

PAWEŁ TYLEK

Wybrane cechy rozdzielcze i kryteria separacji nasion modrzewia europejskiego

Selected physical features and sorting criteria for European larch seeds

ABSTRACT

The paper presents results of measurements of physical features of larch seeds such as weight, bulk density, geometric and aerometric features and elasticity. The division into viability classes proposed by the author allows to use these features at the stage of designing seed separation processes.

KEY WORDS

European larch, seeds, physical features, separation, sorting

Wstęp

O kiełkowaniu, rozwoju i plonowaniu roślin decyduje w znacznej mierze masa nasion. Do najwartościowszych pod względem siewnym należą nasiona frakcji średnich i większych od średnich pod względem masy. Nie znane są jednak metody mechanicznego sortowania nasion, biorące jedynie ich masę za kryterium podziału frakcji. Wynika stąd konieczność szukania korelacji masy nasion z innymi cechami fizycznymi mogącymi być cechami rozdzielczymi [Grochowicz 1994].

Problem braku znajomości cech fizycznych nasion drzew leśnych, a więc i kryteriów ich sortowania staje się coraz poważniejszy.

Wprowadzając nowoczesne technologie produkcji materiału sadzeniowego (sadzonki z zakrytym systemem korzeniowym – siew punktowy) powinno się korzystać z kwalifikowanego materiału siewnego najlepszej jakości [Nasiennictwo... 1995; Sabor 1999]. Również duże wymagania co do jakości nasion stawiane są dla depozytów przeznaczonych do długoterminowego przechowywania np. w leśnych bankach genów. Istnieje konieczność pozostawienia wszystkich nasion zdrowych o nieuszkodzonej okrywie, nawet jeżeli należą do mniejszych frakcji wagowych, gdyż zasoby genowe długookresowego przechowywania powinny przedstawiać pełną różnorodność genetyczną reprezentowanego ekosystemu [Toka 1998].

Znajomość cech fizycznych nasion jest przydatna do konstruowania urządzeń do czyszczenia, sortowania, otoczkowania, zaprawiania i wysiewu nasion [Sarnowska, Więsik 1998].

Cel i przedmiot badań

Przygotowanie kwalifikowanych nasion modrzewia jest szczególnie trudne. Wydobycie nasion z szyszek wymaga łączenia mechanicznych i termicznych metod łuszczenia [Piszczałka, Bajła

PAWEŁ TYLEK

Katedra Mechanizacji Prac Leśnych
Wydział Leśny, Akademia Rolnicza
Al. 29-go Listopada 46
31-425 Kraków
rtylek@cyf-kr.edu.pl

1998], a duża zmienność cech fizycznych nasion utrudnia dobór prawidłowych parametrów ich czyszczenia. Biologicznie obniżona żywotność nasion modrzewia wraz z niewielką różnicą pomiędzy cechami fizycznymi nasion żywotnych i nieżywotnych wymuszają użytko-

wanie precyzyjnych urządzeń separacyjnych oraz stosowanie separacji wieloetapowej. W nielicznych pracach znanych autorowi wykonano pomiary niektórych cech fizycznych nasion modrzewia [Czernik 1997], jednak brak odniesienia tych cech do właściwości biologicznych takich jak żywotność czy zdolność kiełkowania, nadają tym pracom wyłącznie charakter poznawczy i uniemożliwiają wprowadzenie wyników badań do praktyki leśnej.

Celem niniejszego opracowania jest analiza wpływu żywotności nasion modrzewia europejskiego na ich cechy fizyczne, mogące być cechami rozdzielczymi. Wzięto pod uwagę masę, gęstość i objętość nasion, właściwości geometryczne oraz aerodynamiczne, a także sprężystość. Badaniom poddano nasiona lokalnych populacji krynickich o żywotności (określonej metodą RTG) – 46,3%, zdolności kiełkowania – 39,0%, wilgotności 8,9%, masie tysiąca nasion – 4,3 g.

Metody badań

Nowością metodyczną badań jest wykonanie pomiarów wszystkich parametrów na pojedynczych, tych samych nasionach (opisano wiele badanych cech fizycznych każdego nasiona). Ponadto wszystkie pomiary uwzględniają żywotność nasion, z których każde jest prześwietlone promieniami RTG, przy użyciu aparatu rentgenowskiego FAXITRON-RAY Systems 43588A [Toka 1998]. Metoda ta nie zmienia cech fizycznych nasion, co jest kluczową sprawą przy pomiarach tak licznych cech na pojedynczych obiektach. Taki sposób badań jest niezwykle precyzyjny i czasochłonny, jednak umożliwia precyzyjną ocenę wpływu żywotności nasion na ich poszczególne cechy rozdzielcze oraz pozwala na analizę ilościową poszczególnych kryteriów.

Do pomiarów masy i objętości nasion (pośrednio więc gęstości) użyto wagi analitycznej z zestawem do oznaczania gęstości ciał stałych i cieczy. Polegały one na wyznaczaniu dla poszczególnych nasion ich masy po umieszczeniu na szalce suchej (w powietrzu) oraz na szalce mokrej (zanurzonej w alkoholu).

Do pomiarów właściwości geometrycznych nasion wykorzystano komputerową analizę obrazu uzyskanego z aparatu cyfrowego. Do kompleksowej oceny wielkości planimetrycznych nasion nie wystarcza analiza obrazu uzyskanego z jednego ujęcia. Konieczne stało się filmowanie nasion w trzech położeniach, prostopadłych do trzech podstawowych wymiarów liniowych nasion: grubości, szerokości i długości. Jednocześnie rejestrację wszystkich parametrów uzyskano stosując układ dwóch zwierciadeł płaskich. Ustawiono je pod kątem 45° do podłoża, na którym umieszczano nasiona i prostopadle względem siebie. Dzięki temu aparat zarejestrował na tej samej fotografii bezpośredni obraz nasiona oraz jego dwa odbicia w zwierciadłach. Obrazy poddano komputerowej obróbce mającej na celu przygotowanie ich do analizy ilościowej [Tylek 2000]. Zastosowane powiększenie oraz rozdzielczość obrazu umożliwiły wykonanie pomiarów liniowych z dokładnością 0,044 mm.

Do pomiaru prędkości krytycznej posłużył pionowy kanał aerodynamiczny o zmiennym przekroju, a więc zmiennej prędkości przepływu strumienia powietrza. Do określenia położenia poszczególnych nasion w kanale, co wiąże się z obliczeniem prędkości krytycznej powietrza, wykorzystano technikę wideo-komputerową [Tylek 1998]. Odpowiednio zaprojektowany algorytm komputerowej analizy obrazu umożliwia określenie wysokości położenia poszczególnych nasion, która jest skorelowana z prędkością krytyczną strumienia powietrza. Do pomiaru prędkości przepływu powietrza z dokładnością 0,1 m/s zastosowano termooanemometr umieszczony w górnej części kanału pomiarowego.

Sprężystość nasion określono w sposób pośredni przez pomiar współczynnika restytucji energii kinetycznej, który polega na obserwacji wysokości odbicia nasiona po wcześniejszym zrzuceniu go z zadanej wysokości [Feder 1990]. Do rejestracji zjawiska wykorzystano kamerę

wideo. Po serii prób za pomocą magnetowidu wykonano poklatkową analizę zarejestrowanego obrazu, co umożliwiło precyzyjne określenie wysokości odbicia poszczególnych nasion.

Wyniki

Na podstawie pomiarów i obliczeń zestawiono w tabeli wartości liczbowe dziewięciu cech fizycznych. Analizowano wartości: minimalną, maksymalną oraz średnią ze współczynnikiem zmienności. Dokonano podziału nasion na dwie grupy, z których pierwsza obejmuje nasiona żywotne o nieuszkodzonej okrywie (w uproszczeniu określane jako „pełne”), natomiast do drugiej zakwalifikowano nasiona puste, opanowane przez owady, uszkodzone mechanicznie oraz niedostatecznie wykształcone (w uproszczeniu określane jako „puste”). Druga grupa nasion nie powinna być poddawana długoterminowemu przechowywaniu. Może być jedynie przeznaczona do natychmiastowego siewu gospodarczego.

Średnia masa pustych nasion modrzewia jest znacznie mniejsza niż nasion pełnych.

Tabela.

Charakterystyka cech fizycznych nasion modrzewia
Description of physical features of larch seeds

Fracja nasion	Parametry statystyczne				Poziom istotności
	Średnia	Minimum	Maksimum	Wsp. zmienności [%]	
Masa [mg]					
pełne	6,3	2,9	10,2	26,9	**
puste	4,3	1,6	7,4	30,2	
Gęstość [g/cm ³]					
pełne	0,97	0,69	1,23	10,4	**
puste	0,77	0,53	1,19	17,9	
Objętość [mm ³]					
pełne	6,87	1,97	11,82	27,7	**
puste	5,98	1,36	10,1	29,3	
Grubość [mm]					
pełne	1,29	0,85	1,89	13,8	*
puste	1,25	0,76	1,61	15,8	
Szerokość [mm]					
pełne	2,33	1,04	3,12	19,8	n
puste	2,25	0,85	3,02	20,3	
Długość [mm]					
pełne	4,11	2,73	5,48	11,6	**
puste	3,87	2,4	5,2	13,6	
Średnia powierzchnia przekroju [mm ²]					
pełne	5,29	2,96	7,52	16,9	**
puste	4,89	2,33	7,15	20,5	
Krytyczna prędkość unoszenia [m/s]					
pełne	4,9	4,1	6,3	9,3	**
puste	4,5	3,8	5,7	14,1	
Sprężystość (wsp. restytucji energii kinetycznej)					
pełne	0,14	0,03	0,35	51,6	**
puste	0,1	0,03	0,25	54,2	

n – różnica nieistotna; * – różnica istotna na poziomie $\alpha < 0,05$; ** – różnica istotna na poziomie $\alpha < 0,01$
n – non-significant difference; * – significant difference at $\alpha < 0,05$; ** – significant difference at $\alpha < 0,01$

Różnica wynosi 44,8%. Podobne wartości otrzymamy porównując minimalne i maksymalne masy nasion pustych w stosunku do pełnych. Ciężar nasion modrzewia wykazuje dużą zmienność – około 30%, przy czym nieznacznie mniejsze wartości stwierdzono analizując wyłącznie nasiona pełne. Taka prawidłowość (mniejsza zmienność nasion pełnych) występuje również przy uwzględnianiu innych cech fizycznych badanych nasion. Na rycinie przedstawiono histogramy rozmieszczenia nasion w klasach wagowych, przyjmując podział na 10 jednakowych klas. Efektywna separacja nasion wymaga odpowiedniego ustalenia granicy podziału na frakcje. Należy tu wziąć pod uwagę względy hodowlane, a więc przeznaczenie nasion. Wykorzystanie nasion do siewu pełnego czy taśmowego daje możliwość ustalenia granicy podziału tak, aby odrzucić niewielką ilość nasion z klas po lewej stronie histogramu. Nasiona do siewu punktowego wymagałyby z kolei przesunięcia linii podziału w prawą stronę, tak aby żywotność nasion była możliwie największa. Ważne są również przesłanki ekonomiczne takie jak koszt samych nasion oraz koszt separacji. W przypadku nasion modrzewia, wyraźnie dominujący udział nasion pustych jest zauważalny w klasie czwartej (4,6-5,7 mg). Odrzucenie czterech klas z nasionami najlżejszymi zwiększa żywotność pozostałej frakcji z 46,3% do 68,4%, przy stracie 25,2% nasion żywotnych. Odpowiednie wartości przy odrzuceniu jeszcze jednej, piątej klasy to kolejno: 82,3% oraz 43,2%. W praktyce jednak masa nasion nie jest wykorzystywana bezpośrednio jako cecha rozdzielcza. Wpływa ona natomiast istotnie na inne cechy rozdzielcze, takie jak masa właściwa, wielkość, prędkość krytyczna nasion.

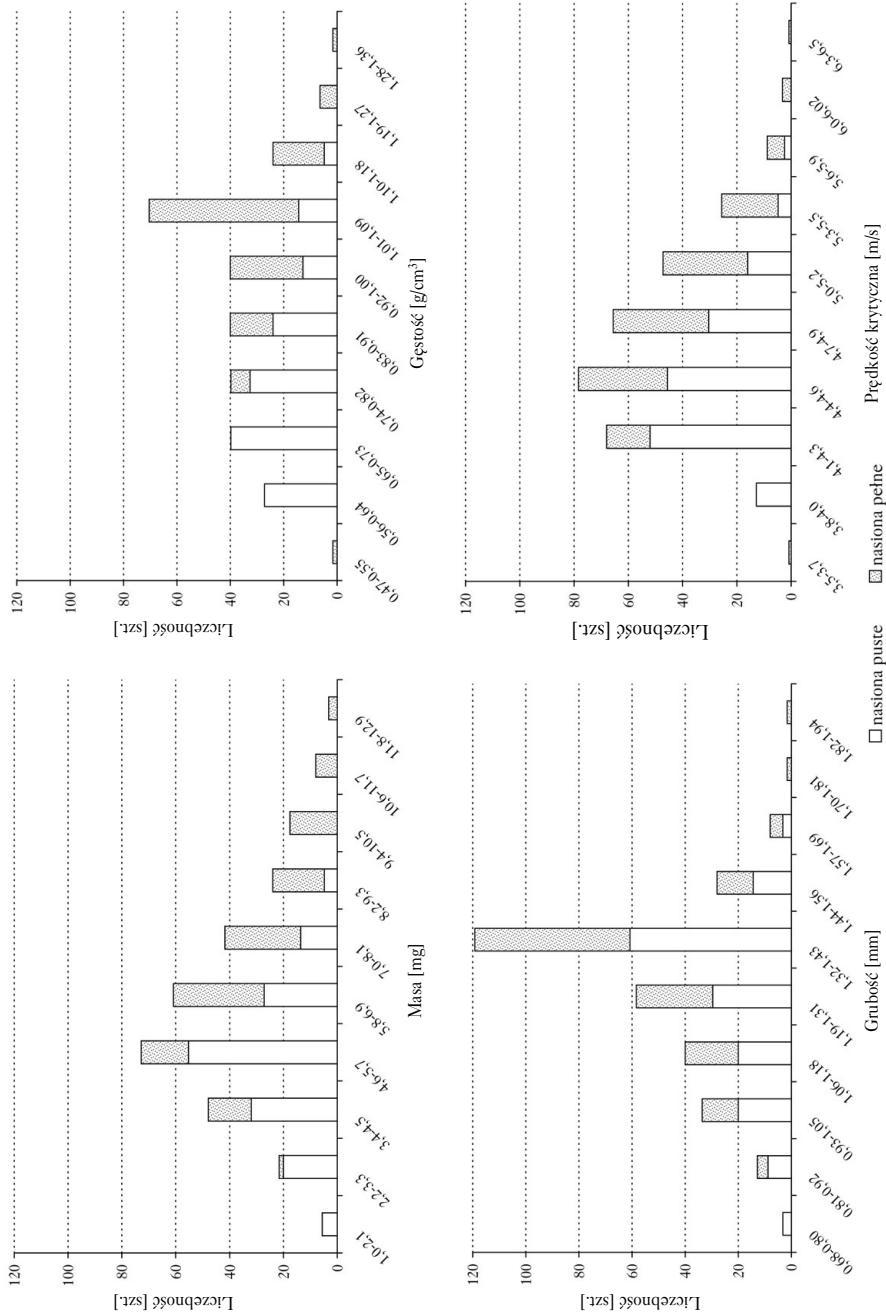
Analizując średnią gęstość pełnych nasion modrzewia stwierdzono, że jest większa niż nasion pustych o 26%. Jest to więc mniej niż w przypadku porównywania masy, jednak ponad dwukrotnie mniejsza zmienność parametru gęstości pozwala przypuszczać, że znacznie łatwiej postawić optymalną granicę podziału na frakcje podczas separacji biorącej za kryterium gęstość nasion. Potwierdza to rycina przedstawiająca histogramy rozmieszczenia nasion w poszczególnych klasach. Maksymalne wartości rozkładów obu klas żywotności wyraźnie są od siebie oddalone. Dlatego też separacja nasion modrzewia na podstawie ich gęstości daje lepsze efekty, niż ogólnie przyjęta za wzorzec hipotetyczna separacja na podstawie masy nasion. Odrzucenie nasion o gęstości mniejszej niż $1,00 \text{ g/cm}^3$ zwiększy udział żywotnych nasion we frakcji celowej z 46,3% do 70,3%, przy niewielkiej stracie 15,1% nasion pełnych. Znaczne obniżenie strat (do 0,7%) można osiągnąć zmniejszając graniczną gęstość separacji do $0,73 \text{ g/cm}^3$. Żywotność frakcji celowej wyniesie wówczas 60,0%.

Na rycinie zamieszczono także histogramy liczebności nasion w klasach wymiarowych grubości, który to wymiar jest wykorzystywany w praktyce do podziału na frakcje przy użyciu separatorów sitowych. Histogramy są niemal identyczne dla nasion pustych i pełnych. Dlatego odrzucanie poszczególnych frakcji nasion nie powoduje istotnego zwiększenia żywotności pozostałej partii. Wylimitowanie nasion o grubości mniejszej niż 1,05 mm to wzrost żywotności jedynie o 2,5%, przy stracie 11,5% nasion pełnych.

Cechą aerodynamiczną, która wykorzystywana jest w praktyce jako cecha rozdzielcza jest prędkość krytyczna, a więc taka prędkość pionowego strumienia powietrza, która umożliwi utrzymanie nasion w stanie zawieszonym. Wartości średnie prędkości krytycznej całej partii nasion wyniosły – 4,8 m/s, przy czym wartości średnie dla nasion pustych były mniejsze, niż dla nasion pełnych o 8,9%. Na rycinie przedstawiono histogramy rozmieszczenia nasion w klasach prędkości krytycznej. Odrzucenie nasion o prędkości mniejszej niż 4,6 m/s zwiększy żywotność frakcji celowej z 46,3% do 62,5%, jednak przy stracie aż 34,3% nasion pełnych. Znaczne zmniejszenie strat można osiągnąć zmniejszając graniczną prędkość separacji do 4,3 m/s. Żywotność pozostałej partii nasion wyniesie wówczas 55,5%.

Wybrane cechy rozdzielcze i kryteria separacji nasion 31

Na podstawie pomiarów współczynnika restytucji energii kinetycznej stwierdzono, że nasiona pełne mają o 38% większą wartość współczynnika od nasion pustych. Można przypuszczać, że brak substancji odżywczych w pustych nasionach obniża ich moduł sprężystości. Dotychczas sprężystość nie jest jednak wykorzystywana jako kryterium podziału podczas mechanicznej separacji nasion. Podobnie jest z innymi cechami rozdzielczymi ujętymi w zestawieniu tabela-



Ryc.

Histogram rozmieszczenia nasion modrzewia w klasach cech rozdzielczych
A histogram of larch seed distribution by classes of physical (separation) features

rycznym, takimi jak długość czy objętość nasion, a także powierzchnia ich przekroju. Cechy te stanowią obecnie jedynie uzupełnienie badań i mają charakter poznawczy.

Wnioski i stwierdzenia

- ✦ Masa, gęstość, objętość, cechy geometryczne (z wyjątkiem szerokości) krytyczna prędkość unoszenia oraz sprężystość nasion modrzewia europejskiego są cechami rozdzielczymi między nasionami żywotnymi (pełnymi) i nieżywotnymi (pustymi). Mogą więc być podstawą projektowania i eksploatacji maszyn i urządzeń do sortowania nasion.
- ✦ W przypadku hipotetycznej separacji wagowej podniesienie udziału nasion żywotnych w celowej frakcji nasion o około 50% związane jest ze stratą około 25% nasion pełnych.
- ✦ Wymiary liniowe oraz powierzchniowe są większe w przypadku nasion pełnych. Efektywność separacji wymiarowej jest jednak znikoma. Pomimo tego wykonanie kalibracji nasion może wpłynąć na poprawność separacji przy wykorzystaniu innych cech rozdzielczych nasion.
- ✦ Duża zmienność wielkości współczynnika restytucji energii kinetycznej (współczynnik zmienności ponad 50%) ogranicza możliwość separacji nasion przy jednorazowym zderzeniu z powierzchnią. Należałoby stosować urządzenia o konstrukcji kaskadowej lub wibracyjnej (umożliwiające wielokrotne zderzenia).

Literatura

- Czernik Z. 1997. Badania niektórych właściwości powierzchni nasion na przykładzie modrzewia europejskiego. *Sylwan* 6: 71-79.
- Feder S. 1990. Badanie współczynnika restytucji prędkości ziarna w procesie separacji. *Prace Przemysłowego Instytutu Maszyn Rolniczych*. Poznań. 41 (2): 27-33.
- Grochowicz J. 1994. *Maszyny do czyszczenia i sortowania nasion*. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Lublinie.
- Nasiennictwo leśnych drzew i krzewów iglastych 1995. W: A. Załęski [red.]. *Oficyna Edytorska „Wydawnictwo Świat”*, Warszawa.
- Piszczalka J., Bajła J. 1998. Stanovenie priechodnosti mlatačky sisiek. *Prace Komisji Nauk Rolniczych PAU* 1. Cz. II: 31-36.
- Sabor J. 1999. Szkółkarstwo leśne w nauce i praktyce. *Sylwan* 1: 33-42.
- Sarnowska G., Więsik J. 1998. Wyłuszcarnia w Czarnej Białostockiej. Część III. Czyszczenie i separacja nasion. *Przegl. Tech. Roln. i Leśnej*. 1: 19-21.
- Toka K. 1998. Instrukcja technologiczna nr 1. Leśny Bank Genów Kostrzyca.
- Tylek P. 1998. Prędkość krytyczna nasion drzew leśnych. *Prace Komisji Nauk Rolniczych PAU* 1. Cz. II: 157-164.
- Tylek P. 2000. Układ optyczny do wspomagania pomiarów planimetrycznych nasion metodą analizy obrazu. *Inżynieria Rolnicza*. 7 (18): 175-181.

SUMMARY

Selected physical features and sorting criteria for European larch seeds

Seed storage, as well as the most recent technologies of seedling production (production lines for container-raised seedlings) require seeds of the highest quality. The preparation of high quality seeds of European larch is particularly difficult. Extraction of seeds from cones requires to combine mechanical and thermal extraction methods. A high variability in seed physical features makes the selection of proper cleaning parameters difficult. Biologically low viability of larch seeds combined with insignificant differences in physical features between viable and non-viable seeds need precise sorting equipment and a multi-step separation technology. Mechanical separation of seeds requires knowledge about their basic physical parameters.

The objective of this paper is to determine physical (separation) features of larch seeds such as weight, bulk density, geometric and aerometric features and elasticity in dependence of

Wybrane cechy rozdzielcze i kryteria separacji nasion **33**

seed viability. Due to the insufficient precision of available measurement methods the author employs instruments based on his own concept together with a computer image analysis. The measurement results are summarised in the table and the share of seeds by classes of physical features including their viability is illustrated in the form of histograms which can be the basis for determining sorting parameters for European larch seeds.