

WIELKOŚĆ I KSZTAŁT JAKO CECHY ROZDZIELCZE
NASION DĘBU SZYPUŁKOWEGO (*QUERCUS ROBUR* L.)

Paweł Tylek

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

Streszczenie. Uzyskanie kwalifikowanego materiału siewnego wymaga wykonania szeregu czynności fizycznych, mających źródło w znajomości praw rządzących procesami rozdzielczymi. Podstawą ich są różnice w niektórych właściwościach fizyko-mechanicznych pomiędzy poszczególnymi składnikami mieszanin ziarnistych. Znajomości takiej wymaga ponadto konstruowanie podzespołów maszyn i urządzeń do uszlachetniania materiału siewnego oraz efektywna eksploatacja czyszczalni i sortowników mechanicznych oraz innych maszyn do obróbki nasion. Zarówno współczesne jak i dawne konstrukcje separatorów są oparte na doświadczeniu praktyków, a nie teoretycznych koncepcjach mających źródło w gruntownej znajomości agrofizyki nasion. Ze względu na powyższe niezbędna jest szczegółowa analiza cech rozdzielczych dębu, uwzględniająca także cechy nie wykorzystywane w leśnictwie do tej pory, a które powinny być wzięte pod uwagę w konstrukcji przyszłościowych rozdzielaczy uniwersalnych. Mechaniczna separacja nasion wymaga znajomości ich podstawowych parametrów geometrycznych, w tym wielkości i kształtu. Pomiarów wspomnianych parametrów wykonano korzystając z komputerowej analizy obrazów nasion, uzyskanych z aparatu cyfrowego. Celem pracy była analiza wielkości i kształtu żołądki dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) opisana współczynnikami kształtu, z uwzględnieniem przynależności do klas żywotności. Przyjęto klasyfikację nasion na 3 frakcje pomiarowe, biorąc za podstawę rozwój zarodka oraz szacowaną na tej podstawie spodziewaną zdolność kiełkowania nasion. Wyniki badań wykazały, że cechy geometryczne żołądki nie mogą być uznane za cechy rozdzielcze, zatem nie ma możliwości przeprowadzenia procesu separacji w oparciu o wielkość nasion. Podczas badań zaobserwowano także, że tradycyjny sposób suszenia żołądki, celem przygotowania do przechowywania, nie umożliwił uzyskania jednorodnej wilgotności końcowej. Jedynie nasiona żywotne o dużych zarodkach wykazują właściwą wilgotność, znacząco wyższą od pozostałych. Stanowi to zapewne jedną z przyczyn spadku zdolności kiełkowania nasion w trakcie przechowywania.

Słowa kluczowe: nasiona dębu, kształt, cechy planimetryczne, cechy rozdzielcze, komputerowa analiza

WYKAZ OZNACZEŃ

- a, b, c – grubość, szerokość, długość nasiona (mm),
 d_z – średnica zastępczej kuli (mm),
 F – średnia powierzchnia przekroju nasiona (mm^2),
 F_{ab}, F_{ac}, F_{bc} – poszczególne pola powierzchni podstawowych przekrojów nasiona (mm^2),
 F_{min}, F_{max} – najmniejsze i największe pole powierzchni podstawowych przekrojów nasiona (mm^2),
 K_1, K_2 – współczynniki sferyczności,
 K_3, K_4, K_5, K_6, K_7 – współczynniki kształtu nasion definiowane wielkościami liniowymi,
 O – średni obwód podstawowych przekrojów nasiona (mm),
 V_z – objętość zastępcza nasiona (cm^3),
 W_1, W_2, W_3 – współczynniki kształtu nasion definiowane powierzchniami przekrojów poprzecznych.

WSTĘP

Z danych dotyczących zbioru żołądzi dębu szypułkowego w latach 1951 – 1999 wynika, że obfity urodzaj żołądzi przypada w Polsce zazwyczaj co 5-7 lat. Dobre lata nasienne zdarzały się czasem częściej (raz na 3 lata), a czasem rzadziej (raz na 9 lat) (Kantorowicz 2000). Natomiast według Suszki i in. (1994) dąb szypułkowy w Polsce owocuje obficie co 3-8 lat.

Z powodu szybkiej utraty żywotności przez żołądzie, ich długoterminowe przechowywanie jest praktycznie ograniczone do 2-3 lat. Nasiona starzeją się tym szybciej, im gorsza jest ich jakość w chwili rozpoczęcia przechowywania. Dlatego tak ważnym zagadnieniem staje się separacja, której celem jest czyszczenie nasion oraz oddzielenie pełnych, prawidłowo wykształconych od pustych czy uszkodzonych. Należy pamiętać o tym, że drzewa rosnące w tym samym drzewostanie, mogą produkować nasiona bardzo zróżnicowane pod względem wielkości i kształtu. Wyraźnie można zaobserwować to na przykładzie dębów – jedno drzewo produkuje żołądzie drobne, inne zaś bardzo duże. Ponadto żołądzie z drzew starych są często mniejsze niż z drzew młodych, wchodzących w fazę obradzenia nasion. Ze względu na konieczność ochrony i zachowania różnorodności genetycznej jednakowo ważne powinny być nasiona duże i ciężkie oraz drobne i lekkie (Falleri i Pacella 1997). Sukcesywnie odrzucając nasiona drobne można wyeliminować z plonu żołądzie drzew starych, a więc drzew o najbardziej prawdopodobnej rodności, najlepiej przystosowanych do danych warunków siedliskowych.

Zwiększenie wydajności siewu jest szczególnie istotne w przypadku dębu, ponieważ gatunek ten charakteryzuje się bardzo nierównomiernymi wschodami. Pierwsze siewki zaczynają pojawiać się po 2-3 tygodniach od wysiania, a ostatnie nawet po 16-17 tygodniach. Powoduje to ich zróżnicowany wzrost oraz wzmacnia

konkurencję między nimi. Siewki pojawiające się później znajdują się pod osłoną większych już, z dobrze rozwiniętymi liśćmi, które skutecznie ograniczają dostęp światła i wody. Nierównomierność wschodów, a następnie wzrostu roślin wpływa na obniżenie wydajności siewu (Andrzejczyk 2009).

Cechy geometryczne stanowią podstawową grupę cech rozdzielczych nasion. W literaturze, w odróżnieniu od innych cech fizycznych, pojawiają się one stosunkowo często. Niestety, niewiele badań określa ich wpływ na żywotność i zdolność kiełkowania nasion. Autorzy w wielu przypadkach ograniczają się do analizy wyłącznie wymiarów liniowych (Dumroese i Wenny 1987, Bondaruk i Kucerina 1989). Bardziej rozbudowana charakterystyka dotyczy nasion gatunków iglastych, takich jak: sosna, świerk, modrzew i jodła (Czernik 1983, 1993, Tylek 2004) oraz buk (Šmelková 1971, Tylek 2010). Wielkość nasion, jako istotna cecha fizyczna, ma szczególne znaczenie przy ocenie ich dorodności i wartości użytkowej, a także w procesie czyszczenia, suszenia i przechowywania (Grochowicz 1994, Czernik 1993, Szpryngiel 1993).

W literaturze z zakresu czyszczenia spotkać można wiele różnych określeń dotyczących kształtu nasion: okrągłe, owalne, wydłużone, płaskie, skośne, wygięte, trójgraniaste, piramidalne, sferyczne, elipsoidalne, stożkowate, soczewkowate, soczewkowato-wklęsłe, cylindryczne i rurowe (Grochowicz 1966, Byśzewski i Haman 1977, Semczyszyn, Fornal 1990, Rawa i in. 1993, Gordon 1998). Taki sposób definiowania kształtu nie jest ścisły, ponieważ nie określa, gdzie znajduje się granica podziału na grupy. Dlatego też kształt postanowiono opisywać odpowiednimi współczynnikami, które liczbowo określają wzajemne powiązania parametrów geometrycznych.

Rozmiary nasion określa się trzema wymiarami: grubością (a), szerokością (b) oraz długością (c). Szerokość i grubość określane są zazwyczaj z największego poprzecznego przekroju nasienia (Czernik 1983, Rawa i in. 1993, Grochowicz 1994, Tylek 2010). Parametrem planimetrycznym, wykorzystywanym do analiz cech aerodynamicznych (powierzchnie nośne), jest pole powierzchni przekrojów nasion w kierunkach prostopadłych do podstawowych wymiarów liniowych: grubości, szerokości i długości. Pomiar tych powierzchni jest metodycznie uciążliwy, z tego względu bardzo często kształt nasion porównuje się do prostych brył geometrycznych np. kuli, soczewki, ostrosłupa czy elipsoidy obrotowej (Donev i in. 2004, Frączek i Wróbel 2006). Kolejnym istotnym parametrem planimetrycznym jest długość obwodów poszczególnych przekrojów nasion. Parametr ten, obrazujący kształt nasion, nie został jednak dotychczas poznany. Wynika to z trudności metodycznych: obwód nasion (brył nieregularnych) jest bardzo trudny do zmierzenia. Brak danych powodował, że do opisu kształtu nasion używano współczynników, których konstrukcja oparta była zasadniczo na wymiarach liniowych. Nie uwzględniały one jednak wpływu na charakterystyki nasion wielu ważnych

cech, takich jak: nierówność powierzchni, położenie środka ciężkości czy też innych cech stereometrycznych (Rawa i in. 1993). Analiza literatury wskazuje na to, że dotychczasowa wiedza nie obejmuje właściwości fizycznych żołądki dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.). Nie wykazano również do tej pory zależności powyższych cech z rozwojem biologicznym żołądki, co daje dopiero podstawy do projektowania procesów rozdzielczych.

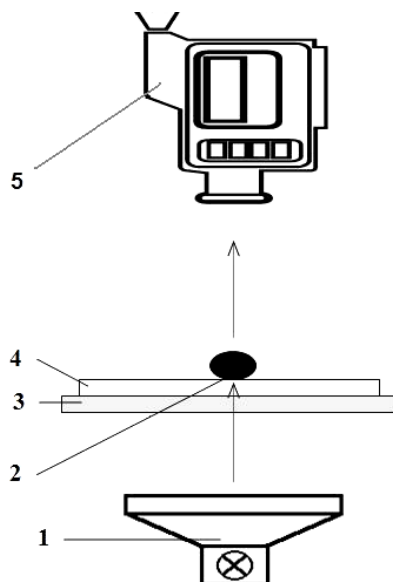
Z uwagi na powyższe, celem pracy jest pomiar właściwości geometrycznych żołądki, takich jak: długość, szerokość, obwód, powierzchnia przekroju poprzecznego oraz określenie współczynników i wskaźników kształtu w zależności od żywotności żołądki, co może doprowadzić do poznania potencjalnych cech rozdzielczych.

MATERIAŁ I METODY

Przedmiotem badań laboratoryjnych są żołądki dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.), których zbiór w drzewostanie gospodarczym przeprowadzono w 2009 roku w Nadleśnictwie Oleszyce. Do momentu przeprowadzenia analiz żołądki przechowywane były w chłodni. Wilgotność żołądki uwzględniająca ich żywotność wynosiła: zdrowe – 39,2%, nadpsute – 36,2%, zepsute – 28,3%. Masa 1000 nasion – 4,7 kg.

Metoda badań polegała na wykonaniu pomiarów poszczególnych parametrów na pojedynczych żołądkach, które umieszczono w segregatorze. Poszczególne żołądki (500 sztuk) pobierane były z segregatora i po pomiarze każdego z parametrów wracały z powrotem do odpowiednio oznaczonej komórki. Umożliwiło to ich późniejszą identyfikację – każdy został opisany za pomocą cech anatomicznych i fizycznych. Taki sposób prowadzenia badań jest pracochłonny, ale umożliwia precyzyjną ocenę wpływu budowy anatomicznej żołądki na ich cechy rozdzielcze.

Jako narzędziem do pomiarów parametrów geometrycznych żołądki posłużono się komputerową analizą obrazu uzyskanego z detektora, jakim był aparat cyfrowy. Celem zarejestrowania odpowiednich obrazów do analizy ilościowej wykorzystano stanowisko pomiarowe zaprojektowane i wykonane w Katedrze Mechanizacji Prac Leśnych Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie (rys. 1). Przeprowadzone wcześniej badania pilotażowe wykazały, że w przypadku żołądki grubość i szerokość (wymiar a oraz b) nie różnią się istotnie. Z tego względu do dalszych analiz wystarczyło pozyskiwanie obrazów żołądki tylko z jednego rzutu. Ze względu na różnorodność barw nasion, która utrudnia późniejszą obróbkę obrazu, zrezygnowano z tradycyjnego fotografowania. Fotografowano natomiast cienie nasion podświetlonych reflektorem za pośrednictwem matówki (Tylek 2010).



Rys. 1. Schemat stanowiska do pomiaru cech geometrycznych nasion: 1 – reflektor halogenowy, 2 – fotografowane nasiono, 3 – matówka, 4 – płyta szklana, 5 – aparat cyfrowy

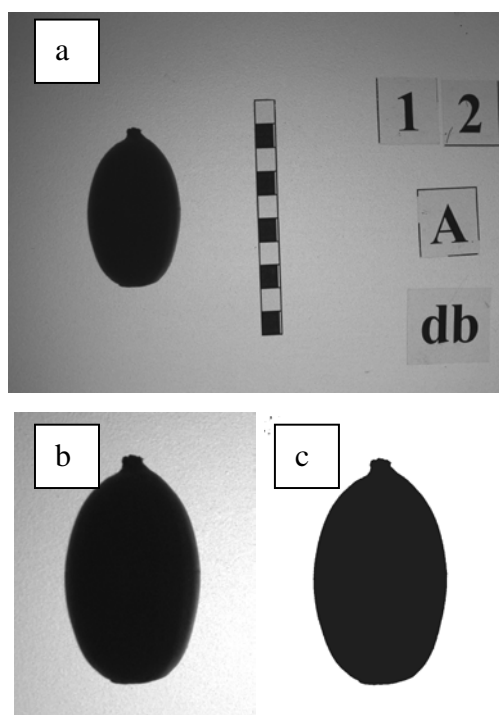
Fig. 1. Schematic diagram of the stand for measurement of geometric characteristics of seeds: 1 – halogen reflector, 2 – photographed seed, 3 – focusing screen, 4 – glass plate, 5 – digital camera

Obraz każdego żołądzia rejestrowano na cyfrowej fotografii o rozdzielczości 1024×768 pikseli (rys. 2a). Następnie, przed wykonaniem analizy ilościowej, uzyskane fotografie poszczególnych żołądzi poddano szeregowi przekształceń:

- skalowanie – określenie współczynnika skali obrazu,
- normalizacja kontrastu – rozszerzenie zakresu szarości punktów do 256 odcieni, co pozwala na lepsze zróżnicowanie szczegółów w obrębie analizowanego obrazu,
- filtracja medianowa – uzyskanie ostrych krawędzi obrazu oraz wygładzenie krawędzi poszarpanych, a także eliminacja szumów; filtrację wykonano przy użyciu elementu strukturalnego o wymiarach 5 × 5 pikseli (rys. 2b),
- binaryzacja – zamiana obrazu 8-bitowego na 1-bitowy (binarny), gotowy do analiz ilościowych (rys. 2c),
- wyszukiwanie progowe – zdefiniowanie wielkości obiektów, które mają być poddane analizie ilościowej, dzięki czemu odseparowuje się z obrazu obiekty niepożądane (Wojnar, Majorek 1994, Tadeusiewicz, Korohoda 1997, Krajčo i in. 2005).

Komputerową analizę obrazu, tj. przekształcenia oraz pomiary wykonano przy użyciu pakietu komputerowego MultiScan v.12.07.

Żywotność zołędzi określono metodą krojenia. Jest to metoda destrukcyjna, w związku z czym została wykonana po przeprowadzeniu pomiarów geometrycznych. Próba krojenia należy do orientacyjnych metod oceny nasion, w której dokonuje się oceny żywotności nasion na podstawie makroskopowych oględzin: rozwoju zarodka, stanu tkanki liścieni i zawiązków korzonka oraz wewnętrznych uszkodzeń spowodowanych przez grzyby i owady. Ocenę dokonuje się tylko na podstawie zewnętrznego wyglądu przekroju przez tkankę, stąd próba krojenia jest najmniej zawodna w stosunku do nasion świeżo pozyskanych oraz poprawnie i krótko przechowywanych (Załęski 1995). Wyróżnia się nasiona: zdrowe, nadpsute, zepsute, uszkodzone przez larwy, puste (bez zarodka).



Rys. 2. Kolejne fazy komputerowej analizy obrazu: a – 8-bitowy, cyfrowy obraz wejściowy, b – obraz po normalizacji kontrastu i filtracji medianowej, c – obraz po binaryzacji oraz zastosowaniu wyszukiwania progowego – gotowy do analizy jakościowej

Fig. 2. Successive phases of the computer image analysis: a – 8-bit digital initial image, b – image after contrast normalisation and median filtering, c – image after conversion to binary form and object isolating – prepared for qualitative analyses

WYNIKI I DYSKUSJA

Po dokonaniu oceny żywotności stwierdzono, że frakcje żołądździ uszkodzonych przez larwy oraz pustych są reprezentowane tylko przez pojedyncze osobniki, w związku z tym postanowiono wykluczyć je z dalszych analiz. Pozostałe żołądździe podzielono na 3 klasy żywotności: zdrowe, nadpsute oraz zepsute, których liczebność wyniosła odpowiednio 34,3%, 12% oraz 53,7% próby.

W tabeli 1. zestawiono cechy geometryczne nasion dębu: podstawowe wielkości liniowe oraz średnią powierzchnię nośną i średnią długość obwodu przekrojów rzutów prostokątnych na płaszczyznę nasion, przy czym na podstawie pomiarów pilotażowych założono, że przekrój poprzeczny żołądźdza jest kołem o średnicy równej szerokości nasiona. Zmienność wymiarów nie odbiega od analogicznych wartości dla innych gatunków nasion drzew leśnych (Czernik 1983, 1993), a zarazem najwyższe wartości osiąga dla powierzchni nośnych.

Tabela 1. Charakterystyka cech geometrycznych nasion dębu

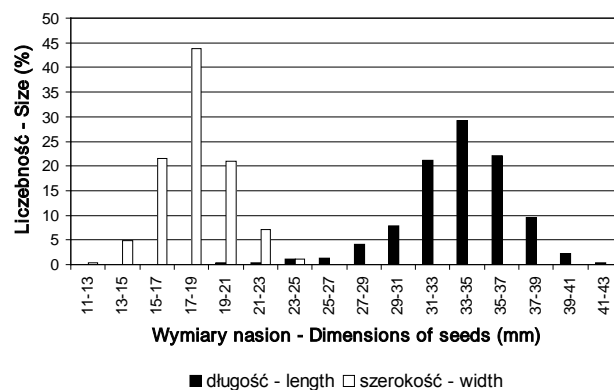
Table 1. Characteristics of the geometric features of seeds

Frakcja pomiarowa Measurement fraction	Statystyka – Statistical parameters			Współczynnik zmienności Coefficient of variation
	Średnia Average	Minimum Minimum	Maksimum Maximum	
	a = b (mm)			
Łącznie – Whole sample	18,1	11,4	23,9	11,1%
Zdrowe – Healthy seeds	18,2	13,2	23,2	10,8%
Nadpsute – Partly spoiled	18,5	14,9	23,4	10,9%
Zepsute – Spoiled	17,9	11,4	23,9	11,3%
	c (mm)			
Łącznie – Whole sample	33,7	19,4	42,5	9,5%
Zdrowe – Healthy seeds	33,4	20,2	40,1	10,2%
Nadpsute – Partly spoiled	34,3	24,6	39,3	8,5%
Zepsute – Spoiled	33,7	19,4	42,5	9,3%
	F (mm ²)			
Łącznie – Whole sample	406,7	180,9	630,3	17,9%
Zdrowe – Healthy seeds	405,1	219,2	586,5	18,2%
Nadpsute – Partly spoiled	423,6	301,0	575,2	17,2%
Zepsute – Spoiled	404,1	180,9	630,3	17,9%
	O (mm)			
Łącznie – Whole sample	76,1	49,6	94,9	9,0%
Zdrowe – Healthy seeds	75,9	54,8	89,8	9,2%
Nadpsute – Partly spoiled	77,6	63,7	92,0	8,5%
Zepsute – Spoiled	75,9	49,6	94,9	8,9%

Średnie wartości wielkości geometrycznych niemal nie różnią się pomiędzy frakcjami pomiarowymi, co jest pewnym zaskoczeniem, ponieważ w odniesieniu do nasion innych gatunków drzew leśnych stwierdzono znaczne różnice, pozwalające na efektywną separację nasion na sitach, zarówno o otworach podłużnych, jak i okrągłych. Celem precyzyjnego określenia przydatności cech geometrycznych w procesach rozdzielczych określono różnice międzygrupowe dla 3 frakcji pomiarowych nasion, korzystając z analizy wariancji ANOVA, a dla wyników istotnych statystycznie zbadano z wykorzystaniem testu Fishera różnice pomiędzy poszczególnymi parami frakcji. Stwierdzono statystycznie istotne różnice na poziomie $\alpha = 0,05$ wyłącznie dla długości i powierzchni nasion, co więcej – jedynie w odniesieniu do nasion nadpsutych. W tej frakcji nie odnotowano bowiem nasion o najmniejszych wymiarach.

Na rysunku 3. przedstawiono histogramy obrazujące szeregi rozdzielcze szerokości i długości żołądzi, pomocne w doborze parametrów klasyfikatorów sitowych, a w tabeli 2. szczegółową charakterystykę rozkładów cech geometrycznych. Ze względu na częste odstępstwa rzeczywistego rozkładu zmienności cech od rozkładu normalnego, posłużono się testem Shapiro – Wilka do zbadania hipotez o braku normalności rozpatrywanych rozkładów prawdopodobieństwa. Kształt rozkładów scharakteryzowano ponadto miarą spłaszczenia (kurtozą) oraz miarą asymetrii (współczynnikiem skośności). Wspomniane miary wpływają na przebieg procesów rozdzielczych i powinny być uwzględniane zwłaszcza na etapie projektowania maszyn czyszcząco-sortujących, gdyż element rozdzielczy (sito, tryjer kanał aerodynamiczny itd.) może być bardziej obciążony, niż wynikałoby to wyłącznie z analizy wartości średnich (Byszewski i Haman 1977). Analizy wykazały zgodność z rozkładem normalnym takich cech jak szerokość oraz powierzchnia nośna. Pozostałe cechy charakteryzuje rozkład o przebiegu lepkokurtycznym (smukłym). Wyjątkiem jest średni obwód nasion nadpsutych.

Stosunek wymiarów liniowych nasion ($c/b/a$) jest cechą gatunkową i w przybliżeniu ma stałą wartość (Grochowicz 1994). Często zależności te są zbliżone do funkcyjnych (Czernik 1993, Szpryngiel 1993). Nie stanowi to jednak reguły. W przypadku nasion świerka pospolitego nie stwierdzono korelacji między wymiarami liniowymi (Czernik 1983). Podobnie jest dla analizowanych nasion dębu szypułkowego. Analiza korelacji wykorzystująca współczynnik r – Pearsona, przeprowadzona z założeniem liniowości wykazała zaledwie słabą korelację (0,23) między szerokością a długością nasion. Wykazano natomiast wysoką korelację między szerokością nasion, a ich powierzchnią nośną (rys. 4). Może to znacząco uprościć skomplikowane procedury pomiarowe tego drugiego parametru – niezbędnego w analizach z zakresu aerodynamiki nasion.



Rys. 3. Graficzna analiza rozkładu wielkości nasion

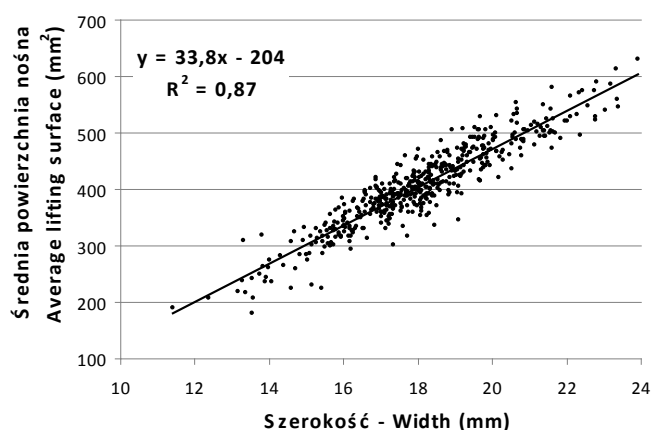
Fig. 3. Graphical analysis of seed size distribution

Tabela 2. Charakterystyki rozkładów cech geometrycznych nasion

Table 2. Characteristics of the geometric feature distribution in seeds

Frakcja pomiarowa Measurement fraction	Interpretacja testu W Shapiro-Wilka Interpretation of Shapiro-Wilk W test	Skośność Skewness	Kurtoza Kurtosis
a = b			
Łącznie – Whole sample	+	0,10	0,31
Zdrowe – Healthy seeds	+	-0,09	-0,02
Nadpsute – Partly spoiled	+	0,42	-0,42
Zepsute – Spoiled	+	0,15	0,69
c			
Łącznie – Whole sample	-	-0,84	1,90
Zdrowe – Healthy seeds	-	-0,95	1,66
Nadpsute – Partly spoiled	-	-0,58	0,80
Zepsute – Spoiled	-	-0,79	2,20
F			
Łącznie – Whole sample	+	-0,07	0,31
Zdrowe – Healthy seeds	+	-0,31	0,02
Nadpsute – Partly spoiled	+	0,17	-0,67
Zepsute – Spoiled	+	0,02	0,73
O			
Łącznie – Whole sample	-	-0,57	1,02
Zdrowe – Healthy seeds	-	-0,77	0,76
Nadpsute – Partly spoiled	+	-0,06	-0,56
Zepsute – Spoiled	-	-0,52	1,49

„+” rozkład zgodny z normalnym - conforming with normal distribution, „-” brak zgodności z rozkładem normalnym - lack of conformity with normal distribution.



Rys. 4. Średnia powierzchnia nośna nasion w funkcji szerokości
Fig. 4. Average lifting surface of seeds expressed as a function of width

Zachowanie się nasion na płaszczyznach wibrujących (separatory sitowe) czy też w strumieniu powietrza (separatory pneumatyczne, stoły aerowibracyjne) zależy od ich kształtu. Kształt może być także sam w sobie podstawową lub pomocniczą cechą rozdzielczą. W zależności od tego, jakie cechy geometryczne nasion wykorzystano konstruując współczynniki kształtu, można podzielić je na 4 grupy. Pierwszą grupę stanowią współczynniki charakteryzowane zależnościami jedynie między dwoma wymiarami liniowymi. Są chętnie stosowane ze względu na łatwość zebrania niezbędnych danych. Nazywane są współczynnikami sferyczności (Grochowicz 1994). Ponieważ dla nasion dębu grubości i szerokości nie możemy rozróżnić, współczynniki K_1 oraz K_2 przyjmują jednakowe wartości (tab. 3). Obszerną grupę stanowią współczynniki wzbogacone o trzeci wymiar liniowy nasion, przy czym zazwyczaj jeden z wymiarów (najczęściej długość) ma większą wagę od pozostałych. Konstrukcję współczynników oraz ich wartości liczbowe dla analizowanego gatunku zamieszczono w tabeli 3. Współczynnik K_3 niekiedy podawany jest w procentach, a występuje w literaturze pod nazwą indeksu sferyczności (Ombuwajło i in. 1999). Współczynniki K_4 i K_5 nie mają sprecyzowanych nazw, natomiast współczynnik K_6 nazywany jest ogólnie sferycznością (Baryeh 2002), a K_7 współczynnikiem niezmienności wymiarów (Rawa i in. 1993). Wszystkie wyżej wymienione współczynniki kształtu przyjmą wartość równą 1 dla nasion kulistych, a dodatkowo współczynniki K_1 , K_3 , K_5 oraz K_6 wartość równą 0 dla nasion „idealnie płaskich”. Stwierdzono, że dla nasion dębu szypułkowego żaden ze współczynników nie różnicuje kształtu nasion pomiędzy frakcjami pomiarowymi, stąd w tabeli 3. zamieszczono jedynie wartości charakteryzujące całą próbę na-

sion. Zmienność kształtu żołędzi (opisana współczynnikiem zmienności) definiowanego proporcjami wielkości liniowych jest podobna jak w przypadku nasion innych gatunków i zazwyczaj mieści się w przedziale 2–10%. Tylko współczynnik K_5 wykazuje zmienność blisko dwukrotnie wyższą, co wynika z jego konstrukcji – długości nasion występującej w drugiej potęgze.

Tabela 3. Charakterystyka bezwymiarowych współczynników kształtu nasion definiowanych wielkościami liniowymi

Table 3. Characteristics of non-dimensional shape factors of seeds as defined by linear values

Statystyka – Statistical parameters			
Średnia Average	Minimum Minimum	Maksimum Maximum	Współczynnik zmienności Coefficient of variation
$K_1 = a/c = K_2 = b/c$			
0,54	0,36	0,77	10,9%
$K_3 = (abc)^{1/3}/c$			
0,66	0,51	0,84	7,2%
$K_4 = (a + b)/2c$			
0,54	0,36	0,77	10,9%
$K_5 = ab/c^2$			
0,29	0,13	0,59	22,6%
$K_6 = [k(2c - k)/c^2]^{1/3}$, gdzie $k = (ab)^{1/2}$			
0,92	0,84	0,98	2,2%
$K_7 = 1 - S/x$, gdzie $S = \{[(x - a)^2 + (x - b)^2 + (x - c)^2]/3\}^{1/2}$ oraz $x = (a + b + c)/3$			
0,68	0,48	0,87	8,3%

Współczynniki kształtu, definiowane wyłącznie wymiarami liniowymi, nie dają informacji o położeniu geometrycznych środków ciężkości nasion czy też o wpływie nierówności powierzchni. Z tego względu kolejną, trzecią grupę współczynników kształtu stanowią takie, do konstrukcji których wykorzystano inne cechy planimetryczne – np. powierzchnie przekrojów poprzecznych i długości ich obwodów – uzupełnione niekiedy wymiarami liniowymi (tab. 4). Współczynnik W_1 , w związku z charakterem obrazowania danych, nazywany jest wskaźnikiem względnej zmienności powierzchni nośnej. Współczynnik W_2 to bezwymiarowy współczynnik kształtu (Tadeusiewicz i Korohoda 1997), określający jak dalece kształt nasiona różni się od kuli, dla której przyjmuje najmniejszą z możliwych – wartość 1. Współczynnik W_3 (Granitto i in. 2002) przyrównuje kształt nasiona do prostopadłościanu o wymiarach, będących odpowiednikami

podstawowych wymiarów geometrycznych nasion, przyjmując wartości ≤ 1 . Podobnie, jak w przypadku współczynników definiowanych wymiarami liniowymi, żaden z powyższych współczynników nie różnicuje kształtu nasion pomiędzy frakcjami pomiarowymi. Wskaźnik W_1 wykazuje bardzo dużą zależność powierzchni nośnej orzeszka buka od chwilowego ułożenia w stosunku do kierunku przepływu strumienia powietrza. Średnio, najmniejsza powierzchnia nośna nasion dębu nie osiąga nawet połowy powierzchni największej. Co więcej, w porównaniu z innymi współczynnikami, wskaźnik ten obciążony jest dużą zmiennością, co może utrudniać procesy czyszczenia i sortowania nasion w strumieniu powietrza, gdyż od wielkości powierzchni nośnej zależy prędkość unoszenia, stanowiąca podstawowy parametr charakteryzujący właściwości aerodynamiczne nasion. Zauważono, że można zaproponować procedurę uproszczoną wyznaczania wskaźnika (będącego ilorazem najmniejszej i największej powierzchni nośnej), gdyż wykazuje on niemal funkcyjną (współczynnik korelacji liniowej 0,98) zależność od współczynnika sferyczności K_1 , który jest ilorazem grubości i długości, a więc również najmniejszego i największego wymiaru geometrycznego. Zatem bazując na znajomości jedynie grubości i długości nasion możemy wnioskować o zakresie zmian chwilowej powierzchni nośnej nasion.

Tabela 4. Charakterystyka bezwymiarowych współczynników kształtu nasion definiowanych powierzchniami przekrojów poprzecznych oraz współczynników mianowanych

Table 4. Characteristics of non-dimensional shape factors of seeds as defined by areas of cross-sections and denominated shape factors

Statystyka – Statistical parameters			
Średnia Average	Minimum Minimum	Maksimum Maximum	Współczynnik zmienności Coefficient of variation
$W_1 = F_{\min}/F_{\max}$			
0,54	0,35	0,76	11,3%
$W_2 = O^2/4\pi F$			
1,14	1,05	1,29	3,0%
$W_3 = (F_{ab}/ab + F_{ac}/ac + F_{bc}/bc)/3$			
0,78	0,74	0,82	1,6%
$d_z = 2(F/\pi)^{1/2}$ (mm)			
22,7	15,2	28,3	9,2%
$V_z = (4\pi abc)/3$ (cm ³)			
5,89	1,82	11,69	27,0%

Ostatnia, czwarta grupa współczynników stosowana w analizie kształtu nasion to współczynniki mianowane. Najczęściej stosuje się średnicę zastępczej

(równoważnej) kuli, a więc takiej, której pole powierzchni przekroju jest równe średniej powierzchni podstawowych przekrojów poprzecznych nasiona (Grochowicz 1994). Objętość nasion przyrównuje się niekiedy do prostych brył geometrycznych – np. elipsoidy obrotowej – obliczając objętość zastępczą (tab. 4). Statystycznie istotne różnice powyższych współczynników pomiędzy frakcjami pomiarowymi zauważono tylko dla nasion nadpsutych. Rozstęp wartości współczynników jest dla tej frakcji najmniejszy, a wynika z braku występowania w tej grupie nasion bardzo małych. Jednak różnice są niewielkie i nie mogą mieć praktycznego znaczenia.

WNIOSKI

1. Cechy geometryczne żołądzi dębu szypułkowego nie mogą być uznane za cechy rozdzielcze, zatem nie ma możliwości przeprowadzenia procesu separacji w oparciu o wielkość nasion. Proces mumifikacji dotyczy w jednakowym stopniu nasion małych i dużych.

2. Wielkość żołądzi charakteryzowana jest dwoma podstawowymi wymiarami (szerokość i grubość nie różnią się istotnie), które są słabo skorelowane. Wymiary liniowe żołądzi stanowią zmienne losowe ciągłe, charakteryzujące się generalnie rozkładem prawdopodobieństwa zgodnym z rozkładem normalnym.

3. Żywotność nasion dębu nie wpływa na ich kształt – zarówno wśród nasion żywotnych jak również zepsutych i nadpsutych znajduje się zbliżona liczba nasion smukłych (elipsoidalna obrotowa), jak i pękatek (kula).

4. Wilgotność przechowywanych nasion nie jest jednorodna – nasiona zepsute i nadpsute podczas przechowywania gorzej magazynują wodę niż nasiona żywotne.

5. Korelacja między szerokością i powierzchnią nośną nasion umożliwia uproszczenie szczególnie pracochłonnych procedur pomiarowych, wymagających specjalistycznego oprzyrządowania.

PIŚMIENNICTWO

- Andrzejczyk T., 2009. Dąb szypułkowy i bezszypułkowy. Hodowla. PWRiL, Warszawa.
- Bondaruk G.V., Kucerina O.K., 1989. Effektnost' predposevnogo rozdelenija semjan sosny obyknovnoy po plotnosti i razmeru. Lesovodstvo i Agrolesomelioracija, 74, 64-66.
- Byszewski W., Haman J., 1977. Gleba – maszyna – roślina. PWN, Warszawa.
- Czernik Z., 1983. Badania właściwości geometrycznych nasion sosny zwyczajnej, świerka pospolitego i modrzewia europejskiego. Sylwan, 7, 31-40.
- Czernik Z., 1993. Badania właściwości geometrycznych nasion jodły. Sylwan, 8, 57-64.
- Donev A., Cisse I., Sachs D., Variano E.A., Stillinger F.H., Connely R., Torquato S., Chaikin P.M., 2004. Improving the density of jammed disordered packings using ellipsoids. Science, 303, 990-993.

- Dumroese K., Wenny D., 1987. Sowing sized seed of western white pine in a containerized nursery. *Western Journal of Applied Forestry*, 2 (4), 128-130.
- Falleri E., Pacella R., 1997. Applying the IDS method to remove empty seeds in *Platanus acerifolia*. *Can. J. For. Res.*, 27, 1311-1315.
- Frańczek J., Wróbel M., 2006. Metodyczne aspekty oceny kształtu nasion. *Inżynieria Rolnicza*, 12, 155-163.
- Gordon E., 1998. Seed characteristics of plant species from riverine wetlands in Venezuela. *Aquatic Botany*, 60, 417-431.
- Granitto P., Navone H., Verdes P., Ceccatto H., 2002. Weed seeds identification by machine vision. *Computers and Electronics in Agriculture*, 33, 91-103.
- Grochowicz J., 1994. *Maszyny do czyszczenia i sortowania nasion*. Wydawnictwo Akademii Rolniczej, Lublin.
- Kantorowicz W., 2000. Half century of seed years in major tree species in Poland. *Silvae Genet.*, 49 (6), 245-249.
- Krajčo J., Piszczalka J., Žitňák M., Vitázková B., 2005. Sprawdzanie błęd pomiarowego rozmiarów nasion komputerową analizą obrazu. *Inżynieria Rolnicza*, 10, 211-218.
- Omobuwajo T.O., Akande E.A., Sanni L.A., 1999. Selected physical, mechanical and aerodynamic properties of African breadfruit (*Treculia africana*) seeds. *Journal of Food Engineering*, 40, 241-244.
- Rawa T., Semiczyszyn M., Wierzbicki K., Pietkiewicz T. 1993. Próba sformułowania miar ilościowych kształtu nasion. *Rocz. Nauk Roln.*, 79-C-2, 171-182.
- Semiczyszyn M., Fornal L., 1990. Analiza skuteczności pracy urządzeń stosowanych w liniach technologicznych czyszczenia ziaren gryki. Cz. 3. Badania geometrycznych i aerodynamicznych cech rozdzielczych. *Acta Academiae Agriculturae ac Technicae Olstenensis, Aedificatio et Mechanica*, 21, 123-137.
- Šmelková L., 1971. The relation between the dimensions and weight of Beech seed and various characteristics of the parent stand. *Zbornik Vodeckych Prac Vysokej Skoly Lesnickej a Drevarskej vo Zvolene*, 13, 93-109.
- Suszka B., Muller C., Bonnet-Masimbert M., 1994. *Nasiona leśnych drzew liściastych*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa-Poznań.
- Szpryngiel M., 1993. Podstawowe cechy geometryczne nasion traw. *Probl. Inż. Roln.*, 2, 83-89.
- Tadeusiewicz R., Korohoda P., 1997. *Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazów*. Wydawnictwo Fundacji Postępu Telekomunikacji, Kraków.
- Tylek P., 2004. Wybrane cechy rozdzielcze i kryteria separacji nasion modrzewia europejskiego. *Sylvan*, 4, 27-33.
- Tylek P., 2010. Fizyczne i biologiczne aspekty mechanicznej separacji nasion buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.). *Zesz. Nauk. UR w Krakowie, ser. Rozprawy*, 344.
- Załęski A., Aniśko E., Kantorowicz W., 2006. *Zasady oceny nasion w Lasach Państwowych*. [W:] *Elementy genetyki i hodowli selekcyjnej drzew leśnych*, red. Sabor J. CILP, Warszawa, 317-326.

SIZE AND SHAPE AS SEPARATION PROPERTIES
OF PEDUNCULATE OAK SEEDS (*QUERCUS ROBUR* L.)

Paweł Tylek

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

Abstract. Obtaining certified seed material requires a number of physical actions which in turn call for the knowledge of rules governing separation processes. They are based on the recognition of some physical and mechanical differences in properties between various components of seed mixtures. This kind of knowledge is further required when designing and building various sub-assemblies of machinery and equipment used in improving seed material, in operating effectively seed cleaners and mechanical seed sorters as well as other machinery used in seed processing. Both contemporary and older designs of separators utilise the experience of practitioners rather than the theoretical concepts rooted in deep knowledge of agrophysics of seeds. In view of the above, there is a necessity of a detailed analysis of separation-related properties of the Pedunculate Oak acorns, including the features not yet used in forestry, but which should be considered when designing future universal separators. Mechanical separation of seeds requires knowledge about their fundamental planimetric parameters like linear dimensions, cross-section areas and cross-section circumferences. Measurements of the mentioned parameters are quite simple with the help of computer image analysis. Seed images can be obtained, among others, from the digital camera. The aim of this work was an analysis of size and shape of the Pedunculate Oak acorns (*Quercus robur* L.) determined by shape coefficients, in correlation with their viability. A classification of seeds was adopted dividing them into three measurement fractions, based on the development of the embryo and the predicted seed germination capacity. The results of the studies showed that geometric properties of the acorns cannot be regarded as separation properties, so the separation of the seeds cannot be performed by basing the process on the size of seeds. In the course of the study it was also noted that the traditional method of drying acorns in order to prepare them for storage failed to assure uniform final moisture content. The most valuable seeds, vital ones with large seed embryos, have significantly higher moisture content than other seeds. This is perhaps the reason behind a drop in the germination capacity of seeds during storage.

Key words: oak seeds, shape, planimetric properties, separation properties, computer image analysis