

## WYKORZYSTANIE SKANERA 3D DO BADANIA WŁAŚCIWOŚCI GEOMETRYCZNYCH NASION KONOPI SIEWNYCH (*CANNABIS SATIVA* L.)

*Andrzej Anders, Piotr Markowski, Zdzisław Kaliniewicz*

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.** Celem pracy było wykorzystanie modeli numerycznych nasion konopi siewnych uzyskanych za pomocą skanera 3D oraz metod analizy obrazu do badania cech geometrycznych. Do badań użyto nasiona konopi siewnych, przechowywane w pomieszczeniu o stałej temperaturze 20°C oraz wilgotności powietrza około 60%. Wilgotność badanych nasion wynosiła 13%. Pojedyncze nasiona fotografowano w dwóch kierunkach – prostopadle do podstawowych wymiarów liniowych nasion: długości i grubości. Uzyskane fotografie nasion posłużyły do określenia ich wymiarów. Fotografie wykonano skanerem płaskim Plustek OpticPro ST24 o rozdzielczości 1200 dpi. Dokładność pomiarów wynosiła  $d = 0,01$  mm. Znając wymiary nasion na podstawie analizy obrazu, obliczono ich pole powierzchni oraz objętość, korzystając z zależności geometrycznych. Następnie za pomocą laserowego skanera 3D firmy Nextengine wykonano skanowanie wcześniej badanych nasion. Gęstość skanowania wynosiła 248 punktów na  $\text{mm}^2$ . Mając gotowy model nasiona w programie zmierzono jego pole powierzchni, objętość oraz wykonano pomiary długości, szerokości i grubości nasiona. Każde z badanych nasion zostało zważone na wadze elektronicznej z dokładnością 0,0001 g. Na podstawie wykonanych testów istotności można twierdzić, że różnica między polem powierzchni nasiona określonym za pomocą skanera 3D a polem powierzchni obliczonym z zależności geometrycznej zastosowanej przez Gaston'a i in. (2002), różnica objętości nasiona określona na podstawie modelu 3D i określona na podstawie zależności geometrycznej zastosowanej przez Gaston'a i in. (2002) oraz różnica pomiędzy średnią długością nasiona określoną z modelu 3D a długością nasiona określoną na podstawie fotografii nie jest istotna. Model 3D uzyskany za pomocą skanera może służyć do analizy właściwości geometrycznych nasion.

**Słowa kluczowe:** konopie siewne, cechy geometryczne, nasiono, skaner 3D

### WYKAZ OZNACZEŃ

$A^*$  – pole powierzchni nasiona określone skanerem 3D ( $\text{mm}^2$ ),  
 $A_{gg}$  – pole powierzchni nasiona obliczone na podstawie wzoru ( $\text{mm}^2$ ),  
 $A$  – pole powierzchni nasiona obliczone na podstawie wzoru ( $\text{mm}^2$ ),

- $D_g^*$  – średnica zastępcza obliczona na podstawie pomiarów modelu 3D (mm),  
 $D_g$  – średnica zastępcza (mm),  
 $L$  – długość nasiona (mm),  
 $L^*$  – długość nasiona określona na podstawie modelu 3D (mm),  
 $L_m$  – połowa sumy szerokości i długości nasiona (mm),  
 $m$  – masa nasiona (g),  
 $N$  – liczebność próby,  
 $R_a^*$  – współczynnik kształtu obliczony na podstawie pomiarów modelu 3D (%),  
 $R_a$  – współczynnik kształtu (%),  
 $T$  – grubość nasiona (mm),  
 $T^*$  – grubość nasiona określona na podstawie modelu 3D (mm),  
 $U$  – współczynnik zależny od długości nasiona,  
 $W$  – szerokość nasiona (mm),  
 $W^*$  – szerokość nasiona określona na podstawie modelu 3D (mm),  
 $V^*$  – objętość nasiona określona skanerem 3D (mm<sup>3</sup>),  
 $V_{gg}$  – objętość nasiona obliczona na podstawie wzoru (mm<sup>3</sup>),  
 $\phi$  – współczynnik kulistości (%),  
 $\phi^*$  – współczynnik kulistości obliczony na podstawie pomiarów modelu 3D (%).

## WSTĘP

Konopie siewne (*Cannabis sativa L.*) są rośliną uprawną, z łodyg której uzyskuje się włókna a z nasion tłoczy się olej. Nasiona konopi jako dodatek do diety korzystnie wpływają na zdrowie, obniżają ilość cholesterolu i obniżają ciśnienie krwi. Nasiona konopi były spożywane przez ludzi, stosowane w medycynie tradycyjnej, a także produkowano z nich paszę. Zawierają około 20-25% białka, 20-30% węglowodanów, 25-35% oleju, 10-15% błonnika i bogaty wachlarz minerałów. Całe ziarno zawierające lekkostrawne białko jest smaczną przekąską podobnie jak nasiona słonecznika. Jest też doskonałe jako pokarm dla ptaków lub przynęta na ryby i do tych właśnie celów jest w Polsce najczęściej wykorzystywane. Wysoko wielonienasycony olej z nasion konopi był wykorzystywany do produkcji farb drukarskich, impregnatów do drewna, środków czystości i mydła. Znajomość właściwości fizycznych nasion konopi jest niezbędna w trakcie procesu projektowania urządzeń do transportu, zbierania, przetwarzania i przechowywania materiału ziarnistego. Wielu autorów badając właściwości geometryczne nasion ogranicza się do wykonania pomiarów wykorzystując narzędzia analizy obrazu lub stosując przyrządy miernicze typu suwmiarka lub mikrometr (Frączek i Wróbel 2006, Szwedziak i Rut 2008). Akaaimo i Raji (2006) zajmowali się właściwościami nasion rośliny o nazwie *Prosopis africana*. Badania obejmowały między innymi określenie cech geometrycznych nasion przy wykorzystaniu mikrometru.

Pomiary wykonano ręcznie, a uzyskane wyniki posłużyły do obliczenia średnicy zastępczej nasion oraz współczynnika kulistości. Vanesa Y. Ixtaina, i in. w 2008 roku opublikowali pracę, w której określali cechy geometryczne nasion szalwii hiszpańskiej (*Salvia hispanica L.*). Pomiary nasion wykonano za pomocą elektronicznego mikrometru. Wyniki wykorzystano do obliczenia między innymi współczynnika kształtu  $R_a$ . W 2012 roku Tylek opisał pomiary cech rozdzielczych dębu szypułkowego (*Quercus robur L.*) korzystając z komputerowej analizy obrazów nasion, uzyskanych z aparatu cyfrowego. Wykonał analizę wielkości i kształtu żołądki, obliczył współczynniki kształtu, z uwzględnieniem ich przynależność do klas żywotności. Przeglądając literaturę można natrafić na prace, w których badano cechy geometryczne nasion takich gatunków roślin, jak: soja (*Glycine max L. Merr.*) (Deshpande i in. 1993, Shahin i in. 2006), kmin rzymski (*Cuminum cyminum L.*) (Singh i Goswami 1996), słonecznik zwyczajny (*Helianthus annuus L.*) (Gupta i Das 1997), proso (*Pennisetum typhoides*) (Jain i Bal 1997), komosa biała (*Chenopodium album L.*) (Vilche i in., 2003), amarantus (*Amaranthus cruentus L.*) (Abalone i in. 2004), sezam (Tunde-Akintunde i Akintunde 2004), rzepak (*Brassica napus L.*) (Cahsir i in. 2005, Tańska i in. 2005), gorczyca (*Sinapis alba*) (Anders 2007, Jadwisieńczyk i Kaliniewicz 2011), len (*Linum usitatissimum L.*) (Coskuner i Karababa 2007a, Wiesnerova i Wiesner 2008), kolendra siewna (*Coriandrum sativum L.*) (Coskuner i Karababa 2007b) i orzeszki gryki (*Fagopyrum sagittatum Gilib*) (Kram i in. 2007).

W 2001 roku Mieszkalski opracował metodę trójwymiarowego modelu bryły nasion zbóż na podstawie matematycznego opisu kształtów jego poprzecznych przekrojów. Wróbel w swojej pracy z 2011 roku zaprezentował nową, autorską metodę tworzenia trójwymiarowych modeli nasion roślin uprawnych w typowej aplikacji do komputerowego wspomagania projektowania (CAD). Wykonał serię przekrojów próbki, którą tworzy nasiona zatopione w żywicy, z jednoczesną akwizycją obrazów tych przekrojów. Na bazie wybranych obrazów przekrojów stworzył obrysy poszczególnych składowych nasiona (okrywa, zarodek, itp.) i na ich podstawie generował model nasiona za pomocą programu SolidEdge.

Jak wynika z przeprowadzonego przeglądu literatury, żaden z autorów badających cechy geometryczne nasion nie korzystał z pomiarów za pomocą skanera 3D. Potencjalne wykorzystanie skanera 3D do analizy kształtu owoców, a więc obiektów znacznie większych od większości spotykanych powszechnie nasion, opisano w pracy Rahmi i Ferruh (2009). Gotowe modele owoców były następnie wykorzystane do symulacji komputerowej procesu ich mrożenia za pomocą oprogramowania CFD. Celem niniejszej pracy było wykorzystanie modeli numerycznych nasion konopi siewnych uzyskanych za pomocą skanera 3D oraz metod analizy obrazu do badania cech geometrycznych takich jak średnica zastępcza, współczynnik kulistości, współczynnik kształtu oraz powierzchnia i objętość nasion.

## MATERIAŁ I METODY

Badania wykonano na nasionach konopi siewnych, przechowywanych w pomieszczeniu o stałej temperaturze 20°C oraz wilgotności powietrza około 60%. Nasiona zostały zakupione w centrali nasiennej w oddziale olsztyńskim. Wilgotność badanych nasion wynosiła 13%. Pojedyncze nasiona fotografowano w dwóch kierunkach – prostopadle do podstawowych wymiarów liniowych nasion: długości i grubości. Uzyskane fotografie nasion posłużyły do określenia ich wymiarów. Do analizy cech geometrycznych wybierano nasiona niepołamane i bez widocznych uszkodzeń. Fotografie wykonano skanerem płaskim Plustek OpticPro ST24 o rozdzielczości 1200 dpi. Na podstawie uzyskanych zdjęć wykonano pomiary nasion, wykorzystując program ImageJ (Rasband 1997-2014). Dokładność pomiarów wynosiła  $d = 0,01$  mm. Znając wymiary nasion na podstawie analizy obrazu, obliczono ich pole powierzchni oraz objętość korzystając z zależności geometrycznych (1) (McCabe i in. 1986) oraz (2) i (5) (Gaston i in. 2002):

$$A = \pi \cdot D_g^2 (mm^2) \quad (1)$$

$$A_{gg} = \frac{\pi}{2} \cdot L \cdot L_m \cdot \left( \frac{L_m}{L} + \frac{1}{U} \cdot \arcsin(U) \right) (mm^2) \quad (2)$$

$$L_m = \frac{W + T}{2} \quad (3)$$

$$U = \frac{(L^2 - L_m^2)^{\frac{1}{2}}}{L} \quad (4)$$

$$V_{gg} = \frac{\pi}{6} \cdot L \cdot W \cdot T (mm^3) \quad (5)$$

Średnicę zastępczą  $D_g$ , współczynnik kulistości  $\phi$  oraz w współczynnik kształtu  $R_a$  obliczono na podstawie wzorów (6), (7) i (8) (Mohsenin 1986).

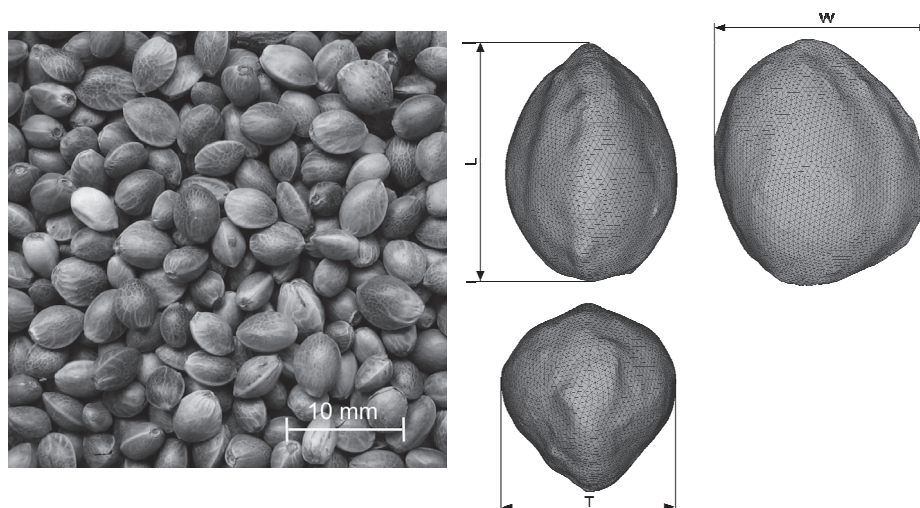
$$D_g = (L \cdot W \cdot T)^{\frac{1}{3}} \quad (6)$$

$$\phi = \frac{(L \cdot W \cdot T)^{\frac{1}{3}}}{L} \quad (7)$$

$$R_a = \frac{W}{L} \quad (8)$$

Następnie za pomocą laserowego skanera 3D firmy Nextengine wykonano skanowanie wcześniej badanych nasion. Skanowane nasiona znajdowały się na obrotowym stoliku a gęstość skanowania wynosiła 248 punktów na  $\text{mm}^2$ . Wykonano skany boczne, które posłużyły do dalszej budowy modelu nasiona. Składanie otrzymanych powierzchni po skanowaniu wykonano za pomocą programu komputerowego ScanStudio HD PRO firmy NextEngine (<http://www.nextengine.com>). Mając gotowy model nasiona w programie MeshLab (<http://meshlab.sourceforge.net/>) wykonano pomiary długości, szerokości i grubości oraz zmierzono jego pole powierzchni i objętość (rys. 1). Każde z badanych nasion zostało zważone na wadze elektronicznej RADWAG WAA 100/C/2 z dokładnością 0,0001 g.

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



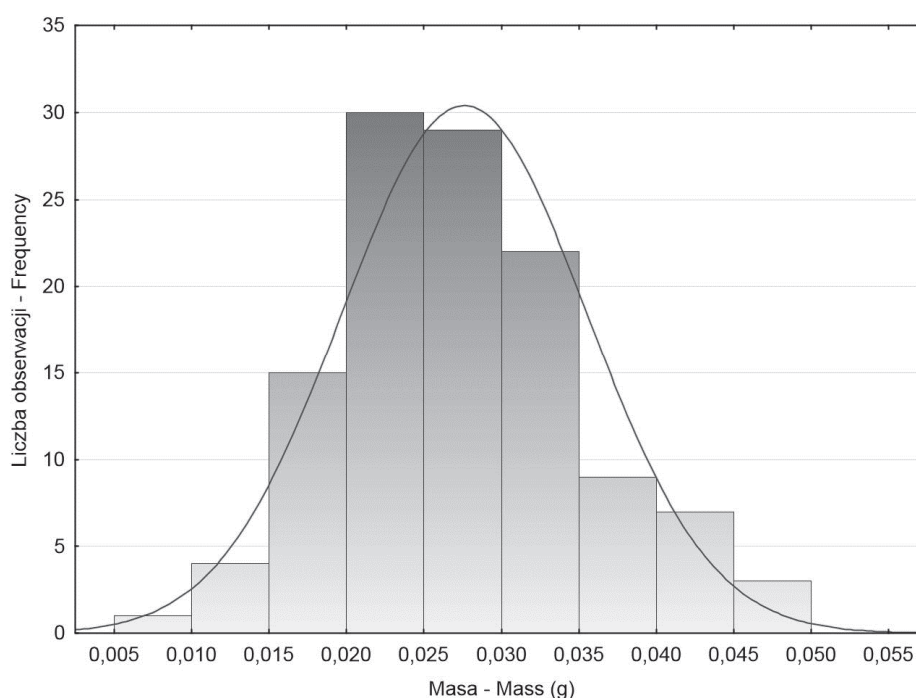
**Rys. 1.** Nasiona konopi oraz przykładowy model nasiona uzyskany po skanowaniu 3D:  $L$  – długość,  $W$  – szerokość,  $T$  – grubość

**Fig. 1.** Hemp seed and sample model of hemp seed obtained after 3D scanning:  $L$  – length,  $W$  – width,  $T$  – thickness

## WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Nasiona konopi siewnych to słabo lśniące jajowate orzeszki barwy szarozółtej. Masa najmniejszego nasiona wynosiła 0,009 g, a największego 0,047 g. Pomiary długości, szerokości i grubości nasion wykonano na podstawie fotografii oraz zmierzono drugi raz te same wielkości na uzyskanym modelu 3D. Zmien-

ność masy badanych nasion przedstawia rysunek 2. Wyniki pomiarów posłużyły do obliczenia na podstawie wzorów 1, 2, 5, 6, 7 i 8 pola powierzchni, objętości, średnicy zastępczej, współczynnika kulistości oraz współczynnika kształtu badanych nasion. Obliczone na podstawie zależności geometrycznej (1) średnie pole powierzchni nasiona jest równe  $55,57 \pm 10,16 \text{ mm}^2$ , obliczone na podstawie zależności (2) jest równe  $50,86 \pm 9,36 \text{ mm}^2$ , natomiast określone na podstawie modelu 3D wynosi  $52,52 \pm 9,55 \text{ mm}^2$ .



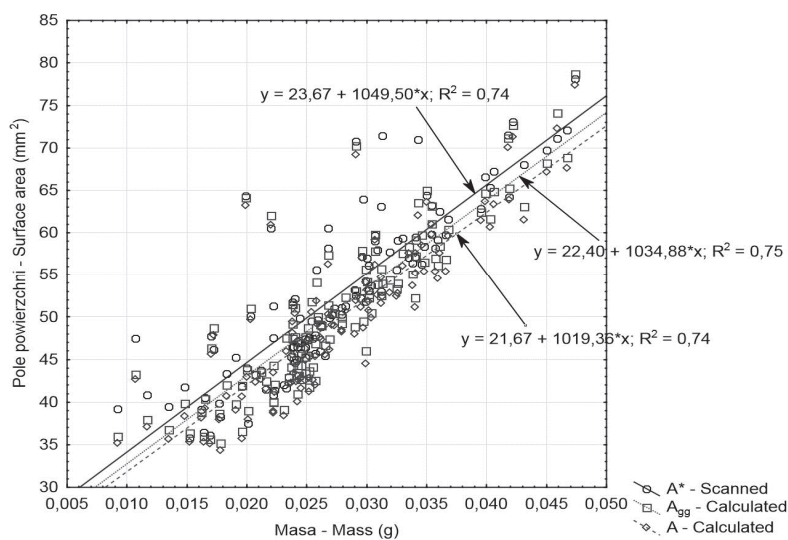
**Rys. 2.** Zmienność masy nasion konopi siewnych  
**Fig. 2.** Variability of hemp seed mass

Średnia objętość nasion obliczona na podstawie zdjęć wynosiła  $33,38 \pm 9,40 \text{ mm}^3$ , a określona za pomocą skanera 3D  $33,44 \pm 9,12 \text{ mm}^3$ . Współczynnik zmienności dla wyników pomiarów objętości i wynosił odpowiednio 28,18% i 27,27%. Przyjmując powierzchnię i objętość najmniejszego nasiona za 100%, powierzchnia i objętość największych badanych nasion określana na podstawie pomiarów modelu 3D była większa odpowiednio o 46,73% i 81,93%. Pozostałe wymiary nasion oraz wyniki obliczeń przedstawione są w tabeli 1.

**Tabela 1.** Zestawienie wyników obliczeń statystycznych cech geometrycznych i fizycznych nasion konopi siewnych**Table 1.** Summary of the statistical calculations results of hemp seeds geometric and physical features

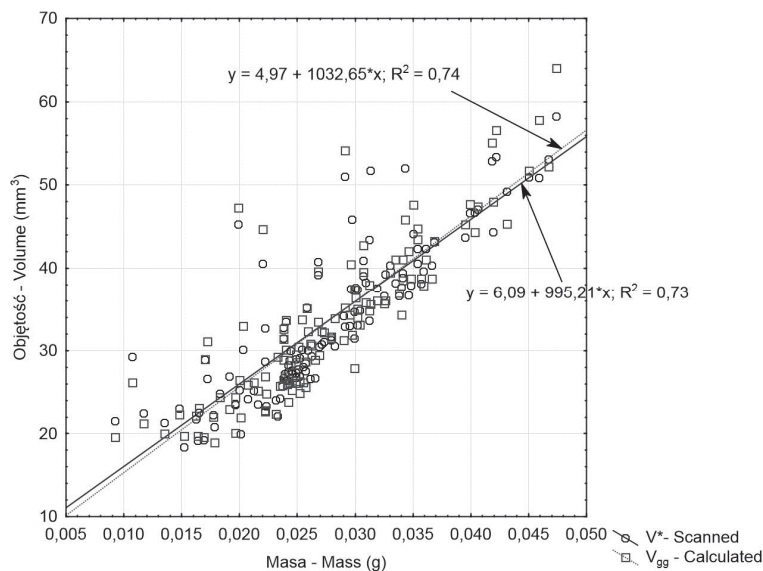
Zmienna Variable	<i>N</i>	Średnia Mean	Min	Max	Odchylenie standardowe Standard deviation	Współczynnik zmienności Coefficient of variation (%)
<i>L</i> – długość – Length (mm)	121	4,91	3,96	6,15	0,47	9,51
<i>L*</i> – długość – Length (mm)	120	4,95	3,93	6,23	0,50	10,25
<i>W</i> – szerokość – Width (mm)	121	3,87	3,03	4,9	0,37	9,66
<i>W*</i> – szerokość – Width (mm)	120	4,08	3,32	5,39	0,37	9,21
<i>T</i> – grubość – Thickness (mm)	121	3,27	2,62	4,18	0,35	10,81
<i>T*</i> – grubość – Thickness (mm)	120	3,4	2,63	4,29	0,37	11,05
<i>D<sub>g</sub></i> – średnica zastępcza Geometric mean diameter (mm)	121	3,96	3,3	4,96	0,36	9,2
<i>D<sub>g*</sub></i> – średnica zastępcza Geometric mean diameter (mm)	120	4,09	3,34	5,19	0,39	9,54
<i>R<sub>a</sub></i> – współczynnik kształtu Aspect ratio (%)	121	79	62,49	91,99	5,47	6,93
<i>R<sub>a*</sub></i> – współczynnik kształtu Aspect ratio (%)	120	82,67	67,06	97,74	5,35	6,47
<i>φ</i> – współczynnik kulistości (%) Sphericity (%)	121	80,68	72,93	88,19	3,35	4,15
<i>φ*</i> – współczynnik kulistości Sphericity (%)	120	82,80	71,47	92,87	3,67	4,44
<i>A</i> – pole powierzchni Surface area (mm <sup>2</sup> )	121	49,71	34,37	77,42	9,24	18,59
<i>A<sub>gg</sub></i> – pole powierzchni Surface area (mm <sup>2</sup> )	121	50,86	35,18	78,71	9,36	18,40
<i>A*</i> – pole powierzchni Surface area (mm <sup>2</sup> )	120	52,52	35,78	78,08	9,55	18,19
<i>V<sub>gg</sub></i> – objętość (mm <sup>3</sup> ) Volume (mm <sup>3</sup> )	121	33,38	18,95	64,06	9,4	28,18
<i>V*</i> – objętość Volume (mm <sup>3</sup> )	120	33,44	18,38	58,23	9,12	27,27
Masa – Mass (g)	120	0,027	0,009	0,047	0,007	27,27

Na rysunkach 3 i 4 określono zależność pola powierzchni i objętości nasion od ich masy.



**Rys. 3.** Pole powierzchni nasiona konopi siewnych w funkcji masy

**Fig. 3.** Surface area of hemp seeds as their weight function

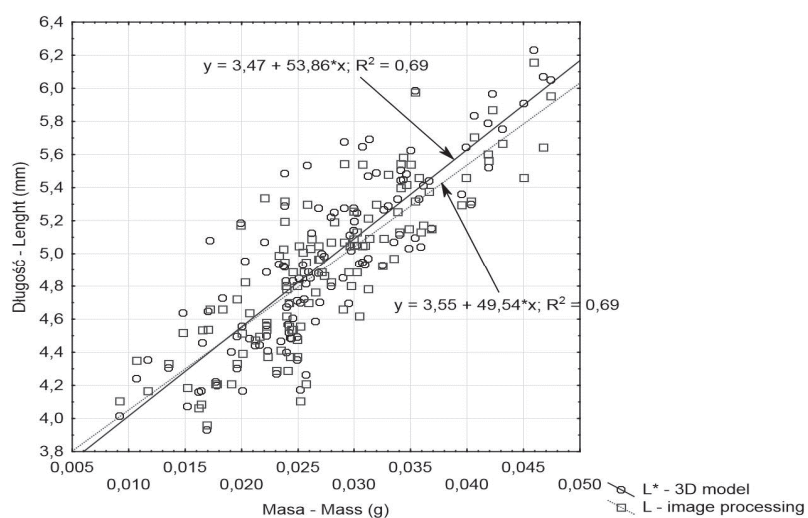


**Rys. 4.** Objętość nasion konopi siewnych w funkcji masy

**Fig. 4.** Volume of hemp seeds as their weight function

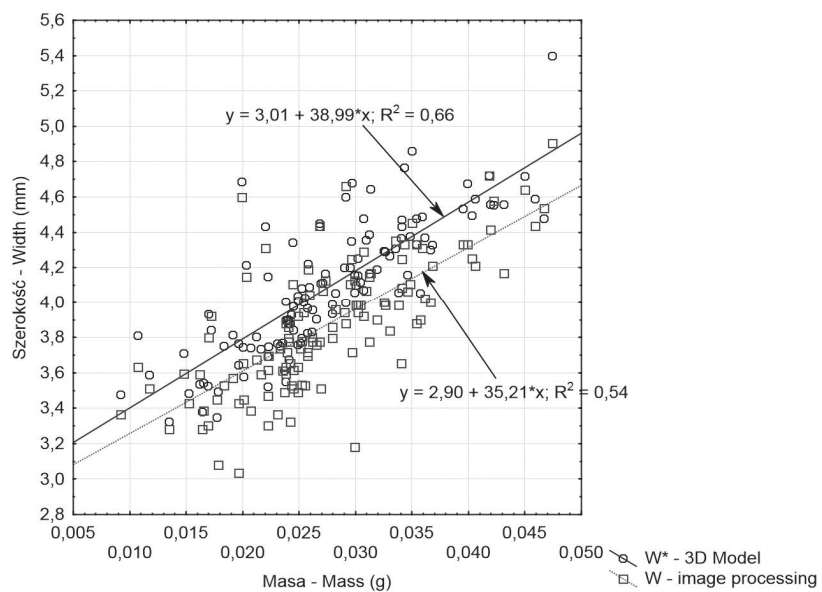


Rysunki 5, 6 i 7 przedstawiają zależność długości, szerokości i grubości nasion w funkcji ich masy.



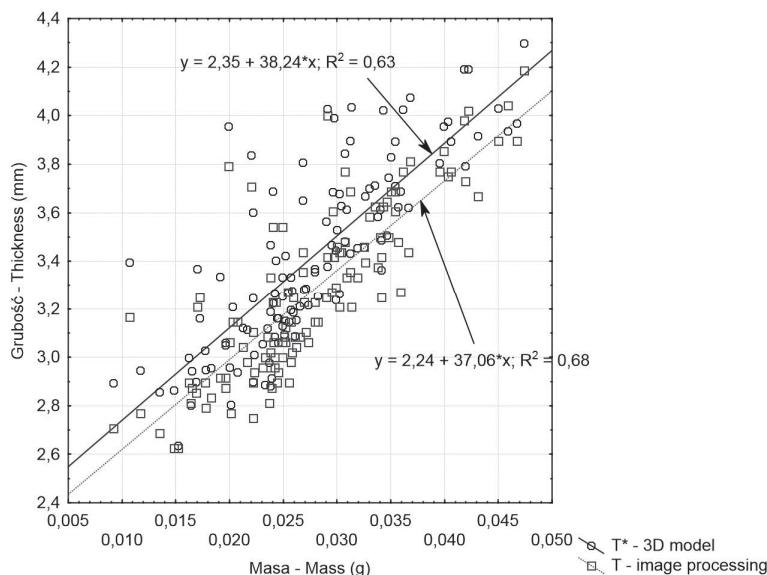
**Rys. 5.** Długość nasion konopi siewnych w funkcji masy

**Fig. 5.** Length of hemp seeds as their weight function



**Rys. 6.** Szerokość nasion konopi siewnych w funkcji masy

**Fig. 6.** Width of hemp seeds as their weight function



**Rys. 7.** Grubość nasion konopi siewnych w funkcji masy  
**Fig. 7.** Thickness of hemp seeds as their weight function

Wyniki pomiarów uzyskane z modelu 3D oraz uzyskane na podstawie fotografii nasion porównano za pomocą testów istotności, przyjmując  $\alpha = 0,05$ . Długość, szerokość nasiona, średnicę zastępczą, współczynnik sferyczności oraz współczynnik kształtu  $R_a$  badano testem  $t$  dla prób niezależnych, natomiast pole powierzchni, objętość, długość nasiona badano testem nieparametrycznym U Manna-Whitneya. Wyniki testu  $t$  wykazują, że różnice pomiędzy średnimi szerokości nasiona, średnicy zastępczej, współczynnika sferyczności oraz współczynnika kształtu  $R_a$  są istotne. Testy U Manna-Whitneya pozwalają stwierdzić, że na poziomie istotności 0,026 różnica między polem powierzchni określonym za pomocą skanera 3D a polem powierzchni obliczonym na podstawie zależności (1) oraz na poziomie istotności 0,006 różnica między grubością nasiona określoną z modelu 3D a grubością określoną na podstawie fotografii jest istotna.

#### WNIOSKI

1. Na podstawie wykonanych testów istotności można twierdzić, że na poziomie istotności 0,205 różnica między polem powierzchni nasiona określonym za pomocą skanera 3D a polem powierzchni obliczonym z zależności geometrycznej zastosowanej przez Gaston'a i in. (2002) jest nieistotna. Różnica objętości nasiona określona na podstawie modelu 3D i określona na podstawie zależno-

ści geometrycznej zastosowanej przez Gaston'a i in. (2002) jest nieistotna na poziomie istotności 0,864.

2. Wyniki testu  $t$  dla prób niezależnych wskazują, że różnica pomiędzy średnią długością nasiona określoną z modelu 3D a długością nasiona określoną na podstawie fotografii nie jest istotna ( $p = 0,517$ ).

3. Model 3D uzyskany za pomocą skanera może służyć do analizy właściwości geometrycznych nasion.

### PIŚMIENNICTWO

- Abalone R., Cassinera A., Gaston A., Lara M.A., 2004. Some physical properties of Amaranth seeds. *Biosyst. Eng.*, 89, 109-117.
- Akaaimo D.I., Raji A.O., 2006. Some physical and engineering properties of prosopis africana seed. *Biosystems Engineering*, 95 (2), 197-205.
- Anders A., 2007. Analiza obrazu jako metoda oceny skuteczności obłuskiwania okrywy nasion gorczycy białej. *Acta Agrophysica*, 10(2), 263-271.
- Cahsir S., Marakoglu T., Ogut H., Ozturk O., 2005. Physical properties of rapeseed (*Brassica napus oleifera* L.). *J. Food Eng.*, 69, 61-66.
- Coskuner Y., Karababa E., 2007a. Some physical properties of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). *J. Food Eng.*, 78, 1067-1073.
- Coskuner Y., Karababa E., 2007b. Physical properties of coriander seeds (*Coriandrum sativum* L.). *J. Food Eng.*, 80, 408-416.
- Deshpande S.D., Bal S., Ojha T.P., 1993. Physical properties of soybean. *J. Agric. Eng. Res.*, 56, 89-98.
- Frączek J., Wróbel M., 2006. Metodyczne aspekty oceny kształtu nasion. *Inżynieria Rolnicza*, 12 (87), 155-163.
- Gastón Analía L., Abalone Rita M., Giner Sergio A., 2002. Wheat drying kinetics. Diffusivities for sphere and ellipsoid by finite elements. *Journal of Food Engineering*, 52(4), 313-322.
- Gupta R.K., Das S.K., 1997. Physical properties of Sunflower seeds. *J. Agric. Eng. Res.*, 66, 1-8.
- Jadwisieńczyk K., Kaliniewicz Z., 2011. Analiza procesu czyszczenia nasion gorczycy. Cz. 1. Cechy fizyczne nasion. *Inżynieria Rolnicza*, 9 (134), 57-64.
- Jain R.K., Bal S., 1997. Physical properties of Pearl millet. *J. Agric. Eng. Res.*, 66, 85-91.
- 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.
- McCabe W.L., Smith J.C., Harriot P., 1986. *Unit Operations of Chemical Engineering*. McGraw-Hill, New York.
- MeshLab Visual Computing Lab – ISTI – CNR, 2013. <http://meshlab.sourceforge.net>.
- Mieszkalski L., 2001. Metoda tworzenia modelu bryły ziarna zbóż. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 1(31), 29-36.
- Mohsenin N.N., 1986. *Physical properties of plant and animal materials*. Gordon and Breach Science Public, New York.
- NextEngine User Manual, 2010. <http://www.nextengine.com>.
- Rahmi U., Ferruh E., (2009). Potential use of 3-dimensional scanners for food process modeling. *Journal of Food Engineering*, 93, 337-343.
- Rasband W.S., 1997-2014. *ImageJ* U.S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, <http://imagej.nih.gov/ij/>.
- 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.

- Singh K.K., Goswami T.K., 1996. Physical properties of Cumin seed. J. Agric. Eng. Res., 64, 93-98.
- 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.
- Tunde-Akintunde, T.Y., Akintunde, B.O., 2004. Some physical properties of Sesame seed. Biosyst. Eng., 88, 127-129.
- Tylek P., 2012. Wielkość i kształt jako cechy rozdzielcze nasion dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.). Acta Agrophysica, 19(3), 673-687.
- Vanesa Y. Ixtaina, Susana M. Nolasco, Mabel C. Tomas, 2008. Physical properties of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. Industrial Crops and Products, 28, 286-293.
- Vilche, C., Gely, M., Santalla, E., 2003. Physical properties of quinoa seeds. Biosyst. Eng., 86, 59-65.
- 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.
- Wróbel M., 2011. Metoda rekonstrukcji 3D nasion w aplikacji typu CAD. Inżynieria Rolnicza, 6 (131), 281-288.

## THE APPLICATION OF A 3D SCANNER FOR THE EVALUATION OF GEOMETRIC PROPERTIES OF *CANNABIS SATIVA* L. SEEDS

*Andrzej Anders, Piotr Markowski, Zdzisław Kaliniewicz*

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 objective of this study was to employ numerical models of *Cannabis sativa* L. seeds obtained through the application of a 3D scanner and image analysis for examining their geometric attributes. *Cannabis sativa* L. seeds stored in a room with a constant temperature of 20°C and air humidity of 60% were used in this study. Seed moisture content was 13%. Individual seeds were photographed in two planes – vertically and from the side. The obtained images of the seeds were used to determine their dimensions. The photographs were taken with a flat Plustek OpticPro ST24 scanner with a resolution of 1200 dpi. The accuracy of the measurements amounted to  $d = 0.01$  mm. Having obtained the seeds' dimensions based on image analysis, their surface area and volume were calculated using mathematical formulas. Next, using a 3D Nextengine scanner the seeds were scanned. Scan density amounted to 248 dots  $\text{mm}^2$ . Having created a seed model, its surface area and volume were measured, as well as the seed length, width and thickness. Each examined seed was weighted on a digital scale with the accuracy of 0.0001 g. Based on the conducted tests of significance, it can be concluded that the difference between the surface area of the seed determined by means of a 3D scanner and its surface area calculated based on a geometric dependence employed by Gaston et al. (2002), the difference between the seed volume determined on the basis of a 3D model and the seed volume determined on the basis of a geometric dependence also used by Gaston et al. (2002) and the difference between the average seed length determined on the basis of a 3D model and the seed length determined on the basis of a photograph are not statistically significant. A 3D model obtained by means of a scanner can be applied in the analysis of geometric attributes of the seeds.

**Key words:** *Cannabis sativa* L., geometric features, seed, 3D scanner