

Jarosław Frączek, Marek Wróbel
Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki
Akademia Rolnicza w Krakowie

METODYCZNE ASPEKTY OCENY KSZTAŁTU NASION

Streszczenie

Przedstawiono analizę metod oceny kształtu nasion. Wykazano, że ocena kształtu, przy zastosowaniu samych tylko współczynników kształtu, w wielu przypadkach jest nieprecyzyjna a nawet myląca. Zaproponowano rozszerzenie metody oceny kształtu nasion, wykorzystującej współczynniki kształtu, o dodatkową kwalifikację nasion do jednej z pięciu grup rodzajowych brył. Przedstawiono nową metodę pomiaru geometrii nasion opartą na komputerowym przetwarzaniu i analizie obrazu.

Słowa kluczowe: roślinne materiały ziarniste, współczynnik kształtu, geometria nasion

Wstęp

Materiały ziarniste pochodzenia roślinnego są najliczniej reprezentowaną grupą materiałów przetwarzanych w rolnictwie, przemyśle spożywczym oraz transporcie. Pod względem strukturalnym są to substancje dwu- lub trójfazowe. Podstawową fazę, tzw. fazę szkieletu, stanowią pojedyncze nasiona roślin pozostające we wzajemnym kontakcie punktowym lub też – w wyniku działania nacisku – powierzchniowym. Pory wewnątrz nasion, oraz przestrzenie pomiędzy nimi wypełnione są cieczą i gazem.

Nasiona cechują się dużą zmiennością wymiarów. Mogą przyjmować również różnorodne kształty – od najprostszego jakim jest kula, poprzez wydłużony, soczewkowaty aż do kształtu nieokreślonego (np.: kłębki buraka, nasiona nagietka). Odmienność kształtu nasion jest cechą odmianową i wykorzystywana jest w procesach sortowania i separacji. Kształt pojedynczych nasion istotnie wpływa również na zachowanie się całego złoża materiału ziarnistego, determinuje np. wartości kąta tarcia wewnętrznego, kąta usypu czy też decyduje o rozkładzie naprężeń w złożu.

Celem pracy jest przeprowadzenie analizy i oceny metod opisu kształtu nasion pod kątem precyzji określania ich podstawowych cech geometrycznych oraz opracowanie metody pomiaru geometrii nasion bazującej na komputerowym przetwarzaniu i analizie obrazu.

Metody oceny kształtu nasion

Opis kształtu nasion realizowany jest obecnie trzema sposobami: przez porównanie do brył, określenie współczynnika kształtu i za pomocą modeli wirtualnych.

Porównanie do brył – najprostszy sposób oceny polegający na porównaniu kształtu nasion do kształtu prostych brył geometrycznych. Na podstawie literatury wyróżnić można kilka grup nasion o charakterystycznym kształcie: kuliste, soczewkowate, elipsoidalne, cylindryczne, oraz wielościenne. Istnieją również nasiona których za względu na skomplikowany kształt nie można zakwalifikować do żadnej z wymienionych grup (wspomniane już kłębki buraka czy nasiona nagietka oraz inne), jednakże nasiona większości roślin uprawnych można do jednej z wymienionych grup zakwalifikować.

Współczynniki kształtu – dokładniejszy sposób opisu kształtu wykorzystujący mniej lub bardziej skomplikowane współczynniki kształtu. Z przeprowadzonego rozeznania literaturowego wynika, że w chwili obecnej istnieje bardzo wiele tych współczynników. Do najczęściej stosowanych należy zaliczyć współczynniki proponowane przez:

Grochowicza (1994)
$$K_m = \frac{b}{c} \quad K_w = \frac{a}{c}$$

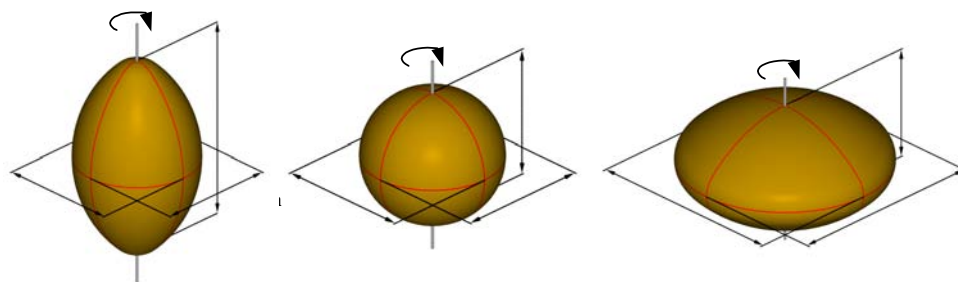
Mohsenina (1986)
$$S_n = \sqrt[3]{\frac{a \cdot b}{c^2}}$$

Doneva (2004)
$$\alpha = \frac{l}{k} \quad \beta = \frac{m}{k}$$

gdzie:

- a – grubość,
- b – szerokość,
- c – długość nasion,
- l – wymiar zawarty w osi obrotu nasienia,
- k i m – pozostałe dwa wymiary nasienia.

Wyszczególnione powyżej współczynniki wiążą za sobą różne wymiary nasion (rys. 1).



Rys. 1. Oznaczenia wymiarów trzech przykładowych grup nasion stosowane przez Grochowicza i Doneva

Fig. 1. Determination of dimensions for three sample seed groups, used by Grochowicz and Donev

Modele wirtualne – kształt pojedynczych nasion opisują za pomocą równań parametrycznych. Przykładami są modele proponowane przez Kęskę [1995], Mieszkałskiego [2002a i b], czy Mabilie'a i Abecassis'a [2003]. Innym rodzajem modelu jest odwzorowanie rzeczywistych obiektów w przestrzeni wirtualnej [Frączek 2003]. Odwzorowanie to realizowane jest przy wykorzystaniu różnych technologii – USG, słaba luminescencja, NIR.

Z wymienionych powyżej sposobów oceny kształtu nasion najdokładniejsze wyniki uzyskujemy przy zastosowaniu modeli wirtualnych. Dzięki nim możemy bowiem wykonać dowolne pomiary geometrii. Podstawową wadą tej metody jest pracochłonność oraz konieczność stosowania specjalistycznych aplikacji, których dostępność jest stosunkowo ograniczona. Popularność tych metod jest zatem niska. Ze względów praktycznych, najszybsza i najpopularniejsza metoda oceny kształtu to ocena z zastosowaniem współczynników kształtu. Umożliwia ona parametryczny opis kształtu nasion i przewyższa pod tym względem ocenę polegającą na zakwalifikowaniu nasion do danej grupy brył bez parametryzacji tej oceny.

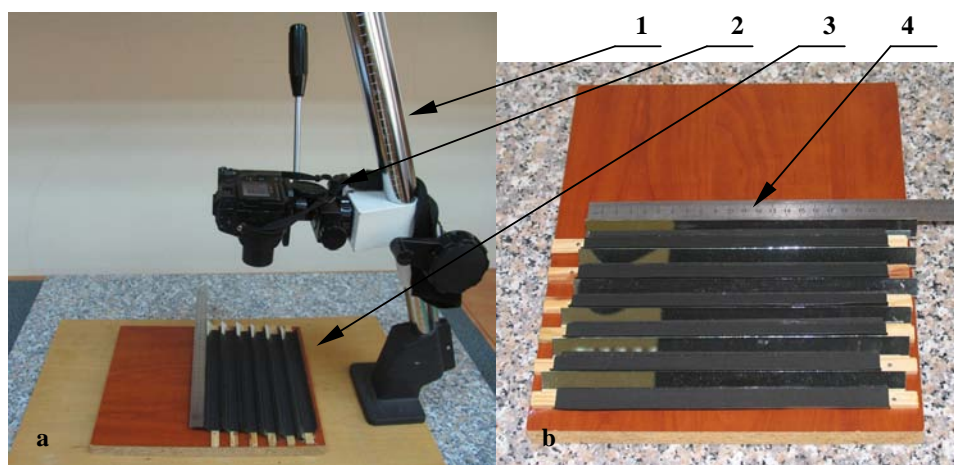
Pomiar geometrii nasion

Stosowane metody pomiaru geometrii nasion opierają się na pomiarach głównych wymiarów nasion w dwóch prostopadłych do siebie płaszczyznach, wykonywanych za pomocą suwmiarki, mikrometru lub mikroskopu. Jeśli nasiona są duże (np. fasola), przeprowadzenie pomiaru jest łatwe. W przypadku nasion o małych

rozmiarach (np. gorczyca), pomiar jest utrudniony. Trudności te związane są z umieszczeniem nasiona w szczękach przyrządu pomiarowego i wykonaniem pomiaru w dwóch płaszczyznach z zachowaniem ich wzajemnej prostopadłości.

Ze względu na powyższe niedogodności opracowano metodę pomiaru geometrii nasion wykorzystującą elementy komputerowego przetwarzania i analizy, która znajduje coraz szersze zastosowanie w technice rolniczej [Budyn 1998; Wiwart 1999].

Akwizycję obrazów nasion przeprowadzano na specjalnym stanowisku w taki sposób aby na jednym obrazie znajdowała się seria nasion widzianych w dwóch kierunkach – z góry i z boku (podobnie jak w metodzie zaproponowanej przez Tylka [2000]). Aby uzyskać taki obraz, zaprojektowano i zbudowano stanowisko, na którym umieszczano fotografowane nasiona (rys. 3). Głównym jego elementem jest specjalny stolik pomiarowy (rys. 3b), nad którym, na statywie (1), umieszczono aparat cyfrowy CAMEDIA C5050 firmy Olympus (2). Na stoliku, w kilku rzędach, układana jest seria nasion. Obok każdego rzędu nasion umieszczono lustro (3) ustawione pod kątem 45° do płaszczyzny stolika. Umożliwiło to uzyskanie na jednym obrazie bezpośredniego widoku nasion z góry oraz ich odbicia w lustrze będącego widokiem z boku.

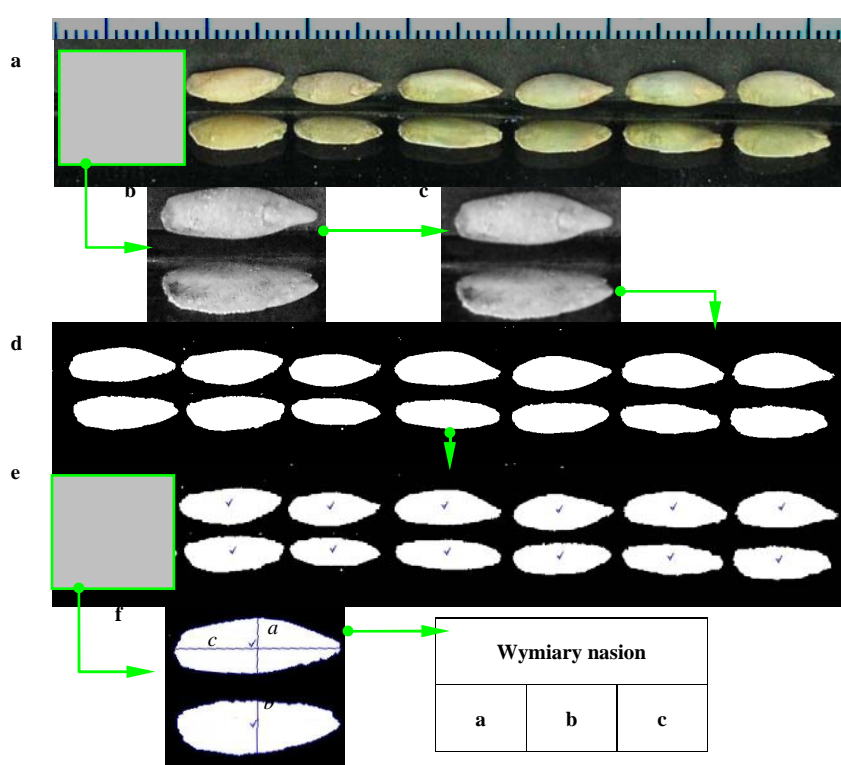


Rys. 2. Stanowisko do pomiar geometrii nasion: a – widok ogólny, b – stolik pomiarowy: 1 – statyw, 2 – aparat cyfrowy, 3 – lustra, 4 – podziałka

Fig. 2. Workstation used to measure seed geometry: a – general view, b – measuring table: 1 – stand, 2 – digital camera, 3 – mirrors, 4 – scale

Pomiar geometrii nasion wykonywany jest przy użyciu programu Multiscan v.14, który jest specjalistyczną aplikacją przeznaczoną do analizy obrazu. Na każdym obrazie, oprócz nasion, znajdowała się podziałka (4), dzięki której możliwe było określenie współczynników skalowania (rys. 3a).

Przed pomiarem obraz poddawano komputerowemu przetwarzaniu, którego celem było uzyskanie obrazu binarnego, na którym białe obszary reprezentujące rzuty nasion z góry i z boku przedstawione były na czarnym tle (rys. 3d).



Rys. 3. Pomiar geometrii nasion: a – fragment obrazu wyjściowego z podziałką, b – obraz po zastosowaniu filtru koloru, c – efekt filtru medianowego, d – binaryzacja, e – wyszukiwanie obiektów do pomiaru, f – pomiar długości i szerokości obiektów

Fig. 3. Seed geometry measurement: a – fragment of an initial image with scale, b – image after applying colour filter, c – median filter effect, d – decimal-to-binary conversion, e – searching of objects for measurement, f – object length and width measurement

Kolejność zestawu operacji przetwarzających była następująca:

- filtracja kolorów (rys. 3b) – przekształcenie obrazu kolorowego na obraz w odcieniach szarości;
- filtracja medianowa (rys. 3c) – wykonana elementem analizującym o wymiarach 3x3 piksele, wprowadzająca do obrazu lekkie rozmycie, które powoduje usunięcie szumów;
- binaryzacja (rys. 3d) której poziom dobierano indywidualnie dla każdej odmiany nasion;
- automatyczne wyszukiwanie obiektów (rys. 3e) – parametry wyszukiwania ustawiono tak aby program zaznaczał tylko obiekty białe mające co najmniej 0,5 długości pierwszego nasiona znajdującego się na obrazie.

Po odpowiednim doborze skali pomiarowej (wskazanie dwóch punktów na podziałce i przypisanie im jednostki odległości), następował automatyczny pomiar wysokości i szerokości wszystkich wyszukanych obiektów na obrazie (rys. 3f), a wyniki w postaci tabelarycznej zapisywane były w pamięci komputera. Obróbka uzyskanych wyników dała w efekcie zestaw trzech głównych wymiarów badanej serii nasion.

Analiza wyników

Do badań wybrano odmiany o dużym zróżnicowaniu kształtu nasion: soczewkowate – soczewica Anita, wyka Szelejewska; kuliste – gorczyca biała Nakielska; wydłużone – fasola Jubilatka, fasola Atena, pszenica Roma, pszenżyto Vanad, żyto Dańkowskie Żłote; wielościenne – gryka Emka, kukurydza RD 1315 Flint oraz cylindryczne – groch Nike. Pomiar przeprowadzono na próbie 100 nasion każdej odmiany. Obliczone wartości współczynników kształtu przedstawiono w tabeli 1.

Analizując uzyskane wyniki zauważono, że współczynnik kształtu proponowany przez Mohsenina, dla nasion o różnych kształtach przyjmuje zbliżone wartości, przykładowo soczewica Anita (kształt soczewkowaty), fasola Jubilatka (kształt wydłużony) oraz gryka Emka i kukurydza RD 1315 Flint (kształt wielościenny). Podobne nieścisłości występują w przypadku współczynników K_w i K_m proponowanych przez Grochowicza, dla nasion wyki Szelejewskiej (nasiona soczewkowate) i grochu Nike (nasiona cylindryczne), wartości współczynników kształtu są zbliżone.

Można więc zauważyć, że na podstawie samych tylko współczynników kształtu trudno określić jaki kształt mają analizowane nasiona. Jedynie współczynniki Doneva w sposób jednoznaczny określają spłaszczenie bądź też wydłużenie nasion.

Jednak i one nie niosą informacji czy jest to nasiono z grupy elipsoidalnych cylindrycznych czy też innej.

Tabela. 1. Średnie wartości współczynników kształtu nasion
Table 1. Average values of seed shape factors

Gatunek i odmiana	Grochowicz		Mohsenin	Donev	
	Kw	Km	Sn	α	β
Soczewica Anita	0,43	0,93	0,74	0,46	1,08
Wyka Szelejewska	0,74	0,90	0,88	0,82	1,11
Gorczyca Nakielska	0,82	0,91	0,91	1,22	1,11
Fasola Jubilatka	0,62	0,71	0,76	1,61	1,14
Fasola Atena	0,43	0,57	0,63	2,32	1,32
Pszenica Roma	0,44	0,50	0,61	2,25	1,13
Pszenżyto Vanad	0,39	0,44	0,56	2,57	1,13
Żyto Dańkowskie Złote	0,32	0,36	0,49	3,13	1,13
Gryka Emka	0,55	0,63	0,70	0,63	0,87
Kukurydza RD 1315 Flint	0,54	0,72	0,73	0,72	0,76
Groch Nike	0,70	0,88	0,85	0,88	0,80

Przytoczone przykłady dowodzą, że podanie samego tylko współczynnika kształtu nie niesie pełnej informacji o kształcie analizowanych nasion a jedynie o wzajemnych relacjach pomiędzy ich wymiarami głównymi. Stosowanie samych tylko współczynników kształtu jest więc niewystarczające a w niektórych przypadkach mylące, przykładowo współczynniki kształtu obliczone dla kuli wynoszą 1 i są równe współczynnikom kształtu obliczonym dla sześcianu czy też cylindra o wysokości równej średnicy podstawy. Dlatego też proponuje się aby ocenę kształtu nasion na podstawie współczynników kształtu rozszerzyć o informację jakim typem bryły dane nasiona mogą być opisywane. Proponowane typy brył to: kula, elipsoida, cylinder oraz wielościan. Przeprowadzona analiza wykazała również, że do danego typu nasion należy przypisać odpowiednie współczynniki kształtu: do nasion posiadających wyraźną oś obrotu (elipsoidalne, cylindryczne) - zastosowane powinny być współczynniki kształtu Doneva; do nasion wielościennych - współczynniki Grochowicza; a w przypadku nasion kulistych można stosować wszystkie współczynniki.

Wnioski

1. Uproszczona metoda oceny kształtu nasion powinna polegać na określeniu współczynnika kształtu oraz rodzaju bryły do której dane nasiona są podobne.
2. Proponuje się by nasiona opisywać następującymi grupami brył: kule, elipsoidy, wielościany oraz w nielicznych przypadkach cylindry.
3. Proponuje się również aby do nasion o danym kształcie przypisać odpowiednie współczynniki kształtu:
 - Nasiona elipsoidalne i cylindryczne – współczynniki Doneva,
 - Nasiona wielościenne – współczynniki Grochowicza,
 - Nasiona kuliste mogą być opisywane dowolnym współczynnikiem.

Bibliografia

Budyn P. 1998. Badanie wpływu rodzaju gleby na wybrane fenotypowe cechy bulw odmian ziemniaków Ibis, Kolia i Maryna. Prace Komisji Nauk Rolniczych PAU 1.

Donev A., Cisse I., Sachs D., Variano E.A., Stillinger F.H., Connelly R., Torquato S., Chaikin P.M. 2004. Improving the density of Jammed Disordered Packings using Elipsoids. *Science* vol.303, 990-993.

Frączek J. 2003. Wykorzystanie elementów komputerowej analizy obrazu w modelowaniu kształtu nasion. *Inżynieria Rolnicza* Nr 11 (53), 65-70.

Grochowicz J. 1994. Maszyny do czyszczenia i sortowania nasion. Wydawnictwo AR, Lublin.

Kęska W. 1995. Badanie właściwości fizykomechanicznych ziarna na użytek modelowania matematycznego procesu omlotu. *Pr. Przem. Inst. Masz. Rol.* z. 40, 9-15.

Mabille F., Abecassis J. 2003. Parametric Modelling of Wheat Grain Morphology: a New Perspective. *Journal of Cereal Science*, Volume 37, Number 1, January, p. 43-53.

Mieszkalski L. 2002a. Metoda modelowania nieregularnych kształtów za pomocą funkcji wielomianowych. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* z. 1, 13-16.

Mieszkalski L. 2002b. Zastosowanie siatki powierzchni kulistej do modelowania brył aproksymujących surowce roślinne. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* z. 2, 11-14.

Mohsenin N.N. 1986. Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach Science Public, New York.

Tylek P. 2000. Układ optyczny do wspomaganie pomiarów planimetrycznych nasion metodą analizy obrazu. Inżynieria Rolnicza 7(18), 175-181.

Wiwart M. 1999. Komputerowa analiza obrazu – nowe narzędzie badawcze w naukach rolniczych. Postęp Nauk Rolniczych 5, 3-15.

Praca wykonana w ramach projektu badawczego nr 2 P06R 076 27, finansowanego przez Komitet Badań Naukowych.

METHODIC ASPECTS OF SEED SHAPE ASSESSMENT

Summary

The paper presents analysis of methods applied to assess seed shape. It has been proved that in many cases shape assessment carried out using only shape factors is imprecise, and even confusing. It is proposed to extend the seed shape assessment method using shape factors with qualifying seeds additionally to one of five generic groups of solids. The paper presents new method used to measure seed geometry, based on computer image processing and analysis.

Key words: vegetable granular materials, shape factor, seed geometry