznego nasion przy obu ich ułożeniach w odniesieniu do kierunku nachylenia powierzchni ciernej, jak i ich gęstości.

3. Jak wynika z badań, w procesie uszlachetniania materiału nasiennego jałowców należy rozważyć zastosowanie separatorów sitowych z układem sit o otworach okrągłych, co umożliwi większe wyrównanie tegoż materiału pod względem masy nasion. Zadowalające efekty w tym zakresie odnotowuje się przy zastosowaniu dwóch sit z otworami o średnicy: 2,0 i 2,5 mm (jałowiec chiński), 1,75 i 2,0 mm (jałowiec pospolity), 2,25 i 2,75 mm (jałowiec skalny) oraz 1,5 i 1,75 mm (jałowiec wirginijski). Słabe powiązanie cech tarciovych z pozostałymi cechami wskazuje, że cechy te można wykorzystywać w procesach separacji nasion badanych gatunków jałowców w ostatniej kolejności.

Podziękowania

Autorzy serdecznie dziękują studentom UWM Olsztyn z kierunku Technika Rolnicza i Leśna, paniom Milenie Smorawie i Anecie Elżbiecie Hładzio, za przeprowadzenie pomiarów cech fizycznych nasion badanych gatunków w ramach swoich prac dyplomowych.

PIŚMIENNICTWO

- Adams R.P., Thornburg D., 2010. Seed dispersal in *Juniperus*: a review. *Phytologia*, 92(3), 424-434.
Aguinagalde I., Hampe A., Mohanty A., Martin J.P., Duminil J., Petit R.J., 2005. Effects of life-history traits and species distribution on genetic structure at maternally inherited markers in European trees and shrubs. *J. Biogeog.*, 32, 329-339.

- Barbour J.R., Carvaiho J.P.F., 2009. Response of Rocky Mountain juniper (*Juniperus scopulorum*) seeds to seed conditioning and germination treatments. *Seed Technology*, 31(1), 43-54.
- Benkman C.W., Parchman T.L., 2009. Coevolution between crossbills and black pine: the importance of competitors, forest area and resource stability. *J. Evol. Biol.*, 22, 942-953.
- El-Juhany L.I., Aref I.M., Al-Ghamdi M.A., 2009. Effects of different pretreatments on seed germination and early establishment of the seedlings of *Juniperus procera* trees. *World Applied Sciences Journal*, 7(5), 616-624.
- Gruwez R., De Frenne P., De Schrijver A., Leroux O., Vangansbeke P., Verheyen K., 2014. Negative effects of temperature and atmospheric depositions on the seed viability of common juniper (*Juniperus communis*). *Ann. Bot.*, 113, 489-500.
- Kaliniewicz Z., 2013. Analysis of frictional properties of cereal seeds. *Afr. J. Agr. Res.*, 8(45), 5611-5621. doi: 10.5897/AJAR2013.7361
- 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.
- Kaliniewicz Z., Poznański A., 2013. Zmienności i wzajemna korelacja wybranych cech fizycznych nasion lipy drobnolistnej (*Tilia cordata* Mill.). *Sylvan*, 157(1), 39-46.
- Kaliniewicz Z., Tylek P., Markowski P., Anders A., Rawa T., Zadrozny M., 2012. Determination of shape factors and volume coefficients of seeds from selected coniferous trees. *Technical Sciences*, 15(2), 217-228.
- Khan M.L., 2004. Effects of seed mass on seedling success in *Artocarpus heterophyllus* L., a tropical tree species of north-east India. *Acta Oecol.*, 25, 103-110.
- Mao K., Hao G., Liu J., Adams R.P., Milne R.I., 2010. Diversification and biogeography of *Juniperus* (*Cupressaceae*): variable diversification rates and multiple intercontinental dispersals. *New Phytol.*, 188, 254-272.
- McCartan S.A., Gosling P.G., 2013. Guidelines for seed collection and stratification of common juniper (*Juniperus communis* L.). *Tree Planters' Notes*, 56(1), 24-29.
- Mezquida E.T., Benkman C.W., 2005. The geographic selection mosaic for squirrels, crossbills and Aleppo pine. *J. Evolution. Biol.*, 18, 348-357.
- Mohsenin N.N., 1986. *Physical properties of plant and animal materials*. Gordon and Breach Science Public, New York
- 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. *Func. Ecol.*, 23(1), 203-210.
- Oleksyn J., Modrzyński J., Tjoelker M.G., Żytkowiak R., Reich P.B., Karolewski P., 1998. Growth and physiology of *Picea abies* populations from elevational transects: common garden evidence for altitudinal ecotypes and cold adaptation. *Func. Ecol.*, 12, 573-590.
- Oleksyn J., Reich P.B., Tjoelker M.G., Chalupka W., 2001. Biogeographic differences in shoot elongation pattern among European Scots pine populations. *Forest Ecol. Manag.*, 148, 207-220.
- Parker W.C., Noland T.L., Morneault A.E., 2006. The effects of seed mass on germination, seedling emergence, and early seedling growth of eastern white pine (*Pinus strobus* L.). *New Forests*, 32, 33-49.
- Rabiej M., 2012. *Statystyka z programem Statistica*. Wyd. Helion, Gliwice.
- Surmiński J., 2004. Właściwości i wykorzystanie jałowca pospolitego (*Juniperus communis* L.). *Sylvan*, 7, 46-52.
- Thomas P.A., El-Barghathi M., Polwart A., 2007. Biological flora of the British Isles: *Juniperus communis* L. *J. Ecol.*, 95, 1404-1440.

- Tylek P. 2006. Tarcie i sprężystość jako cechy rozdzielcze bukwi. *Sylwan*, 5, 51-58.
- Upadhaya K., Pandey H.N., Law P.S., 2007. The effect of seed mass on germination, seedling survival and growth in *Prunus jenkinsii* Hook.f. & Thoms. *Turk. J. Bot.*, 31, 31-36.
- Załęski A. (red.) 1995. Nasiennictwo leśnych drzew i krzewów iglastych. Wyd. Oficyna Edytorska „Wydawnictwo Świat”, Warszawa.

ANALYSIS OF THE PHYSICAL PROPERTIES OF SEEDS OF SELECTED JUNIPER SPECIES

*Zdzisław Kaliniewicz¹, Andrzej Anders¹, Piotr Markowski¹,
Krzysztof Jadwisieńczyk¹, Zbigniew Krzysiak²*

¹Department of Heavy Duty Machines and Research Methodology
University of Warmia and Mazury in Olsztyn, ul. Oczapowskiego 11, 10-719 Olsztyn, Poland

²Department of Mechanical Engineering and Automatic Control Engineering
University of Life Sciences in Lublin, ul. Głęboka 28, 20-612 Lublin, Poland
e-mail: zdzislaw.kaliniewicz@uwm.edu.pl

Abstract. The available literature provides scant information on the ranges of variation in the physical parameters of seeds of most forest shrubs, and on their relationships. Such data are needed for designing and modelling seed cleaning and sorting processes. Terminal velocity, thickness, width, length, mass and angles of external friction were determined for seeds of four juniper species (Chinese juniper, common juniper, Rocky Mountain juniper and Virginian juniper). Those parameters were used to calculate indicators that characterise the relationships between seed mass and dimensions. The results of measurements and calculations were analysed statistically by analysis of variance, correlation analysis and linear regression analysis. The average values of the analyzed properties of seeds remained within the following ranges: terminal velocity – from 6.99 to 9.51 m s⁻¹, thickness – from 1.72 to 2.56 mm, width – from 2.23 to 3.28 mm, length – from 3.40 to 4.60 mm, angle of external friction – from 26.61 to 34.18°, mass – from 6.93 to 19.56 mg. Seed mass was most correlated with the remaining parameters, whereas the angle of external friction and density were the least correlated with the remaining properties. The highest values of the correlation coefficient and equations with the highest values of the coefficient of determination were noted for the relationships between seed mass and terminal velocity (Chinese and Virginian junipers), and seed mass and thickness (common and Rocky Mountain junipers). Juniper seeds can be effectively sorted with the use of mesh sieves with round openings with the following diameters: Virginian juniper – 1.5 and 1.75 mm, common juniper – 1.75 and 2.0 mm, Chinese juniper – 2.0 and 2.5 mm, Rocky Mountain juniper – 2.25 and 2.75 mm.

Keywords: seeds, physical properties, juniper, correlations, sorting