

EFEKTYWNOŚĆ PODSTAWOWYCH KRYTERIÓW SORTOWANIA NASION JODŁY POSPOLITEJ

Paweł Tylek

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

Streszczenie. Jodła pospolita należy do podstawowych gatunków lasotwórczych w Polsce. Aktualne roczne zapotrzebowanie na nasiona tego gatunku wynosi 17 ton. Zarówno przechowywanie nasion jak i nowoczesne technologie produkcji materiału sadzeniowego wymuszają produkcję kwalifikowanego materiału siewnego. Separacja mechaniczna nasion wymaga znajomości ich podstawowych parametrów fizycznych. Biologicznie mała żywotność nasion jodły wraz z niewielką różnicą pomiędzy cechami fizycznymi nasion żywotnych i nieżywotnych wymuszają użytkowanie precyzyjnych urządzeń sortowniczych oraz stosowanie separacji wieloetapowej. W pracy zaprezentowano wyniki pomiaru podstawowych cech rozdzielczych nasion jodły pospolitej, takich jak masa, gęstość, sprężystość, cechy geometryczne oraz prędkość krytyczna w odniesieniu do żywotności nasion. Podano też w jaki sposób można zwiększyć zdolność kiełkowania materiału siewnego i z jakimi stratami żywotnych nasion wiąże się zastosowanie danego kryterium sortowania.

Słowa kluczowe: nasiona jodły, cechy rozdzielcze, separacja mechaniczna

WSTĘP

Jodła pospolita (*Abies alba* Mill.) zajmuje 2,1% powierzchni leśnej w Polsce, jednak w regionach w których występuje jej udział jest znacznie większy. Np. w Karpatach drzewostany jodłowe zajmują 25,7% powierzchni. Obecnie roczne zapotrzebowanie na nasiona tego gatunku wynosi 16-17 ton [3]. Nowoczesne, intensywne metody produkcji sadzonek drzew leśnych, w szczególności produkcja sadzonek w pojemnikach gdzie stosuje się siew punktowy, musi być prowadzona w oparciu o nasiona nie tylko o wysokiej wartości genetycznej, ale również odpowiednio przesortowane, oczyszczone i w miarę możliwości ujednolicone

według masy lub wielkości [9]. Materiał pozyskany z szyszek jest niejednorodny, złożony z wielu składników obniżających wartość nasion. Należy go usunąć w procesie separacji [1].

Również wysokie wymagania co do jakości nasion stawiane są dla depozytów przeznaczonych do długoterminowego przechowywania np. w Leśnym Banku Genów w Kostrzycy, czy też w tworzonych regionalnych bankach genów. Czystość nasion jodły przeznaczonych do długoterminowego przechowywania powinna być większa niż 95%, a żywotność powyżej 80% [11]. Przygotowanie materiału o tak wysokich parametrach jest trudne ze względu na:

- problemy z dokładnym odskrzydleniem nasion,
- dużą zmienność cech fizycznych,
- niewielkie różnice między cechami nasion żywotnych i nieżywotnych,
- znacząco biologicznie obniżoną żywotność nasion,
- niejednorodny poziom wilgotności poszczególnych frakcji nasion,
- konieczność pozostawienia we frakcji celowej wszystkich prawidłowo wykształconych nasion, nawet jeżeli należą do mniejszych frakcji wymiarowo-wagowych (zasoby genowe długookresowego przechowywania powinny przedstawiać pełną różnorodność genetyczną reprezentowanego ekosystemu) [10].

Praktyka leśna oczekuje udoskonalenia znanych i wprowadzenia nowych, efektywnych technologii oddzielania nasion pustych od pełnych (cechujących się wysoką żywotnością oraz zdolnością kiełkowania i wschodzenia) [6]. Istotna jest także sama znajomość cech fizycznych nasion drzew leśnych przydatna do konstruowania urządzeń do czyszczenia, sortowania, otoczkowania, zaprawiania i wysiewu nasion [7]. Brak takiej znajomości przejawia się przypadkowym doбором parametrów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych ww. urządzeń. Jak dowodzą dotychczasowe badania, 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 [5]. Jednak po pierwsze nie znane są metody wydajnego, mechanicznego sortowania nasion biorące ich masę za kryterium podziału frakcji – wynika stąd konieczność szukania korelacji masy nasion z innymi cechami fizycznymi mogącymi być pierwszo- lub drugorzędnymi cechami rozdzielczymi. Po drugie z punktu widzenia genetyki jednostkowa masa nasion nie powinna stanowić kryterium oceny wartości nasion, a jedynie być wskaźnikiem zróżnicowania [11].

MATERIAŁ I METODY

Celem niniejszego opracowania jest analiza wpływu żywotności nasion jodły pospolitej na ich cechy fizyczne, mogące być cechami rozdzielczymi pomiędzy nasionami pełnymi z nieuszkodzoną okrywą nasienną a pustymi lub źle wykształconymi czy też uszkodzonymi mechanicznie lub opanowanymi przez owady. Wzięto pod uwagę masę i gęstość nasion, sprężystość określoną restytucją energii kinetycznej, właściwości geometryczne oraz aerodynamiczne. Badaniom poddano nasiona jodły pospolitej (*Abies alba*) rasy beskidzkiej pochodzące z drzewostanu nasiennego w Bereście. Żywotność nasion (określona metodą RTG) wynosiła – 49,7%, zdolność kiełkowania – 44,0%, wilgotność 9,9%, masa 1000 nasion – 42,0 g.

Nowatorskie podejście do prowadzonych badań polega na wykonaniu pomiarów wszystkich wspomnianych parametrów na pojedynczych, tych samych nasionach (każde z 300 badanych nasion jest opisane szeregiem mierzonych cech fizycznych). Ponadto wszystkie pomiary uwzględniają żywotność nasion, z których każde jest prześwietlone promieniami RTG przy użyciu aparatu rentgenowskiego FAXITRON-RAY Systems 43588A [8,10]. Metoda ta nie zmienia cech fizycznych nasion, co jest kluczową sprawą przy pomiarach tak licznych cech na pojedynczych obiektach. Taki sposób prowadzenia badań jest niezwykle pracochłonny, jednak umożliwia precyzyjną ocenę wpływu żywotności nasion na ich poszczególne cechy rozdzielcze oraz pozwala na analizę ilościową poszczególnych kryteriów.

Pomiary masy i gęstości realizowano przy użyciu wagi analitycznej (dokładność pomiaru 0,1 mg) z zamontowanym fabrycznym zestawem do wyznaczania gęstości ciał stałych i cieczy. Polegały one na wyznaczeniu masy poszczególnych nasion najpierw w powietrzu (po umieszczeniu na szalce suchej) następnie w cieczy o znanej gęstości (po umieszczeniu na szalce mokrej). Pomimo zastosowania alkoholu, którego gęstość wynosiła $812 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ w temperaturze 18°C , niektóre nasiona nie tonęły, co uniemożliwiało tradycyjny pomiar na szalce mokrej. Dlatego też zmodyfikowano jej konstrukcję dodając perforowaną nakładkę służącą do utrzymania nasion pod powierzchnią cieczy. Zamiast pozornej masy nasion w cieczy mierzono siłę ich wyporu.

Sprężystość nasion określono w sposób pośredni przez pomiar współczynnika restytucji energii kinetycznej, który polega na obserwacji wysokości odbicia nasienia po wcześniejszym zrzuceniu go z zadanej wysokości [2]. Do rejestracji zjawiska wykorzystano kamerę wideo filmującą komorę pomiarową wyposażoną w skalę wymiarową. Po przeciwległej stronie komory znajdowała się matówka roz-

praszająca światło emitowane przez reflektor. Po przeprowadzeniu serii prób przy pomocy magnetowidu przeprowadzono poklatkową analizę zarejestrowanego filmu, co umożliwiło precyzyjne określenie wysokości odbicia poszczególnych nasion.

Do pomiaru właściwości geometrycznych nasion wykorzystano komputerową analizą obrazu uzyskanego z detektora w postaci kamery wideo. Do kompleksowej oceny wielkości planimetrycznych nasion nie wystarcza analiza obrazu uzyskanego z jednego ujęcia. Koniecznym jest filmowanie nasion w trzech położeniach, prostopadłych do trzech podstawowych wymiarów liniowych nasion: grubości, szerokości i długości. Jednoczesną 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 kamera zarejestrowała na tej samej klatce filmu równocześnie bezpośredni obraz nasienia oraz jego dwa odbicia w zwierciadłach. Ze względu na różnorodność barw nasion, która utrudnia późniejszą obróbkę obrazu, zrezygnowano z tradycyjnego filmowania. Filmowano natomiast cienie nasion podświetlonych reflektorem za pośrednictwem matówki [4]. Aby zapewnić jednakowe natężenie światła na wszystkich trzech obrazach zastosowano jedno źródło światła, które podświetla nasiona bezpośrednio od dołu oraz z boków po odbiciu od dodatkowych zwierciadeł oświetlających. Uzyskane obrazy poddano komputerowej obróbce przy użyciu programu MultiScan, mającej na celu przygotowanie ich do analizy ilościowej [13].

Do pomiaru prędkości krytycznej posłużył pionowy, przezroczysty kanał aerodynamiczny o zmiennym przekroju, a więc zmiennej prędkości przepływu strumienia powietrza. Przepływ strumienia powietrza utrzymujący nasiona w stanie zawieszonym wymusza wentylator podłączony do układu króćcem ssawnym. Do określenia położenia poszczególnych nasion w kanale, co wiąże się z obliczeniem prędkości krytycznej powietrza, wykorzystano technikę wideo-komputerową [12]. Cienie nasion znajdujących się w kanale podświetlonym reflektorem za pośrednictwem matówki rejestrowano kamerą wideo, a następnie poszczególne klatki filmu zapisano w pamięci masowej komputera. Odpowiednio zaprojektowany algorytm komputerowej analizy obrazu umożliwił określenie wysokości położenia poszczególnych nasion, która jest skorelowana z prędkością krytyczną strumienia powietrza w części pomiarowej kanału [14]. Prędkość przepływu powietrza mierzono przy pomocy termoanemometru kanałowego AIRFLOW TA-5.

WYNIKI I DYSKUSJA

Na podstawie wykonanych badań zestawiono w tabeli 1 wyniki pomiarów masy i gęstości nasion, współczynnika restytucji energii kinetycznej, grubości i szerokości, a także prędkości krytycznej. 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 (określane jako „puste”). Dokonano także analizy wariancji porównując istotności różnic obu grup.

Średnia masa pustych nasion jodły jest znacznie mniejsza niż nasion pełnych. Różnica wynosi 47%. Podobne wartości otrzymamy porównując minimalne i maksymalne masy nasion pustych w stosunku do pełnych. Z punktu widzenia selekcji wagowej, idealny podział można by uzyskać, gdyby maksymalna masa nasion pustych nie przekraczała minimalnej masy nasion pełnych. Taki warunek nie jest jednak spełniony, podobnie jak dla pozostałych cech fizycznych. Nasiona wykazują zmienność masy wyrażoną współczynnikiem zmienności – 30,5%. Nieznacznie mniejsze wartości stwierdzono analizując wyłącznie nasiona puste, a dla nasion pełnych współczynnik zmienności przyjmuje wartości jeszcze niższe o kilka procent. Taka prawidłowość (mniejsza zmienność nasion pełnych) występuje również przy uwzględnianiu innych cech fizycznych badanych nasion.

W przeciwieństwie do innych gatunków, nasiona jodły charakteryzują się niewielką aczkolwiek statystycznie istotną różnicą między gęstością nasion pełnych i pustych. Wynika to z faktu, że istnieje tendencja do wypełniania się pustych nasion substancjami żywicznymi, co wydatnie zwiększa ich gęstość, a zarazem zakłóca warunki mechanicznej separacji.

Na podstawie pomiarów współczynnika restytucji energii kinetycznej stwierdzono, że nasiona puste mają aż o 63% niższą wartość współczynnika od nasion pełnych. Można przypuszczać, że brak substancji odżywczych w pustym nasieniu obniża jego moduł sprężystości. Jednak pomimo tak znacznej różnicy ustalenie optymalnych granic podziału na frakcje podczas separacji będzie trudne, ze względu na bardzo wysokie (ponad 50%) współczynniki zmienności badanego parametru. Jest to wynikiem nieregularnego kształtu nasion, który ponadto jest zaburzany przez pozostałość skrzydełka (idealne odskrzydlenie bez uszkodzenia kanalika żywicznego jest praktycznie niemożliwe).

Tabela 1. Cechy fizyczne nasion jodły pospolitej
Table 1. Physical properties of the Silver fir seeds

Klasy żywności Vitality classes	Wielkość statystyczna Statistical parameters				Test T
	Minimum	Maximum	Średnia Average	Wsp. zmienności Coefficient of variation (%)	
Masa Mass (mg)					
pełne full	26,3	79,3	50,1	20,8	0,0392
puste empty	14,6	58,2	34,0	28,0	
Gęstość Mass density (kg m ⁻³)					
pełne full	710	1100	960	7,8	0,0000
puste empty	610	1100	880	13,1	
Współczynnik restytucji energii kinetycznej Coefficient of kinetic energy restitution					
pełne full	0,03	0,33	0,13	53,8	0,0001
puste empty	0,03	0,28	0,08	61,7	
Grubość Thickness (mm)					
pełne full	2,13	4,29	3,04	12,2	0,0541
puste empty	1,42	4,18	2,76	15,8	
Szerokość Width (mm)					
pełne full	3,14	6,38	4,64	12,2	0,5231
puste empty	2,38	6,19	4,44	13,4	
Prędkość krytyczna Critical speed (m·s ⁻¹)					
pełne full	4,8	6,8	5,7	6,7	0,0539
puste empty	4,3	6,5	5,1	8,6	

Grubość i szerokość nasion to wymiary wykorzystywane w praktyce do podziału na frakcje przy użyciu separatorów sitowych. W przypadku badanych nasion nie stwierdzono istotnych różnic szerokości nasion pustych i pełnych. Natomiast różnice grubości określono na granicy istotności. Grubość pustych nasion jodły jest 10% mniejsza niż nasion pełnych, podczas gdy analogiczna różnica szerokości wynosi tylko 4%.

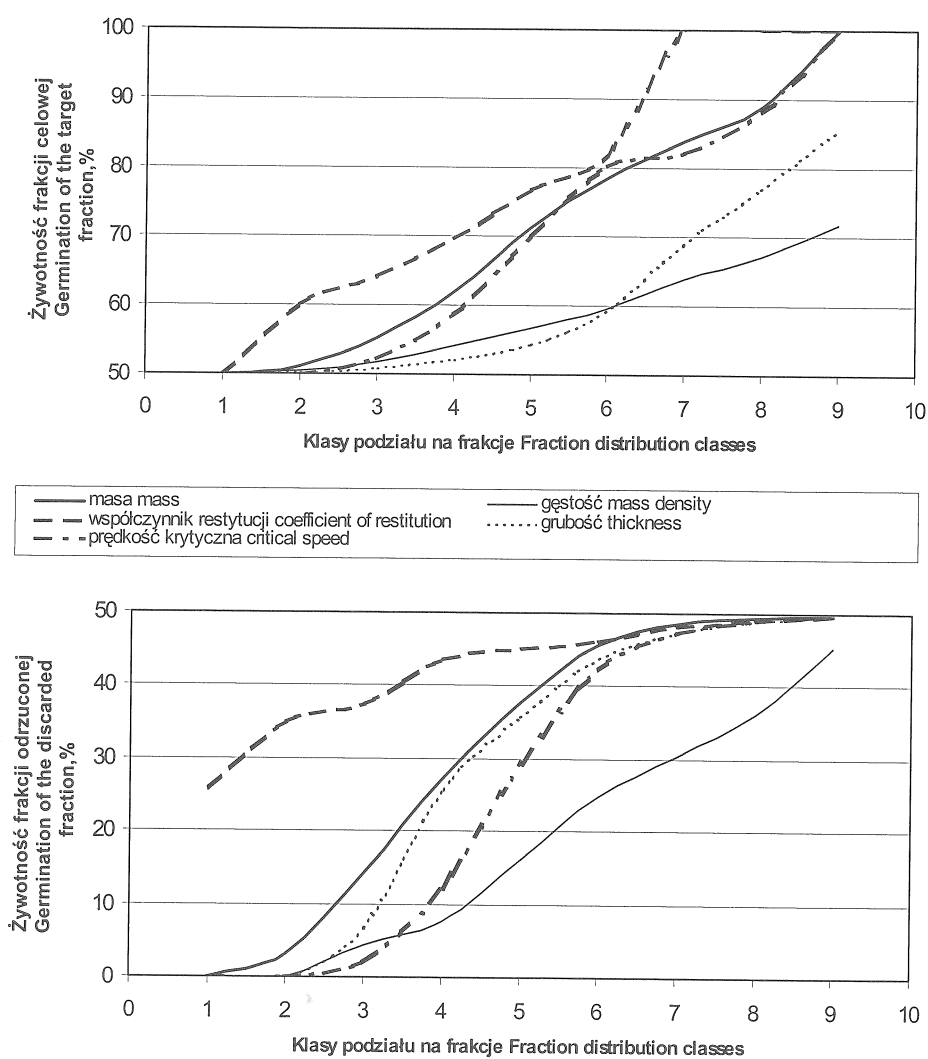
Cechą aerodynamiczną, która wykorzystywana jest w praktyce jako cecha rozdzielcza jest prędkość krytyczna, a więc taka prędkość pionowego strumienia

powietrza, która umożliwia utrzymanie nasion w stanie zawieszonym. Wpływ na prędkość krytyczną nasion ma zarówno ich masa (im większa tym, tym większa prędkość), jak i powierzchnia przekroju prostopadła w danym momencie do kierunku przepływu powietrza (im większa, tym prędkość mniejsza). Nie stwierdzono zależności między prędkością, a jedną z wyżej wymienionych właściwości fizycznych. Nasiona cięższe są bowiem z reguły również większe, a więc ich powierzchnie nośne są także większe [12]. Wartości średnie prędkości krytycznej całej partii nasion wyniosły – $5,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, przy czym wartości średnie dla nasion pustych były mniejsze niż dla nasion pełnych o 12%. Prędkość krytyczna charakteryzuje się najmniejszą zmiennością spośród wszystkich badanych cech. Wizualizacja zachowania się nasion w pionowym strumieniu powietrza wykazuje, że nasiona mają tendencję do ustawiania się pionowo, skrzydełkiem ku górze, a więc nie wykorzystują równomiernie wszystkich powierzchni nośnych. Można w uproszczeniu stwierdzić, że ich powierzchnia nośna jest stała.

Na rysunku 1 przedstawiono nomogram służący do szacowania żywotności frakcji nasion celowej i odrzuconej w zależności od granicy podziału dla różnych cech rozdzielczych. Przyjęto podział na 10 jednakowych klas, przy czym wartość graniczna pierwszej klasy (obejmującej wartości minimalne) została ustalona jako 10% mniejsza od mini wartości masy najlżejszego zarejestrowanego nasiona, natomiast klasa dziesiąta kończy się na wartości 10% większej od masy nasiona najcięższego. Efektywna separacja nasion wymaga odpowiedniego ustalenia granicy podziału na frakcje. Należy tu wziąć pod uwagę zarówno względy hodowlane (przeznaczenie nasion), jak i ekonomiczne (koszt nasion, koszt separacji). Jednak ścisłe wyznaczenie granic jakościowych jest trudne, gdyż rozpatrywane cechy mają charakter ciągły. Wydaje się, że zawsze należałoby wykluczyć te klasy nasion, w których dominują nasiona niezdolne do kiełkowania i prawidłowego rozwoju, pod warunkiem, że we frakcji odrzuconej nie znajdzie się zbyt wiele celnych nasion. Dla przykładu przy separacji wagowej nasion jodły odrzucenie trzech klas, a więc przeprowadzenie linii podziału na wartości 32,2 mg powoduje zwiększenie udziału nasion pełnych z 49,7% do 65,6%, a odrzucenie czterech klas do 76,7%. Przesunięcie linii podziału jeszcze o jedną klasę (odrzucenie nasion lżejszych niż 46,7 mg zwiększa udział nasion pełnych do 85,2%, jednak wraz z nasionami pustymi tracimy 38,2% nasion pełnych.

Cechy rozdzielcze umożliwiające uzyskanie wysokiego wzrostu udziału nasion żywotnych we frakcji celowej to: sprężystość, masa i prędkość krytyczna. Jednak o ile w przypadku dwóch ostatnich cech straty pełnych nasion można ograniczyć, o tyle biorąc pod uwagę sprężystość jest to praktycznie niemożliwe.

Ogranicza to lub wręcz dyskwalifikuje możliwość wykorzystania wspomnianej cechy w procesie separacji mechanicznej. Najmniejsze straty można ponieść separując nasiona jodły na podstawie ich gęstości, jednak efektywność takiego procesu jest niezadowalająca.



Rys. 1. Zmienność cech fizycznych kształtujących żywotność celowej i odrzuconej frakcji nasion jodły pospolitej w zależności od granicy podziału na frakcje

Fig. 1. Vitality of the right and bad seed fractions in relation to the limit of fraction partition for various separation properties

WNIOSKI

1. Masa, gęstość, sprężystość, grubość oraz prędkość krytyczna nasion jodły pospolitej są cechami rozdzielczymi między nasionami żywotnymi i nieżywotnymi. Mogą, więc być podstawą projektowania urządzeń do sortowania nasion. Nie stwierdzono istotnych różnic szerokości nasion w porównywanych frakcjach.

2. Zmienność badanych cech fizycznych jest większa w obrębie nasion pustych niż pełnych, przy czym różnice są niewielkie w przypadku cech geometrycznych, a duże w odniesieniu do cech masowych (masa, gęstość).

3. Spośród przebadanych cech rozdzielczych najbardziej efektywne podczas jednoetapowej separacji nasion jodły pospolitej są: sprężystość, masa oraz prędkość krytyczna. Jednak w przypadku sprężystości ograniczenie straty pełnych nasion jest praktycznie niemożliwe a duża zmienność współczynnika restytucji energii kinetycznej ogranicza możliwość separacji nasion przy jednokrotnym zderzeniu z powierzchnią. Należałoby stosować urządzenia o konstrukcji kaskadowej lub wibracyjnej (umożliwiającej wielokrotne zderzenia).

PIŚMIENNICTWO

1. **Czernik Z.:** Badania właściwości geometrycznych nasion jodły. Sylwan, nr 8, 57-64, 1993.
2. **Grochowicz J.:** Maszyny do czyszczenia i sortowania nasion. Wydawnictwo Akademii Rolniczej, Lublin, 1994.
3. **Matras J.:** Selekcyjna i gospodarcza baza nasienna jodły pospolitej w Lasach Państwowych oraz jej wykorzystanie. Zeszyty Naukowe AR w Krakowie, ser. Sesja Naukowa nr 61, 13-27, 1999.
4. **Rigney M. P., Kranzler G. A.:** Machine vision for conifer seedling quality control. New Forest 13, 51-62, 1997.
5. **Sabor J.:** Zależność między ciężarem a zdolnością kiełkowania nasion jodły pospolitej. Sylwan, nr 4, 59-69, 1984.
6. **Sabor J.:** Szkółkarstwo leśne w nauce i praktyce. Sylwan, nr 1, 121-127, 1999.
7. **Sarnowska G., Więsik J.:** Wyluszcarnia w Czarnej Białostockiej. Część III. Czyszczenie i separacja nasion. Przegl. Tech. Roln. i Leśnej, nr 1, 19-21, 1998.
8. **Simak M.:** X-radiography in research and testing of forest tree seeds. Rep. 3, Department of Silviculture, Swedish University of Agricultural Science, Umea, 1980.
9. **Suszka B.:** Zagadnienia nasiennictwa w szkółkarstwie górskim. Sylwan, nr 1, 37-42, 1999.
10. **Toka K.:** Instrukcja technologiczna nr 1. Leśny Bank Genów Kostrzyca, 1998.
11. **Toka K.:** Zasoby genowe jodły pospolitej w Leśnym Banku Genów w Kostrzycy. Zeszyty Naukowe AR w Krakowie, ser. Sesja Naukowa, nr 61, 101-127, 1999.
12. **Tylek P.:** Prędkość krytyczna nasion drzew leśnych. Prace Komisji Nauk Rolniczych PAU nr 1, cz. II, 157-164, 1998.
13. **Tylek P.:** Układ optyczny do wspomaganie pomiarów planimetrycznych nasion metodą analizy obrazu. Inżynieria Rolnicza 7 (18), 175-181, 2000.

14. **Walczyk J., Tylek P.:** Stanowisko do badań cech aerodynamicznych nasion przy użyciu komputerowej analizy obrazu. *Problemy Techniki Rolniczej i Leśnej, Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa, 412-417, 1997.*

EFFICIENCY OF SOME BASIC CRITERIA OF SILVER FIR SEEDS SEPARATION

Paweł Tylek

Department of Forest Works Mechanization, Faculty of Forestry, University of Agriculture
al. 29-Listopada 46, 31-425 Kraków
e-mail: rltylek@cyf-kr.edu.pl

Abstract. Silver fir belongs to the main tree forest species in Poland. Market demand for this species seeds is as high as about 17 ton per year. Seeds storage as well as new production technologies for the seedling material require a qualified sowing material. For the mechanical seed selection, knowledge about their fundamental physical parameters is indispensable. Relatively low vitality of the Silver seeds and small difference between physical properties of vital and dead seeds make an application of precise selection equipment and a multistage selection process necessary. Results of measurements of some basic selection features of the Silver fir seeds such as: weight, mass density, elasticity, geometric properties and critical speed have been presented in relation to their vitality. A method for increasing seedling germination capacity and determining the amount of vital seed losses when using a given selection criterion has also been described.

Key words: tree seeds, selective features, mechanical selection