

PORÓWNANIE CECH GEOMETRYCZNYCH NASION PIEPRZYCY
SIEWNEJ (*LEPIDIUM SATIVUM* L.) Z OKRYWĄ ORAZ PODDANYCH
OBLUSKIWIANIU

Andrzej Anders, Zdzisław Kaliniewicz, Piotr Markowski

Katedra Maszyn Roboczych i Metodologii Badań
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
ul. M. Oczapowskiego 11, 10-736 Olsztyn
e-mail: anders@uwm.edu.pl

Streszczenie. W pracy badano nasiona pieprzycy siewnej o wilgotności 13%. Obluskiwanie nasion, wykonywane na obluskiwaczu tarczowym, następowało na skutek uderzenia o wirujące elementy robocze. Uzyskaną mieszaninę części morfologicznych nasion rozdzielano wykorzystując sita oraz separator pneumatyczny PETKUS K-293. Do analizy cech geometrycznych wybierano nasiona i liścienie niepołamane, bez widocznych uszkodzeń. Dla poszczególnych nasion i liścieni na podstawie wzorów obliczono pole powierzchni oraz objętość. Obliczono również współczynniki kształtu nasion i liścieni opierając się na wzorach Grochowicza, Mohsein'a i Donev'a. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów i obliczeń wykazano, że średnia długość nasiona pieprzycy siewnej jest o 29% większa niż średnia długość liścienia, zaś średnia szerokość nasiona jest większa o 40% od średniej szerokości liścienia, a średnia grubość nasiona jest większa o 51% od średniej grubości liścienia. Obliczone średnie pole powierzchni nieobłuskanych nasion wynosiło 11,02 mm² i było większe o 61% od obliczonego średniego pola powierzchni liścieni. Średnia obliczona objętość nasiona wynosiła 2,36 mm³ i była większa o 79% od średniej obliczonej objętości liścieni.

Słowa kluczowe: pieprzycza siewna, obluskiwanie, cechy geometryczne, nasiono, liścien

WYKAZ OZNACZEŃ

α i β – współczynniki kształtu Donev'a,
 a – grubość nasiona, liścienia (mm),
 b – szerokość nasiona, liścienia (mm),
 c – długość nasiona, liścienia (mm),
 F_z – pole powierzchni nasiona, liścienia (mm²),
 l – wymiar zawarty w osi obrotu nasiona, liścienia (mm),
 k i m – wymiary nasiona, liścienia (mm), przy czym $k < m$,

K – współczynnik kolistości,
 K_m i K_w – współczynniki kształtu Grochowicza,
 N – liczebność próby,
 O – obwód rzutu nasiona, liścienia (mm),
 P – pole powierzchni rzutu (mm²),
 Sn – współczynnik kształtu Mohsenin'a,
 V – objętość nasiona, liścienia (mm³).

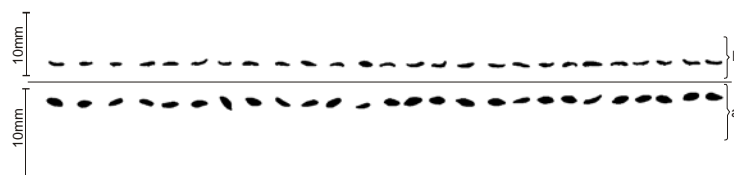
WSTĘP

Pieprzyca siewna (*Lepidium sativum* L.) jest rośliną jednoroczną z rodziny kapustowatych (Brassicaceae). Pochodzi prawdopodobnie z południowo-zachodniej Azji, a obecnie uprawiana jest na całym świecie. Roślina znana jest też w Polsce też pod zwyczajową nazwą "rzeżucha". Owoce pieprzycy siewnej, które osiągają długość 5-6 mm, zawierają dwa gładkie nasiona. Są one drobne, czerwono-brązowe, o jajowatym kształcie, ostro zakończone, o wymiarach 2,2-3,2 mm długości, 1,0-1,5 mm szerokości i 0,6-1,4 mm grubości. Pieprzyca siewna uprawiana jest od najdawniejszych czasów jako warzywo. Spożywa się ją najczęściej w stanie pełnego rozwoju liścienia i używa do przyprawiania zup, sosów, surówek, sałatek i serów. Roślina posiada witaminę C, B1, K. Nasiona zawierają 22-23% oleju, pozyskiwanego kiedyś do celów spożywczych i technicznych (Bastihalli i in. 2010, Lotfy i in. 1957). Olej o wyższej czystości można uzyskać tłocząc nasiona obłuskane lub częściowo pozbawione okrywy (Gil i Macleod, 1980). Oddzielanie okrywy owocowo-nasiennej dla tak małych nasion wiąże się z odpowiednio zaplanowanym procesem obłuskiwania oraz późniejszą separacją uzyskanych składników (Mieszkalski 1991, Kram i in. 2007, Panasiewicz i Misiura 2007, Mieszkalski i Żuk 2007, Mieszkalski i Żuk 2009). Pomiarów cech geometrycznych można w łatwy sposób wykonać korzystając z komputerowej analizy obrazów (Firatligil-Durmus i in. 2010, Frączek i Wróbel 2006, Manickavasagan i in. 2008, Pourreza i in. 2012, Rodríguez-Pulido i in. 2012, Shahin i in. 2006, Szwedziak i Rut 2008, Tańska i in. 2005, Wiesnerova i Wiesner 2008, Zapotoczny i in. 2008). Celem pracy było porównanie cech geometrycznych nasion pieprzycy siewnej z okrywą oraz liścienia dla skutecznego doboru parametrów separacji sitowej i pneumatycznej części morfologicznych nasion uzyskanych w trakcie obłuskiwania.

MATERIAŁ I METODY

Do badań użyto nasiona pieprzycy siewnej, przechowywanych w pomieszczeniu o stałej temperaturze 20°C oraz wilgotności powietrza około 60%. Pochodziły one z uprawy polowej z okolic miejscowości Dubielno, woj. kujawsko-pomorskie, powiat chełmiński. Nasiona czyszczono na urządzeniu Petkus Super K-

541 w toruńskich zakładach Torseed S.A. Wilgotność badanych nasion wynosiła 13%. Obłuskiwanie nasion wykonano na laboratoryjnym obłuskiwaczu tarczowym w Katedrze Maszyn Roboczych i Metodologii Badań na Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim w Olsztynie. Polegało ona na tym, że nasiona wpadały do przestrzeni roboczej obłuskiwacza gdzie na skutek uderzenia o wirujące łopatki tarczy obłuskującej następowało odrywanie okrywy owocowo-nasiennej. Tarcza była wyposażona w 12 rozstawionych promieniowo łopatek, które były nachylone do powierzchni tarczy pod kątem 45° . Prędkość liniowa łopatki tarczy w miejscu, gdzie następował kontakt z nasionami, wynosiła około $24 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Czas przebywania nasion w przestrzeni roboczej obłuskiwacza wynosił około 1 s (Anders 2007). Uzyskaną mieszaninę części morfologicznych nasion, w której znajdowały się liścienie, większe i mniejsze fragmenty okrywy owocowo-nasiennej, korzonki zarodkowe oraz nieobłuskane nasiona rozdzielano wykorzystując sита o średnicy oczek 0,6 mm i 0,9 mm oraz separator pneumatyczny PETKUS K-293. Pojedyncze nasiona oraz liścienie mierzono stosując metodę zaproponowaną przez Frączka i Wróbla (2006) oraz Tylka (2000). Fotografie nasion i liścieni, które posłużyły do określenia ich wymiarów wykonano w taki sposób aby na jednym obrazie znajdowała się seria nasion lub liścieni widziana w dwóch kierunkach – z góry i z boku (rys. 1). Do analizy cech geometrycznych wybierano nasiona i liścienie niepołamane i bez widocznych uszkodzeń. Fotografie wykonano aparatem cyfrowym Nikon 5400 o rozdzielczości 2592×1944 pikseli, a na ich podstawie sporządzono analizę obrazu nasion i liścieni wykorzystując program ImageJ. Dokładność pomiarów wynosiła $d = 0,01 \text{ mm}$.



Rys. 1. Obraz binarny liścieni pieprzycy siewnej poddany dalszej analizie cech geometrycznych. a – widok z góry, b – obraz uzyskany w lustrze ustawionym pod kątem 45°

Fig. 1. A binary image of pepper cress cotyledons subjected to further analysis of geometric features. a – top view, b – image obtained in a mirror set at 45°

W pomiarach cech geometrycznych nasion i liścieni uwzględniano: powierzchnię rzutu, obwód, współczynnik kolistości, minimalną i maksymalną średnicę Fereta.

Do obliczeń współczynnika kolistości rzutów zastosowano wzór (1) (Sakai i in. 1996, Anneke M. Bouwman i in. 2004).

$$K = 4 \cdot \pi \frac{P}{O^2} \quad (1)$$

Dla poszczególnych nasion i liścieni na podstawie wzoru (2) obliczono pole powierzchni (Grochowicz 1994):

$$F = \pi \cdot c \cdot \frac{a+b}{2} (m^2) \quad (2)$$

Do oszacowania objętości pojedynczych nasion i liścieni przyjęto formułę (3) (Niewczas i in. 1999):

$$V = \frac{\pi \cdot (a \cdot b \cdot c)}{6} (m^3) \quad (3)$$

Na podstawie zebranych wyników obliczono współczynniki kształtu opierając się na wzorach: Grochowicza (1994),

$$Km = \frac{b}{c}, \quad (4)$$

$$Kw = \frac{a}{c} \quad (5)$$

Mohsenin'a (Mohsenin 1986),

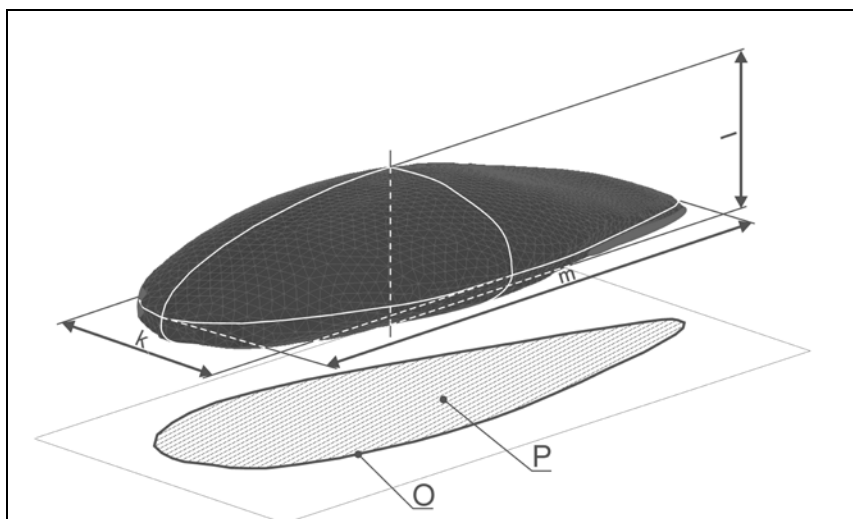
$$S_n = \sqrt[3]{\frac{a \cdot b}{c^2}} \quad (6)$$

Donev'a (Donev i in. 2004),

$$\alpha = \frac{l}{k} \quad (7)$$

$$\beta = \frac{m}{k} \quad (8)$$

Obliczenia statystyk opisowych wykonano przy wykorzystaniu programu Statistica 10, przyjmując poziom istotności $\alpha = 0,05$.



Rys. 2. Oznaczenia wymiarów nasiona wg Donev'a, P – pole rzutu, O – obwód
Fig. 2. Designation of seed dimensions acc. to Donev, P – projection area, O – perimeter

WYNIKI BADAŃ

Nasiono pieprzycy siewnej zarówno całe jak i obłuskane, to symetryczna, wydłużona i jajowata bryła. Średnie zmierzone pole powierzchni rzutu nasiona jest równe $3,04 \text{ mm}^2$, przy czym pole powierzchni rzutu połowy nasion było poniżej $3,03 \text{ mm}^2$. Najczęściej pole powierzchni rzutu nasion zawierało się w przedziale od $2,77 \text{ mm}^2$ do $3,33 \text{ mm}^2$ i było ich około 50%. Najmniejsze pole powierzchni rzutu nasiona wynosiło $1,57 \text{ mm}^2$, a największe $4,09 \text{ mm}^2$. W przypadku badanych nasion przeciętne zróżnicowanie pola powierzchni rzutu wynosi $0,42 \text{ mm}^2$. Średnie pole powierzchni rzutu liścieni było równe $1,20 \pm 0,24 \text{ mm}^2$ i o 60% mniejsze od średniego pola powierzchni rzutu całych nasion. Najczęściej pole powierzchni rzutu liścieni zawierało się w przedziale od $1,02 \text{ mm}^2$ do $1,37 \text{ mm}^2$. Najmniejsze pole powierzchni rzutu liścienia wynosiło $0,65 \text{ mm}^2$, a największe $1,80 \text{ mm}^2$. Średni obwód rzutu nasiona wynosił $7,01 \pm 0,44 \text{ mm}$, najmniejszy był równy $5,55 \text{ mm}$ a największy $8,10 \text{ mm}$. Połowa nasion miała obwód mniejszy od $7,00 \text{ mm}$. Średni obwód rzutu liścienia wynosił $4,70 \pm 0,48 \text{ mm}$ i był o 32% mniejszy od średniego obwodu rzutu całego nasiona. Średni współczynnik kolistości nasion wynosił $0,77 \pm 0,03$ a liścieni $0,68 \pm 0,07$. Pozostałe wymiary nasion i liścieni oraz wyniki obliczeń na podstawie wzorów umieszczonych w pracy przedstawione są w tabeli 1 i 2.

Tabela 1. Zestawienie wyników obliczeń statystycznych cech geometrycznych nasion pieprzycy siewnej
Table 1. Summary of results of statistical calculations of pepper cress seed geometric features

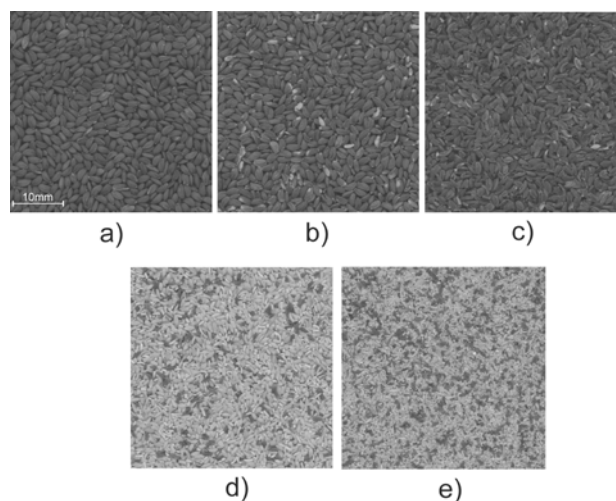
Zmienna – Variable	<i>N</i>	Średnia – Mean	Mediana – Median	Min	Max	Odchylenie standardowe Standard deviation	Współczynnik zmienności Coefficient of variation	
Długość – Length (mm)	301	2,65	2,63	2,22	3,17	0,16	6,10	
Szerokość – Width (mm)	301	1,55	1,56	1,20	2,04	0,15	10,03	
Grubość – Thickness (mm)	301	1,07	1,02	0,84	1,56	0,14	13,09	
Pole powierzchni rzutu Projection area (mm ²)	301	3,04	3,03	1,57	4,09	0,42	13,92	
Obwód – Perimeter (mm)	301	7,01	7,00	5,55	8,10	0,44	6,28	
Współczynnik kolistości Circularity	301	0,77	0,78	0,64	0,86	0,03	4,45	
Średnica Fereta maksymalna Max Feret's diameter	301	2,73	2,72	2,30	3,22	0,16	5,98	
Średnica Fereta minimalna Min Feret's diameter	301	1,46	1,48	0,90	1,86	0,14	10,09	
Pole powierzchni – Surface area (mm ²)	301	11,02	10,85	7,53	15,53	1,54	14,02	
Objętość – Volume (mm ³)	301	2,36	2,25	1,26	4,47	0,58	24,90	
Współczynniki kształtu Aspect ratio	Grochowicza <i>Km</i> by Grochowicz	301	0,58	0,58	0,47	0,75	0,05	9,09
	Grochowicza <i>Kw</i> by Grochowicz	301	0,40	0,39	0,31	0,56	0,04	12,12
	Mohsenin'a <i>Sn</i> by Mohsein	301	0,61	0,61	0,54	0,73	0,03	6,11
	α Donev'a by Donev	301	2,50	2,54	1,76	3,13	0,27	10,94
	β Donev'a by Donev	301	1,46	1,45	1,25	2,00	0,15	10,50

Tabela 2. Zestawienie wyników obliczeń statystycznych cech geometrycznych liścieni pieprzycy siewnej

Table 2. Summary of results of statistical calculations of pepper cress cotyledon geometric features

Zmienna – Variable	<i>N</i>	Średnia – Mean	Mediana – Median	Min	Max	Odchylenie standardowe Standard deviation	Współczynnik zmienności Coefficient of variation	
Długość – Length (mm)	370	1,87	1,90	1,13	2,69	0,23	12,45	
Szerokość – Width (mm)	370	0,92	0,93	0,57	1,92	0,16	17,34	
Grubość – Thickness (mm)	370	0,52	0,53	0,31	1,00	0,11	21,42	
Pole powierzchni rzutu Projection area (mm ²)	370	1,20	1,22	0,65	1,80	0,24	20,56	
Obwód – Perimeter (mm)	370	4,70	4,71	3,37	6,47	0,48	10,25	
Współczynnik kolistości Circularity	370	0,68	0,72	0,40	0,85	0,07	10,39	
Średnica Fereta maksymalna Max Feret's diameter	370	1,94	1,94	1,22	2,70	0,21	11,30	
Średnica Fereta minimalna Min Feret's diameter	370	0,84	0,88	0,53	1,07	0,12	14,96	
Pole powierzchni Surface area (mm ²)	370	4,28	4,25	2,42	8,36	0,91	21,26	
Objętość – Volume (mm ³)	370	0,48	0,46	0,17	1,37	0,18	37,33	
Współczynniki kształtu Aspect ratio	Grochowicza <i>K_m</i> by Grochowicz	370	0,50	0,47	0,30	1,34	0,12	24,29
	Grochowicza <i>K_w</i> by Grochowicz	370	0,28	0,27	0,16	0,56	0,06	21,61
	Mohsenin'a <i>S_n</i> by Mohsein	370	0,51	0,50	0,38	0,91	0,06	12,42
	α Donev'a – by Donev	370	3,69	3,63	1,76	6,19	0,75	20,49
	β Donev'a – by Donev	370	1,81	1,77	1,25	3,32	0,41	23,10

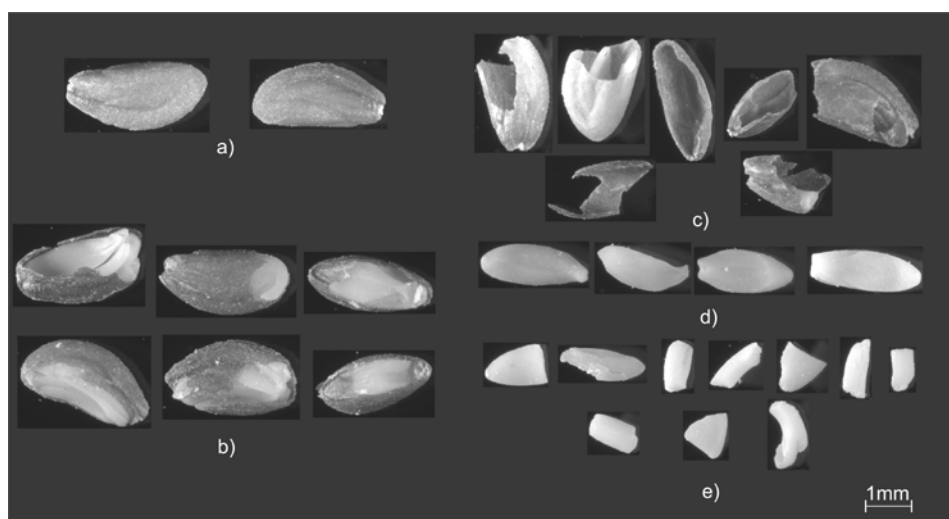
Obliczone współczynniki kształtu zaproponowane przez Grochowicza K_m i K_w oraz współczynnik kształtu Mohsenin'a zarówno dla całych nasion jak i dla liścieni, są zbliżone. Wyniki o większej zmienności uzyskano dla współczynnika α Donev'a, który zalecany jest dla nasion o kształcie zbliżonym do elipsoidy. Rysunek 3 ukazuje nasiona przed obłuskiwaniem oraz nasiona po obłuskiwaniu. Porównując nasiona nie poddane obłuskiwaniu (rys. 3a) z obłuskiwanymi, u których nastąpiło częściowe oderwanie okrywy owocowo-nasiennej, zauważyć można jasne pola, będące odsłoniętymi liścieniami (rys. 3b). Nasiona z takimi uszkodzeniami okrywy owocowo-nasiennej mogą być poddane obłuskiwaniu powtórnie. Rysunek 3c ukazuje okrywę owocowo-nasienną odseparowaną w pionowym strumieniu powietrza o prędkości $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. W odseparowanej w ten sposób okrywie owocowo-nasiennej znajduje się niewielka ilość połamanych liścieni. Liścienie pokazane na rysunku 3d separowano na sicie o średnicy oczek $0,9 \text{ mm}$ a następnie użyto separatora pneumatycznego, w którym prędkość powietrza wynosiła około $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Odseparowane liścienie zawierają niewielką ilość połamanej okrywy owocowo-nasiennej. Części mączyste, do których zaliczyć można połamane liścienie oraz małe fragmenty okrywy owocowo-nasiennej uzyskano przesiewając mieszaninę okrywy owocowo-nasiennej i liścieni przez sito o wymiarach oczek $0,6 \text{ mm}$ (rys. 3e).



Rys. 3. Frakcje nasion pieprzycy siewnej przed i po obłuskiwaniu i separacji: a – nasiona całe, b – nasiona nieobłuskane z oderwanym fragmentem okrywy owocowo-nasiennej, c – okrywa owocowo-nasienna, d – liścienie, e – liścienie i okrywa owocowo-nasienna połamana

Fig. 3. Pepper cress seed fractions before and after hulling and separation: a – whole seeds, b – non-hulled seeds with a broken piece of seed coat, c – seed coat, d – cotyledons, e – cotyledons and broken seed coat

Obraz mikroskopowy nasion oraz części nasion uzyskanych po obłuskiwaniu pokazano na rysunku 4. Całe nasiona posiadają okrywę owocowo-nasienną z widocznym na bardziej zaostrozonym końcu niewielkim jasnym punktem, który jest naturalnym pęknięciem okrywy (rys. 4a). Na rysunku 4b widoczne są nasiona z częściowo oderwaną okrywą owocowo-nasienną. Rysunek 4c ukazuje okrywę owocowo-nasienną z licznymi ubytkami i pęknięciami powstałymi w trakcie uwalniania liścieni. Kształt uwolnionych i niepołamanych liścieni, które były przedmiotem badań cech geometrycznych przedstawia rysunek 4d. Ich kształt jest owalny i są one nieco spłaszczone. Na rysunku 4e widoczne są połamane liścienie. Rzuty fragmentów liścieni są często zbliżone do trójkąta, prostokąta oraz wielokątów.



Rys. 4. Nasiona pieprzycy siewnej poddane obłuskiwaniu: a – nasiona całe, b – nasiona z częściowo oderwaną okrywą owocowo-nasienną, c – oderwana okrywa owocowo-nasienna, d – liścienie nieuszkodzone, e – liścienie uszkodzone

Fig. 4. Pepper cress seeds after hulling: a – whole seeds, b – seeds with seed coat partly detached, c – detached seed coat, d – undamaged cotyledons e – damaged cotyledons

WNIOSKI

1. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów i obliczeń wykazano, że średnia długość nasiona pieprzycy siewnej jest o 29% większa niż średnia długość liścienia, zaś średnia szerokość nasiona jest większa o 41% od średniej szerokości liścienia, a średnia grubość nasiona jest większa o 51% od średniej grubości liścienia.

2. Obliczone średnie pole powierzchni nieobluskanych nasion wynosiło 11,02 mm² i było większe o 61% od obliczonego średniego pola powierzchni liścieni. Średnia obliczona objętość nasiona wynosiła 2,36 mm³ i była większa o 80% od średniej obliczonej objętości liścieni.

3. Średnia maksymalna średnica Fereta dla nasion była o 29% większa od średniej maksymalnej średnicy liścieni, a średnia minimalna średnica Fereta nasion była o 42% większa od średniej minimalnej średnicy liścieni.

4. Dokładne poznanie cech geometrycznych całych nasion i liścieni uzyskanych w trakcie obluskowania pozwala na poprawne i skuteczniejsze planowanie procesu czyszczenia i separacji mieszaniny części morfologicznych nasion w celu uzyskania surowca o wysokiej jakości.

PIŚMIENNICTWO

- Anders A., 2007. Analiza obrazu jako metoda oceny skuteczności obluskowania okrywy nasion gorczycy białej. *Acta Agrophysica*, 10(2), 263-271.
- Anneke M. Bouwman., Jaap C. Bosma, Pieter Vonk, J. (Hans) A. Wesselingh, Henderik W. Frijlink, 2004. Which shape factor(s) best describe granules? *Powder Technology*, 146, 66-72.
- Bastihalli T. D., Pinto K. D., Belur R. L., Kamatham A. N., 2010. Physicochemical Properties of Garden Cress (*Lepidium sativum* L.) Seed Oil. *J Am Oil Chem. Soc.*, 87, 539-548.
- 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.
- Fıratlıgil-Durmus E., Šárka E., Bubník Z., Schejbal M., Kadlec P., 2010. Size properties of legume seeds of different varieties using image analysis. *Journal of Food Engineering*, 99, 445-451.
- Frączek J., Wróbel M., 2006. Metodyczne aspekty oceny kształtu nasion. *Inżynieria Rolnicza*, 12 (87), 155-163.
- Gil V., Macleod A.J., 1980. Studies on glucosinolate degradation in *Lepidium sativum* L. seed extracts. *Phytochem.*, 19, 1369-1374.
- Grochowicz J., 1994. *Maszyny do czyszczenia i sortowania nasion*. Wydawnictwo Akademii Rolniczej, Lublin.
- Kram B.B., Woliński J., Wolińska J., 2007. Porównanie cech geometrycznych orzeszków z okrywą i bez u gryki formy Red Corolla. *Acta Agrophysica*, 9(3), 657-664.
- Lotfy M., Aref H., Hussein A.A., 1957. The antioxidant properties of garden cress (*Lepidium sativum*) and wild mustard (*Sinapsis arvensis*) Oils. *J Am Oil Chem Soc.*, 34, 96-100.
- Manickavasagan A., Sathya G., Jayas D.S., White N.D.G., 2008. Wheat class identification using monochrome images. *Journal of Cereal Science*, 47, 518-527.
- Mieszkalski L., 1991. Określenie kształtu i prostopadłych rzutów powierzchni nasion bobiku. *Acta Academiae Agriculturae ac Technicae Olstenensis, Aedificatio et Mechanica*, 22, 57-69.
- Mieszkalski L., Żuk Z., 2007. Wpływ parametrów roboczych obluskiwacza z tarczami korundowymi na skuteczność obluskowania nasion gorczycy. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 1, 36-38.
- Mieszkalski L., Żuk Z., 2009. Analiza mikrostruktury nasion gorczycy w kontekście ich obluskowania. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 2, 16-19.

- Mohsenin N.N., 1986. Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach Science Public, New York.
- Niewczas J., Woźniak W., Grundas S., 1999. Charakterystyka obrazów rentgenowskich ziarniaków pszenicy o różnej wilgotności. Dodatek do „Przeglądu Zbożowo-Młynarskiego”. nr 2, rok II, 27-29.
- Panasiewicz M., Misiura A., 2007. Ocena podatności platków owsianych na kruszenie. *Acta Agrophysica*, 10(2), s. 425-435.
- Pourreza A., Pourreza H., Abbaspour-Fard M.-H., Sadriani H., 2012. Identification of nine Iranian wheat seed varieties by textural analysis with image processing. *Computers and Electronics in Agriculture*, 83, 102-108.
- Rodríguez-Pulido F. J., Gómez-Robledo L., Melgosa M., Gordillo B., González-Miret M. L., Heredia F.J., 2012. Ripeness estimation of grape berries and seeds by image analysis. *Computers and Electronics in Agriculture*, 82, 128-133.
- Sakai N., Yonekawa S., Matsuzaki A., 1996. Two-dimensional image analysis of shape of rice and its application to separating varieties. *Journal of Food Engineering*, 27, 397-407.
- Shahin M.A., Symons S.J., Poysa V.W., 2006. Determining soya bean seed size uniformity with image analysis. *Biosystems Engineering* 94 (2), 191-198.
- Szwedziak K., Rut J., 2008. Ocena zanieczyszczeń ziarna kukurydzy za pomocą komputerowej analizy obrazu. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 1, 14-15.
- Tańska M., Rotkiewicz D., Koziorok W., Konopka I., 2005. Measurement of the geometrical features and surface color of rapeseeds using digital image analysis. *Food Research International*, 38, 741-750.
- Tylek P., 2000. Układ optyczny do wspomaganie pomiarów planimetrycznych nasion metodą analizy obrazu. *Inżynieria Rolnicza* 7(18), 175-181.
- Wiesnerova D., Wiesner I., 2008. Computer image analysis of seed shape and seed color for flax cultivar description. *Computers and Electronics in Agriculture*, 61, 126-135.
- Zapotoczny P., Zielinska M., Nita Z., 2008. Application of image analysis for the varietal classification of barley: Morphological features. *Journal of Cereal Science*, 48, 104-110.

COMPARISON OF GEOMETRIC FEATURES OF PEPPER CRESS (*LEPIDIUM SATIVUM* L.) SEEDS BEFORE AND AFTER HULLING

Andrzej Anders, Zdzisław Kaliniewicz, Piotr Markowski

Department of Working Machines and Research Methodology

University of Warmia and Mazury

ul. M. Oczapowskiego 11, 10-736 Olsztyn

e-mail: anders@uwm.edu.pl

Abstract. The research was conducted on pepper cress seeds with initial humidity of 13%. The seeds were subjected to hulling with a disk hulling machine in which hulling was achieved as a result of the seeds being hit with spinning working elements. The obtained mixture of morphological parts of the seeds was separated with the use of a sieve and a PETKUS K-293 pneumatic separator. For the purpose of the analysis of geometric features, unbroken seeds and cotyledons, without visible damage, were chosen. Mathematical formulas were employed to calculate surface area and volume for the seeds and cotyledons. Using Grochowicz's, Mohsenin's and Donev's for-

mulas, seed and cotyledon shape coefficients were also calculated. The conducted measurements and calculations indicate that the average length of pepper cress seeds is 29% larger than the average length of cotyledons, the average width of seeds is 40% larger than the average width of cotyledons, and the average thickness of seeds is 51% larger than the average thickness of cotyledons. The average surface area of the hulled seeds calculated with mathematical formulas was 11.02 mm^2 and was 61% larger than the calculated average surface area of the cotyledons. The average seed volume was 2.36 mm^3 and was 79% larger than the average volume calculated for the cotyledons.

Key words: pepper cress, hulling, geometric features, seed, cotyledon