

PAWEŁ TYLEK

Tarcie i sprężystość jako cechy rozdzielcze bukwi

Friction and elasticity as separation properties of beech nuts

ABSTRACT

Tylek P. 2006. Tarcie i sprężystość jako cechy rozdzielcze bukwi. Sylwan 5: 51-58.

In the work external friction and elasticity of beech nuts were measured taking into consideration their classification into the defined embryo development classes. An attempt was made to answer the question whether the mentioned physical-and-mechanical properties are distinctive features of beech seeds and to determine the theoretical separation effectiveness on the basis of the analysed properties.

KEY WORDS

beech seeds, distinctive features, friction, elasticity, sorting

ADDRESSES

Paweł Tylek – Katedra Mechanizacji Prac Leśnych; Wydział Leśny Akademii Rolniczej
Al. 29 Listopada 46; 31-425 Kraków; e-mail: rtylek@cyf-kr.edu.pl

Wstęp

Przez teren Polski przebiega wschodnia granica naturalnego zasięgu buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) zaliczanego do podstawowych gatunków lasotwórczych. Zajmuje on 4,1% powierzchni leśnej Polski, przy czym w Karpatach udział tego gatunku w drzewostanach wynosi 25,9% [Toka 2000]. Średni urodzaj występuje co 3 lata, zaś duży urodzaj co 6-12 lat. Długookresowe zapotrzebowanie na materiał siewny buka wynosi 80-85 t/rok. Łączne pozyskanie nasion w gospodarczych i wyłączonych drzewostanach nasiennych buka zaspokaja bieżące potrzeby Lasów Państwowych. Jednak wielkość istniejącej bazy nasiennej nie pozwala na tworzenie rezerw na wypadek nadzwyczajnych potrzeb (uszkodzenia od wiatru, pożary, gradacje szkodników) [Matras 2000]. Obserwowane zwiększanie się przerw pomiędzy kolejnymi latami dobrego urodzaju wymusza konieczność racjonalnego gospodarowania nasionami oraz nakazuje opanować sztukę wydłużania czasu ich przechowywania. Proces starzenia się nasion jest tym intensywniejszy, im gorsza jest ich jakość w momencie rozpoczęcia przechowywania [Gigle 2000; Toka 2000].

Przy ścisłej rejonizacji i pozyskaniu nasion z ograniczonej liczby drzew doborowych, drzewostanów i plantacji nasiennych, przy stale rosnących zadaniach zalesieniowych i odnowieniowych niezbędne staje się uzyskanie jak największej liczby sadzonek z ograniczonej ilości nasion [Madsen 1995]. Ekonomiczne aspekty produkcji szkółkarskiej wymagają nasion o wysokiej jakości genetycznej oraz dużej zdolności kiełkowania. Dlatego też do przechowywania nasion, tworzenia rezerw na lata nieurodzaju, długoterminowego przechowywania nasion celem zachowania puli genowej gatunku (Leśne Banki Genów) oraz do przysposobienia i siewu należy używać nasion najlepszej jakości. Doprowadzi to do zmniejszenia kosztów całkowitych produkcji materiału sadzeniowego, a dodatkowo wpłynie na lepsze wykorzystanie powierzchni przeznaczonej do hodowli tego materiału. Dlatego tak ważnym zagadnieniem staje się separacja nasion [Sarnowska, Więsik 1998; Suszka 1999].

Dzięki separacji następuje oddzielenie nasion pełnych, prawidłowo wykształconych od pustych czy uszkodzonych. Nie może to jednak powodować utraty nasion o mniejszej masie, do czego często prowadzą obecnie stosowane metody separacji, wykorzystujące głównie cechy geometryczne i aerodynamiczne. Należy pamiętać, że drzewa w obrębie tego samego gatunku wytwarzają nasiona różnej wielkości. Drzewa i drzewostany stare często mają nasiona mniejsze niż drzewa młode, zaczynające obradzać, zaś z uwagi na ochronę różnorodności genetycznej jednakowo ważne są nasiona duże i ciężkie jak drobne i lekkie. Eliminując nasiona mniejsze i lżejsze odrzucamy bowiem plon z drzew najbardziej przystosowanych do danych warunków siedliskowych [Suszka i in. 1994; Sabor 1996, 2000]. Ponadto depozyty przeznaczone do długookresowego przechowywania np. w Leśnym Banku Genów w Kostrzycy, czy też w tworzonych regionalnych bankach genów powinny przedstawiać pełną różnorodność genetyczną reprezentowanego ekosystemu [Toka 1998].

Cel i przedmiot badań

Rozdział nasion na frakcje jakościowe odbywa się w urządzeniach wykorzystujących różnice cech fizycznych pomiędzy poszczególnymi nasionami. Niektóre cechy fizyczne są ściśle skorelowane z właściwościami biologicznymi. Uzyskanie kwalifikowanego materiału siewnego wymaga zatem dobrej znajomości agrofizyki nasion i praw rządzących procesami rozdzielczymi. Dążąc do optymalizacji procesu mechanicznej separacji nasion wymaga się wybrania spośród wielu cech rozdzielczych tej, która pozwala na realizację najkrótszego ciągu technologicznego czyszczenia i sortowania danej partii nasion [Grochowicz 1994]. Warto więc wziąć pod uwagę cechy rozdzielcze nie wykorzystywane w leśnictwie do tej pory, a które według wyników oceny wartości technicznej potencjalnych urządzeń sortujących powinny być uwzględnione w konstrukcji przyszłościowych rozdzielaczy uniwersalnych [Frączek i in. 1994]. Charakterystyka agrofizyczna nasion drzew leśnych została dotąd poznana w bardzo ograniczonym zakresie, przy czym badania nie dotyczyły nasion buka.

Celem niniejszej pracy jest analiza tarcia zewnętrznego oraz sprężystości nasion buka z uwzględnieniem ich przynależności do zdefiniowanych klas rozwoju zarodków, a więc próba odpowiedzi na pytanie czy wymienione cechy fizyko-mechaniczne są cechami rozdzielczymi bukwi oraz jaka jest teoretyczna efektywność separacji na podstawie różnic wartości rozpatrywanych cech.

Przedmiotem badań są orzeszki buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.). Zbiór orzeszków w drzewostanie nasiennym gospodarczym przeprowadzono w październiku 2000 roku w Nadleśnictwie Bielsko, leśnictwo Salmopol. Czystość badanych nasion wyniosła 96%, a żywotność określona na podstawie próby barwienia 68%. Nasiona były podsuszone do wilgotności 9,8%. Masa 1000 nasion odpowiadała 249,8 g.

Metody badań

Przed właściwymi badaniami dokonano podziału orzeszków na klasy żywotności, określone na podstawie rentgenograficznej oceny rozwoju zarodków [Simak 1980; Tylek, Walczyk 2002]. Orzeszki zakwalifikowano do trzech klas:

- klasa I – obejmuje klasy 0 oraz 2 wg zasad oceny nasion w Lasach Państwowych [Zasady oceny nasion...] – nasiona puste, niewykształcone oraz uszkodzone, niezdolne do kiełkowania (ryc. 1a),
- klasa II – zawiera klasę 3 wg zasad oceny nasion - nasiona niedostatecznie wykształcone, częściowo zdolne do kiełkowania (ryc. 1b),

- klasa III – obejmuje klasy 4 oraz 5 wg zasad oceny nasion – nasiona prawidłowo wykształcone, ewentualnie z zarodkiem źle przylegającym do okrywy, całkowicie zdolne do kiełkowania (ryc. 1c).

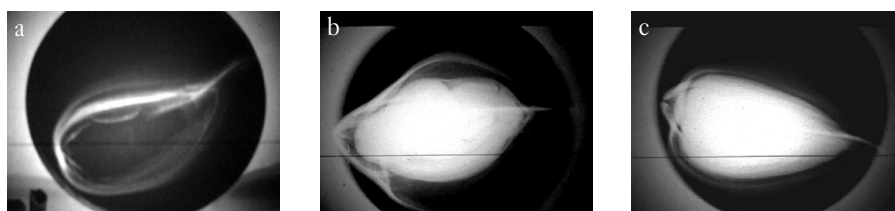
Udział nasion w zdefiniowanych klasach wyniósł odpowiednio 9,1%, 35% oraz 55,9%.

W klasycznej trybologii tarcie zewnętrzne definiowane jest jako zbiór zjawisk zachodzących w wierzchnich warstwach przemieszczających się względem siebie ciał stałych. Dla ośrodków ziarnistych pochodzenia roślinnego definicja ta uległa pewnej modyfikacji. Za tarcie zewnętrzne uznaje się bowiem tarcie zachodzące między materiałem ziarnistym a materiałami konstrukcyjnymi [Frączek 1999]. Tarcie można określić kątem tarcia po danej powierzchni, a w praktyce często zamiast kąta nachylenia podaje się współczynnik tarcia, przez który należy rozumieć tangens kąta tarcia o powierzchnię. Pomiarów dokonano na podłożu ze stali ocynkowanej. Wykorzystano skonstruowany w Katedrze Mechanizacji Prac Leśnych Akademii Rolniczej w Krakowie przyrząd, stanowiący elektrycznie napędzaną równię pochyłą, sprzężoną z cyfrowym miernikiem kątów, o dokładności wskazań $0,1^\circ$.

Za miarę własności sprężystych nasion przyjmuje się współczynnik restytucji energii kinetycznej. Jest on wyznaczany jako stosunek wysokości odbicia nasiona od nieruchomej płaszczyzny do wysokości, z jakiej nasiono jest upuszczane, przy czym kąt odbicia jest nieistotny [Feder 1990]. Wartość współczynnika zależy od:

- kształtu nasion (kierunek odbicia, opór powietrza),
- anizotropii (nierówna grubość okrywy nasiennej, nierównomierne rozmieszczenie substancji zapasowych),
- wilgotności nasion,
- sprężystości płaszczyzny odbicia.

Klasykna metoda pomiaru polega na obserwacji ruchu poszczególnych nasion na tle skali [Grochowicz 1994]. Odczyty są jednak obciążone błędami wywołowanymi niedoskonałością ludzkiego oka przy zbyt dużej prędkości nasion po odbiciu i bardzo krótkim czasem, w którym osiągają maksimum wysokości odbicia. Z uwagi na to do rejestracji zjawiska wykorzystano cyfrową kamerę wideo JVC GR 9800 z możliwością zdjęć przyspieszonych (100 klatek/s). Za szklaną komorą pomiarową będącą w polu widzenia kamery umieszczono matówkę, która rozprasza światło emitowane przez reflektor. Ujednolica to jaskrawość i zwiększa kontrast obrazu. Poszczególne nasiona osiem razy upuszczano z półki ustawionej na wysokości 0,2 m. Po poklatkowej analizie filmu, odpowiednie obrazy wyeksportowano do specjalistycznego programu do komputerowej analizy obrazu MultiScan i zmierzono wysokości odbić od podłoża



Ryc. 1.

Wizualizacja orzeszków na kliszy RTG: a – orzeszek pusty; b – niedostatecznie wykształcony; c – prawidłowo wykształcony

X-ray photography of beechnuts: a – empty; b – underdeveloped; c – properly developed

poszczególnych nasion. Całkowity bezwzględny błąd pomiarowy wywołany częstotliwością pracy migawki oraz głębią obrazu nie przekroczył 1,9 mm, co w odniesieniu do średnich wartości współczynnika restytucji energii kinetycznej dało błąd względny 3-4,8% [Tylek, Walczyk 2003].

Wyniki

Wyniki pomiarów uwzględniające podział nasion na klasy rozwoju zarodka zawarto w tabeli oraz przedstawiono w formie histogramów na ryc. 2. W przypadku współczynnika tarcia nie stwierdzono istotnych różnic w jego wielkości pomiędzy przyjętymi klasami. Wyjątkiem jest różnica między klasami I i II, jednak jej względna wartość na poziomie 6% dyskwalifikuje tarcie jako praktyczną cechę rozdzielczą nasion buka. Rozkład badanej cechy jest asymetryczny, najliczniej reprezentowana jest klasa o wartościach z zakresu 0,45-0,50, mimo że wartość średnia współczynnika tarcia dla całej partii nasion wynosi 0,51.

Z kolei rozpatrując parametr sprężystości, daje się zauważyć wyraźną różnicę średnich wartości współczynnika restytucji energii kinetycznej nasion poszczególnych klas żywotności, wyróżnionych na podstawie rozwoju zarodków. Nasiona III klasy (prawidłowo wykształcone) mają o 26% większą wartość średnią wysokości odbicia i współczynnika restytucji energii kinetycznej od nasion klasy II (niedostatecznie wykształconych). Te z kolei mają o 12% większą wartość od nasion klasy I (pustych i niewykształconych), zaś różnica między wartościami średnimi nasion klasy I i III wynosi aż 41 % (tab.). Wynika stąd, iż nasiona prawidłowo wykształcone (pełne) odbijają się znacznie wyżej niż nasiona niewykształcone (puste). Zapewne obecność substancji odżywczych w nasionach zwiększa ich moduł sprężystości. Własność ta może zatem być traktowana jako cecha rozdzielcza, a tym samym wykorzystana przy projektowaniu urządzeń do separacji nasion. Śledząc jednak zmienność współczynnika restytucji zauważymy, że w każdej klasie jest ona duża (tab.). W związku z tym, aby separacja zakończyła się powodzeniem, nasiona powinny być podczas procesu rozdzielania kilka razy zderzone z powierzchnią, by uzyskać odpowiednią wysokość odbicia.

Wykorzystanie sprężystości w procesie separacji wiąże się z odrzuceniem frakcji o najmniejszym współczynniku restytucji energii kinetycznej, które zawierają najwięcej nasion pustych. Chcąc ocenić efektywność takiej separacji możemy posłużyć się nomogramem (ryc. 3),

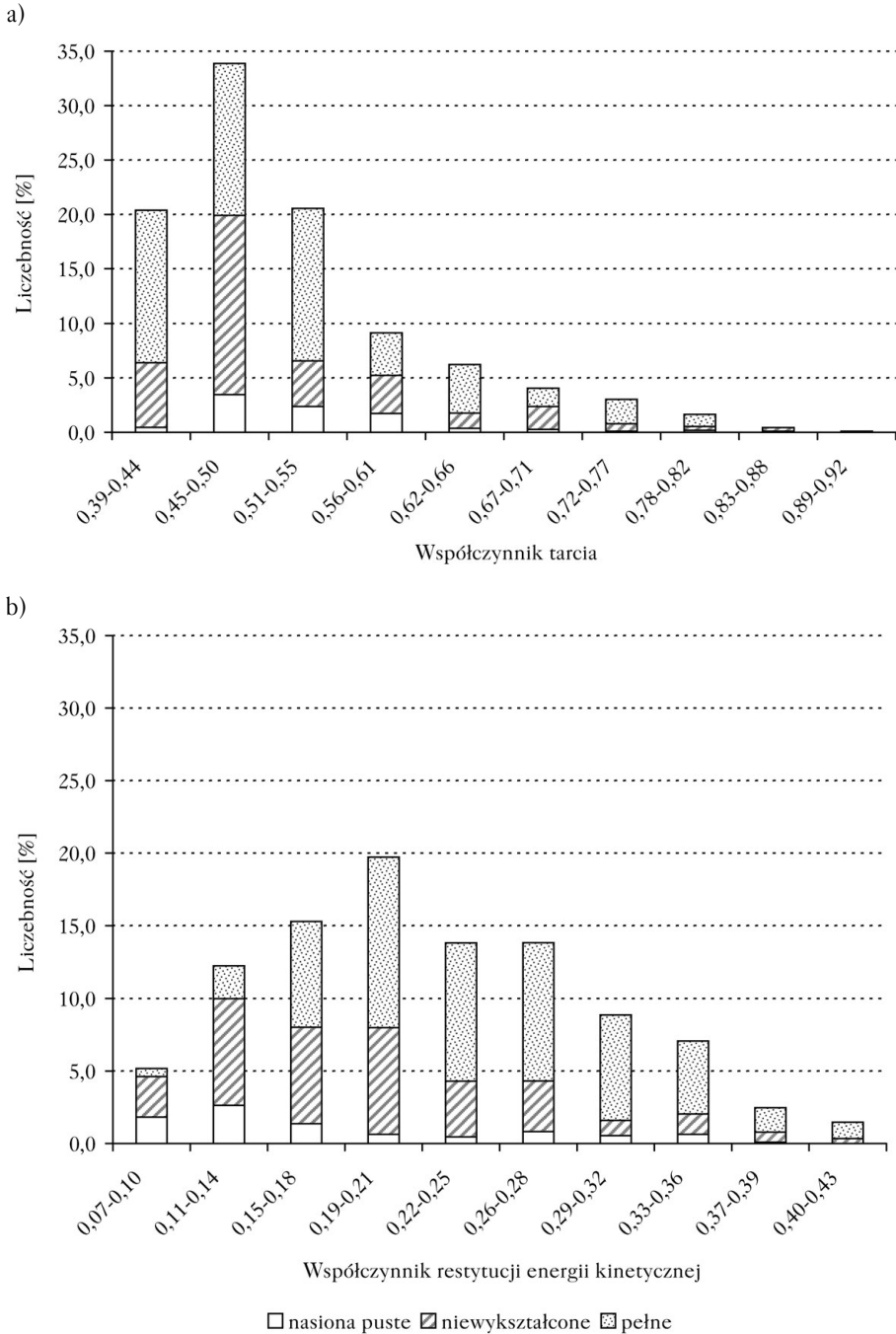
Tabela 1.

Charakterystyka cech fizycznych nasion buka
Characterisation of physical properties of beech seeds

Klasa rozwoju zarodka	Parametry statystyczne				Wsp. zmienności [%]	Ocena istotności		
	Średnia	Minimum	Maksimum			I-II	II-III	I-III
Współczynnik tarcia zewnętrznego								
I	0,53	0,42	0,92	16,5	*	n	n	
II	0,50	0,40	0,84	17,5				
III	0,51	0,39	0,80	18,9				
Współczynnik restytucji energii kinetycznej								
I	0,17	0,07	0,38	47,4	*	**	**	
II	0,19	0,07	0,42	38,5				
III	0,24	0,10	0,43	28,9				

n – różnica nieistotna; * – różnica istotna na poziomie $\alpha < 0,05$; ** – różnica istotna na poziomie $\alpha < 0,01$

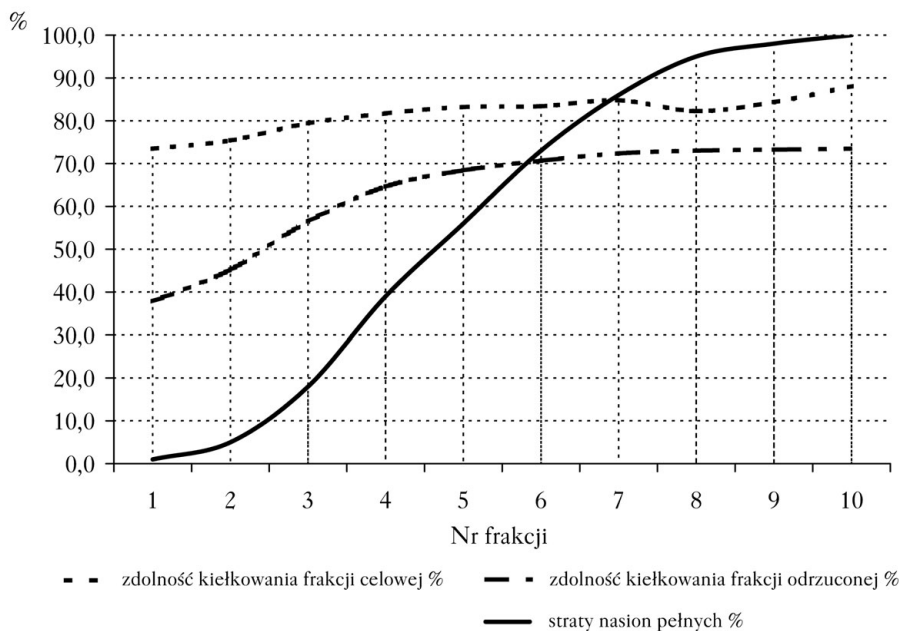
n – non-significant difference; * – difference significant at a level $\alpha < 0,05$; ** – difference significant at a level $\alpha < 0,01$



Ryc. 2.

Histogram rozmieszczenia nasion bukwi w klasach cech rozdzielczych: a – współczynnik tarcia; b – współczynnik restytucji energii kinetycznej

Histogram of distribution of beech seeds in separation feature classes: a – friction coefficient; b – kinetic energy restitution coefficient



Ryc. 3.

Nomogram oceny efektywności sprężystościowej separacji bukwi

Nomogram for the evaluation of separation effectiveness based on nut elasticity

gdzie dla dziesięciu frakcji została przeprowadzona analiza trzech parametrów: zdolności kiełkowania frakcji celowej (zawierającej materiał celny), zdolności kiełkowania frakcji odrzuconej (odpadu) oraz strat nasion pełnych. Dla przykładu odrzucenie dwóch najniższych klas o współczynniku restytucji mniejszym od 0,15 spowoduje zwiększenie zdolności kiełkowania frakcji celowej z 73,5% do 79,4% przy stracie nasion pełnych poniżej 5%. Inaczej jest w sytuacji, gdy sprężystość stanowi granicę podziału nasion na jednym z etapów selekcji wieloetapowej. Należy wtedy przyjąć jej wartość na poziomie zapewniającym otrzymanie frakcji nasion o wysokiej zdolności kiełkowania, mniej skupiając się na stratach nasion pełnych wynikających ze strat elementu separującego, czyli stosunku ilości materiału celnego, zawartego we frakcji odpadu, do ogólnej ilości tej frakcji. Frakcje nasion pozostające po oddzieleniu klas o największym współczynniku restytucji mogą bowiem zostać skierowane do następnych etapów separacji. Stwierdzono, iż granica podziału ustalona na wartości współczynnika równej 0,29 pozwala odebrać 27% nasion o zdolności kiełkowania przekraczającej 84%.

Wnioski

- ✦ Stopień rozwoju zarodków orzeszków buka nie wpływa na ich własności tarcia. Zatem tarcie zewnętrzne nie może być traktowane jako cecha rozdzielcza w odniesieniu do rozpatrywanego gatunku.
- ✦ Sprężystość nasion buka charakteryzowana współczynnikiem restytucji energii kinetycznej jest cechą rozdzielczą, więc może być stosowana w procesie mechanicznej separacji. Jednak duża zmienność wielkości współczynnika znacznie ogranicza możliwość separacji nasion przy jednorazowym zderzeniu z powierzchnią. Należałoby stosować urządzenia umożliwiające wielokrotne zderzenia, o konstrukcji kaskadowej lub wibracyjnej.

- ✦ Większą efektywność separacji można uzyskać odbierając nasiona pełne od pozostałych frakcji niż oddzielając nasiona puste od frakcji zawierających nasiona niedostatecznie wykształcone oraz pełne.
- ✦ Wykorzystanie techniki video-filmowej wraz z komputerową analizą obrazu umożliwia obiektywność i powtarzalność pomiarów sprężystości oraz pozwala na wizualizację zachowania się nasion po zderzeniu z płaszczyzną.

Literatura

- Feder S. 1990. Badanie współczynnika restytucji prędkości ziarna w procesie separacji. Prace Przemysłowego Instytutu Maszyn Rolniczych, Poznań. 41, 2: 27-33.
- Frączek J., Ślipek Z., Kaczorowski J. 1994. Analiza stanu wynalazczości w grupie maszyn do czyszczenia nasion. Przegl. Tech. Roln. i Leśnej 1: 14-17.
- Frączek J. 1999. Tarcie ziarnistych materiałów roślinnych. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, ser. Rozprawy 252.
- Gigle K. 2000. Langfristige Bucheckernlagerung in Abhängigkeit vom Früchtewasser-gehalt. 10 Jahre Erfahrung aus der Praxis. Forst u. Holz Jg 55, 6: 181-184.
- Grochowicz J. 1994. Maszyny do czyszczenia i sortowania nasion. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Lublinie.
- Madsen P. 1995. Effects of seedbed type on wintering of beech nuts (*Fagus sylvatica*) and deer impact on sprouting seedlings in natural regeneration. Forest Ecology and Management 73: 37-43.
- Matras J. 2000. Selekcyjna i gospodarcza baza nasienna buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) w Polsce. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, ser. Sesja Nauk. 69: 103-120.
- Sabor J. 1996. Rola doświadczeń proveniencyjnych w poznawaniu zmienności wewnątrzgatunkowej drzew leśnych oraz ocenie hodowlanej ich pochodzeń. Wydawnictwo LBG.
- Sabor J. 2000. Wartość genetyczna buka karpackiego. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, ser. Sesja Nauk. nr 69: 139-152.
- Sarnowska G., Więsik J. 1998. Wyłuszcarnia w Czarnej Białostockiej. Część III. Czyszczenie i separacja nasion. Przegl. Tech. Roln. i Leśnej 1: 19-21.
- Simak M. 1980. X-radiography in research and testing of forest tree seeds. Rep. 3, Department of Silviculture, Swedish University of Agricultural Science, Umea, 34 pp.
- Suszka B., Muller C., Bonnet-Masimbert M. 1994. Nasiona leśnych drzew liściastych. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa-Poznań.
- Suszka B. 1999. Zagadnienia nasiennictwa w szkółkarstwie górskim. Sylwan 1: 37-42.
- Toka K. 1998. Instrukcja technologiczna nr 1. Leśny Bank Genów Kostrzyca.
- Toka K. 2000. Ochrona zasobów genowych buka w Leśnym Banku Genów w Kostrzyca. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Sesja Nauk. 69: 213-227.
- Tylek P., Walczyk J. 2002. The relationship between the viability and geometric characteristics of beechnuts (*Fagus sylvatica* L.). Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Series Forestry Volume 5, Issue 2.
- Tylek P., Walczyk J. 2003. Film jako instrument w badaniu sprężystości nasion. Inżynieria Rolnicza 11 (53): 223-228.
- Zasady oceny nasion w lasach państwowych. 1996. Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych, Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa.

SUMMARY

Friction and elasticity as separation properties of beech nuts

The long-term demand for beech seeds amounts to 80-85 tons/year. The total harvest of seeds satisfies the current needs of the State Forests, however the size of the existing seed base does not permit creation of reserves in case of extraordinary needs. At the same time, the economic aspects of nursery production require seeds of high genetic quality and high germination capacity. Therefore, to store seeds, create reserves for non-seed years, to assure long-term storage of seeds for the genetic pool of species (Forest Gene Banks) and to prepare and sow seeds, the highest quality seeds should be used. Seed separation becomes therefore an important issue. However, it should not cause losses of seeds of lower weight. Old trees and stands frequently have smaller seeds than the young ones which just start producing seeds. Big and heavy seeds are equally important as small and light ones on account of genetic variability protection.

The separation of seeds into quality fractions is carried out by the equipment which makes use of physical differences in individual seeds. Some physical properties are strictly correlated to biological properties. Therefore, obtaining qualified sowing material requires a good knowledge of seed agrophysics and the laws governing the separation processes. It is worth taking into consideration the separation properties which have not been used in forestry so far and which, according to the results of the technical evaluation of the potential sorting equipment, should be incorporated into the future universal separators.

The aim of this work is to analyse the external friction and elasticity of beech nuts taking into consideration their classification into the defined embryo development classes. In other words, an attempt is made to answer the question whether the mentioned physical-and-mechanical properties are separation properties of beech nuts and to determine the theoretical separation effectiveness on the basis of the analysed properties.

Prior to the proper investigations, beech nuts were divided into vitality classes determined on the basis of roentgenographic evaluation of embryo development. On the basis of the analyses it was concluded that the degree of development of beech seed embryos did not impact their friction properties. Therefore, external friction should not be treated as a separation properties of the analysed species. Seeds elasticity, on the other hand, characterized by the kinetic energy restitution factor is a separation properties, and therefore can be used in the process of mechanical separation. However, the high factor value variability significantly reduces the possibility of seed separation after one-time hitting the surface. Equipment should be used enabling multi-time hitting, that is with cascade or vibratory design.