

## ANALIZA PROCESU CZYSZCZENIA NASION GORCZYCY. CZ. 1. CECHY FIZYCZNE NASION

Krzysztof Jadwisieńczyk, Zdzisław Kaliniewicz

*Katedra Maszyn Roboczych i Procesów Separacji, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie*

**Streszczenie.** W pracy wyznaczono podstawowe wymiary (długość, szerokość i grubość) oraz kąty tarcia statycznego na wybranych powierzchniach konstrukcyjnych (stal, drewno, neralit 581, guma z twardą i miękką osnową) nasion gorczycy białej i czarnej zanieczyszczonych chwastnicą. Równania zależności między cechami charakteryzują się stosunkowo niskim procentem wyjaśnionej zmienności.

**Słowa kluczowe:** nasiona, gorczyca, chwastnica, cechy fizyczne, współzależności

### Wykaz oznaczeń:

- $K_w, K_m$  – współczynniki sferyczności nasion,  
 $L, W, T$  – długość, szerokość i grubość nasion [mm],  
 $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4, \gamma_5$  – kąty tarcia statycznego nasion odpowiednio po stali, drewnie, neralicie 581, gumie twardej z osnową i gumie miękkiej bez osnowy [stopień],  
 $x$  – wartość średnia cechy,  
 $x_{min}$  – minimalna wartość cechy,  
 $x_{max}$  – maksymalna wartość cechy,  
 $S$  – odchylenie standardowe cechy rozdzielczej.

### Wstęp i cel pracy

Owocami gorczycy są łuszczyzny, wypełnione drobnymi, okrągłymi nasionami o barwie jasnożółtej dla gorczycy białej i ciemnobrązowej dla gorczycy czarnej [Wałkowski 1997]. Gorczyca jest uprawiana nie tylko na nasiona, ale również jako roślina podporowa w uprawach grochu oraz wyki i jako międzyplon ścierniskowy z przeznaczeniem na poplon lub zielonkę [Pańczuk 1997].

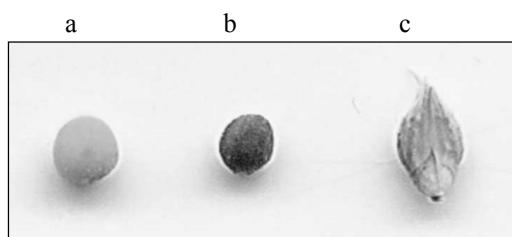
Nasiona gorczycy białej i czarnej są podstawowym surowcem do produkcji musztardy oraz do sporządzania pieprzu ziołowego. Są one bardzo często stosowanym dodatkiem do różnego rodzaju marynat, tłustych mięs i wędlin, potraw z jaj, sera, a także przy gotowaniu sosów [Wielgosz 2008]. Ponadto nasiona gorczycy obniżają ciśnienie krwi, łagodzą bóle woreczka żółciowego, wątroby, regulują trawienie, zapobiegają wzdęciom. Bogaty skład chemiczny nasion i biomasy sprawia, że rośliny te są cennym surowcem dla przemysłu spożywczego, paszowego, chemicznego, kosmetycznego, farmaceutycznego, a nawet energetycznego [Sawicka, Kotiuk 2007].

Zbiór nasion gorczycy może być realizowany jednoetapowo z wcześniejszym zabiegiem desykacyjnym lub dwuetapowo. W dobie rozwoju gospodarstw ekologicznych coraz częściej jest stosowany zbiór dwuetapowy. Uzyskany materiał siewny jest na ogół zanieczyszczony nasionami chwastów: przytuli czepnej, komosy białej, rdestów, owsa głuchego, chwastnicy [Pańczuk 1997].

Z uwagi na pochodzenie mieszaniny nasiennej z gospodarstwa ekologicznego i jej przeznaczenie na materiał siewny, celem pracy było określenie wybranych cech rozdzielczych (wymiarów i kątów tarcia) nasion gorczycy białej, gorczycy czarnej i chwastnicy oraz wyznaczenie współzależności między tymi cechami w aspekcie wykorzystania ich w planowaniu procesów rozdzielczych.

## Metodyka badań

Materiał badawczy stanowiły nasiona gorczycy (białej i czarnej), które w ramach kontraktacji dostarczono do Przedsiębiorstwa Nasiennictwa Ogrodniczego i Szkółkarstwa TORSEED S.A. w Toruniu. Dla wyznaczenia cech rozdzielczych z 500 kg masy plonu wydzielono 10 kg próbę, z której wyodrębniono po 300 nasion każdego gatunku w oparciu o metodę reprezentatywną [Greń 1984]. W mieszaninie znajdowały się nasiona (rys. 1): gorczycy białej (55,6%), gorczycy czarnej (8,9%) i chwastnicy (35,5%). Wilgotność względna tych nasion wynosiła odpowiednio: 12,9; 13,0 i 13,2%.



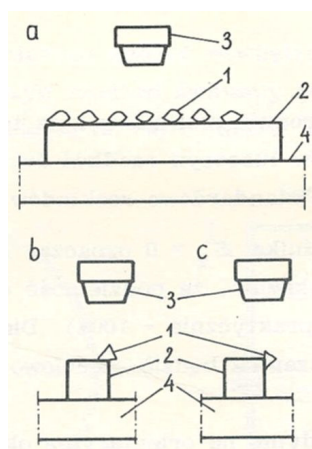
Źródło: fot. własna

Rys. 1. Składniki rozdzielanej mieszaniny: a – gorczyca biała, b – gorczyca czarna, c – chwastnica  
Fig. 1. Ingredients of a separated mixture: a – white mustard, b – black mustard, c – echinocloa

Dla tak przygotowanej próby nasion, w pierwszej kolejności, przy wykorzystaniu równi o regulowanym kącie nachylenia i wymiennych podłożach, zgodnie z metodyką opisaną przez Kaliniewicza i Rawę [2000], wyznaczono kąty tarcia statycznego. Dokładność odczytu kąta tarcia wynosiła  $1^\circ$ . Badania przeprowadzono na równi pochyłej o płynnej regulacji kąta jej nachylenia, której wymienne podłoże było wykonane ze stali, drewna, neralitu 581, gumy twardej z osnową i gumy miękkiej bez osnowy; chropowatość  $R_a$  tych materiałów, wyznaczona zgodnie z PN-87/M-04256/03 przyrządem HOMEL TESTER T1000, wynosiła odpowiednio: 0,46; 0,76; 0,32; 0,25 i 0,24  $\mu\text{m}$ .

Wymiary nasion określono za pomocą mikroskopu warsztatowego typu MWM 2325 z dokładnością do 0,02 mm. Pomiar w trzech wzajemnie do siebie prostopadłych płaszczy-

znach (rys. 2) umożliwiała specjalnie wykonana przezroczysta płytką z pleksiglasu, o wymiarach 4×10×100 mm, którą zamontowano w uchwytach stolika mikroskopu. Powierzchnię płytki pokryto warstwą smaru ŁT-4 o grubości ok. 0,05 mm, uzupełniając ją co 10 kolejnych pomiarów, aby uzyskać efekt sklejanania. Następnie pokręcając śrubą mikrometryczną przesuwano stolik do położenia, w którym linia podziałki obiektywu zetknęła się z zarysem początku nasiona. W tym położeniu dokonano odczytu wskazania śruby mikrometrycznej. Następnie przesuwano stolik do takiego położenia, w którym ta sama linia podziałki obiektywu zetknęła się z zarysem końca nasiona i odczytywano wynik. Różnica odczytanych wskazań stanowiła mierzoną wartość. Po uzyskaniu dwóch wymiarów płytkę obracano o 90° i analogicznie wyznaczano trzeci wymiar.



Źródło: [Rawa 1990]

Rys. 2. Schemat pomiaru grubości (c), szerokości (b) i długości (a) nasion: 1 – nasiono, 2 – przezroczysta płytką, 3 – obiektyw mikroskopu, 4 – stolik mikroskopu

Fig. 2. A scheme of thickness measurement (c), width (b) and length (a) of seeds: 1 – seed, 2 – transparent plate, 3 – microscope lens, 4 – microscope table

Wskaźniki sferyczności nasion obliczono za pomocą następujących zależności [Grochowicz 1994]:

$$K_w = \frac{T}{L} \quad (1)$$

$$K_m = \frac{W}{L} \quad (2)$$

Wyniki pomiarów oraz obliczeń opracowano statystycznie przy użyciu programów „WinStat” i „Statistica”, wykorzystując ogólnie znane procedury statystyczne (analiza wariancji, analiza korelacji i regresji z procedurą krokowej eliminacji zmiennych niezależnych).

## Wyniki badań i ich analiza

Tabela 1. Parametry statystyczne rozkładów cech fizycznych oraz obliczonych wskaźników analizowanych nasion

Table 1. Statistic parameters of physical properties distribution and calculated indexes of the analysed seeds

Gatunek nasion	Cecha fizyczna	$x_{min}$	$x_{max}$	$\bar{x}$	$S$
Gorzycza biała	$L$	1,97	2,66	2,16 <sup>B</sup>	0,09
	$W$	1,14	2,29	2,07 <sup>A</sup>	0,08
	$T$	1,10	2,18	1,97 <sup>A</sup>	0,12
	$\gamma_1$	22	36	29,06 <sup>C</sup>	2,83
	$\gamma_2$	25	39	30,92 <sup>C</sup>	2,37
	$\gamma_3$	25	42	32,10 <sup>Bb</sup>	2,71
	$\gamma_4$	33	52	41,50 <sup>C</sup>	2,81
	$\gamma_5$	40	69	54,73 <sup>B</sup>	5,35
	$K_w$	0,47	0,99	0,92 <sup>A</sup>	0,07
$K_m$	0,49	1,00	0,96 <sup>A</sup>	0,04	
Gorzycza czarna	$L$	1,37	2,54	1,78 <sup>C</sup>	0,15
	$W$	1,21	2,02	1,64 <sup>C</sup>	0,13
	$T$	1,07	1,82	1,52 <sup>B</sup>	0,14
	$\gamma_1$	21	46	32,93 <sup>B</sup>	3,20
	$\gamma_2$	27	41	33,63 <sup>B</sup>	2,46
	$\gamma_3$	23	50	32,76 <sup>Ba</sup>	4,11
	$\gamma_4$	34	55	42,33 <sup>B</sup>	3,47
	$\gamma_5$	38	74	54,16 <sup>B</sup>	6,32
	$K_w$	0,62	0,99	0,85 <sup>B</sup>	0,07
$K_m$	0,65	0,99	0,92 <sup>B</sup>	0,06	
Chwastnica	$L$	1,84	3,78	2,85 <sup>A</sup>	0,27
	$W$	1,24	2,95	1,93 <sup>B</sup>	0,20
	$T$	1,04	2,23	1,40 <sup>C</sup>	0,22
	$\gamma_1$	32	52	39,55 <sup>A</sup>	3,39
	$\gamma_2$	34	52	41,41 <sup>A</sup>	2,95
	$\gamma_3$	35	60	45,48 <sup>A</sup>	4,69
	$\gamma_4$	36	54	44,56 <sup>A</sup>	2,74
	$\gamma_5$	45	80	61,77 <sup>A</sup>	4,71
	$K_w$	0,35	0,98	0,50 <sup>C</sup>	0,11
$K_m$	0,48	0,99	0,69 <sup>C</sup>	0,11	

A, B, C – różne litery oznaczają różnice statystycznie istotne na poziomie 0,01

A, B, C – different letters refer to statistically important differences on the level of 0.01

a, b, c – różne litery oznaczają różnice statystycznie istotne na poziomie 0,05

a, b, c – different letters refer to statistically important differences on the level of 0.05

Źródło: obliczenia własne

Wśród analizowanych nasion największe średnie wartości kąta tarcia ślizgowego dla wszystkich podłoży (tab. 1) uzyskano dla chwastnicy. Nasiona tego gatunku charakteryzują się również największą długością i najmniejszą grubością. Trzeba dodać, że nasiona gorczycy białej są większe od nasion gorczycy czarnej, ale za to w większości przypadków ich średnie wartości kątów tarcia ślizgowego są mniejsze od analogicznych kątów tarcia ślizgowego nasion gorczycy czarnej. Analizując wartości współczynników kształtu można stwierdzić, że najbardziej zbliżone do kuli są nasiona gorczycy białej, a najmniej – nasiona chwastnicy.

Z analizy istotności różnic między badanymi cechami i obliczonymi wskaźnikami (tab. 1) wynika, że w większości przypadków analizowane nasiona różnią się między sobą. Nie odnotowano istotnych różnic jedynie dla kąta tarcia ślizgowego nasion po gumie miękkiej bez osnowy przy porównywaniu nasion gorczycy białej i czarnej.

Uzyskane wartości współczynników sferyczności wskazują na to, że analizowane składniki mieszaniny różnią się także pod względem kształtu. Najbardziej kuliste są nasiona gorczycy białej, a najmniej – nasiona chwastnicy. Przy modelowaniu procesu czyszczenia należy więc zwrócić uwagę na długość nasion jako jedną z głównych cech rozdzielczych rozpatrywanej mieszaniny nasiennej.

Wartość bezwzględna współczynników korelacji (tab. 2) zmieniała się w następującym zakresie: dla nasion gorczycy białej – od 0,006 do 0,849, dla nasion gorczycy czarnej – od 0,002 do 0,712 i dla nasion chwastnicy – od 0,002 do 0,889. Porównując jedynie cechy fizyczne nasion można zauważyć, że największą wartość współczynnika korelacji dla obu gorzyc odnotowano przy porównywaniu ich grubości i szerokości, natomiast dla nasion chwastnicy – przy analizowaniu grubości i długości. Ogólnie należy stwierdzić, że wartości współczynników korelacji są stosunkowo małe, co nie jest dobrym prognostykiem dla wyznaczenia równań regresji z wysokim stopniem wyjaśnionej zmienności.

Z danych zawartych w tabeli 2 wynika, że wraz ze wzrostem długości nasion maleją ich współczynniki sferyczności, natomiast wraz ze wzrostem szerokości i grubości – współczynniki te rosną. Można zauważyć nieznaczny wpływ współczynników sferyczności (kształtu nasion) na kąt tarcia ślizgowego po stali dla nasion gorczycy białej, kąt tarcia ślizgowego po neralicie 581 dla nasion gorczycy czarnej oraz kąt tarcia ślizgowego po prawie wszystkich powierzchniach (oprócz drewna) dla nasion chwastnicy. W związku ze stwierdzonymi wcześniej różnicami kształtu nasion można przyjąć, że przy modelowaniu procesu czyszczenia mieszaniny należy uwzględnić również kąty tarcia ślizgowego nasion jako ich drugorzędne cechy rozdzielcze.

Równania jednej i wielu zmiennych opisujące cechy nasion, dla których procent wyjaśnionej zmienności był większy od 40 przedstawiono w tabeli 3. W tabeli pominięto równania dla nasion chwastnicy, ponieważ procent wyjaśnionej zmienności okazał się niższy od 40. W przypadku równań jednej zmiennej najlepsze dopasowanie uzyskano dla szerokości i grubości nasion gorczycy czarnej. W związku z powyższym dla szerokości nasion gorczycy czarnej wyprowadzono również najbardziej istotne równanie w grupie równań wielu zmiennych.

Tabela 2. Współczynniki korelacji prostoliniowej Pearsona między cechami nasion gorczycy białej, gorczycy czarnej i chwastnicy  
 Table 2. Pearson's linear correlation coefficients between the properties of white mustard seeds, black mustard seeds and echinochloa

Gatunek nasion	Cecha fizyczna	<i>L</i>	<i>W</i>	<i>T</i>	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\gamma_3$	$\gamma_4$	$\gamma_5$	$K_w$	$K_m$
Gorczyca biała	<i>L</i>	1,000									
	<i>W</i>	<b>0,390</b>	1,000								
	<i>T</i>	-0,066	<b>0,440</b>	1,000							
	$\gamma_1$	<b>-0,243</b>	-0,101	0,041	1,000						
	$\gamma_2$	-0,058	-0,060	0,034	<b>0,341</b>	1,000					
	$\gamma_3$	0,096	0,047	0,100	<b>0,155</b>	<b>0,330</b>	1,000				
	$\gamma_4$	-0,104	-0,042	0,014	<b>0,325</b>	<b>0,257</b>	0,034	1,000			
	$\gamma_5$	<b>0,152</b>	<b>0,159</b>	<b>0,120</b>	0,031	<b>0,159</b>	<b>0,195</b>	<b>0,162</b>	1,000		
	$K_w$	<b>-0,577</b>	<b>0,140</b>	<b>0,849</b>	<b>0,163</b>	0,061	0,032	0,069	0,013	1,000	
	$K_m$	<b>-0,548</b>	<b>0,553</b>	<b>0,455</b>	<b>0,133</b>	0,003	-0,049	0,066	0,006	<b>0,651</b>	1,000
Gorczyca czarna	<i>L</i>	1,000									
	<i>W</i>	<b>0,646</b>	1,000								
	<i>T</i>	<b>0,471</b>	<b>0,712</b>	1,000							
	$\gamma_1$	<b>-0,159</b>	<b>-0,212</b>	<b>-0,230</b>	1,000						
	$\gamma_2$	<b>-0,191</b>	<b>-0,279</b>	<b>-0,205</b>	<b>0,283</b>	1,000					
	$\gamma_3$	-0,002	<b>-0,145</b>	<b>-0,155</b>	<b>0,189</b>	0,046	1,000				
	$\gamma_4$	-0,048	-0,104	-0,096	<b>0,252</b>	<b>0,115</b>	0,090	1,000			
	$\gamma_5$	-0,033	-0,056	-0,036	0,067	<b>0,170</b>	<b>0,155</b>	<b>0,216</b>	1,000		
	$K_w$	<b>-0,457</b>	0,098	<b>0,564</b>	-0,087	-0,024	<b>-0,149</b>	-0,050	-0,008	1,000	
	$K_m$	<b>-0,478</b>	<b>0,355</b>	<b>0,241</b>	-0,051	0,088	<b>-0,157</b>	-0,062	-0,024	<b>0,678</b>	1,000
Chwastnica	<i>L</i>	1,000									
	<i>W</i>	<b>-0,120</b>	1,000								
	<i>T</i>	<b>-0,373</b>	<b>0,295</b>	1,000							
	$\gamma_1$	<b>-0,211</b>	0,064	0,024	1,000						
	$\gamma_2$	-0,065	-0,070	0,089	-0,006	1,000					
	$\gamma_3$	<b>0,124</b>	-0,100	-0,074	-0,084	0,057	1,000				
	$\gamma_4$	<b>0,139</b>	-0,076	<b>-0,215</b>	-0,104	-0,028	0,046	1,000			
	$\gamma_5$	<b>-0,236</b>	0,075	<b>0,209</b>	<b>0,155</b>	0,074	-0,029	-0,095	1,000		
	$K_w$	<b>-0,713</b>	<b>0,336</b>	<b>0,889</b>	<b>0,161</b>	0,076	<b>-0,121</b>	<b>-0,231</b>	<b>0,279</b>	1,000	
	$K_m$	<b>-0,762</b>	<b>0,754</b>	<b>0,488</b>	<b>0,181</b>	0,002	<b>-0,155</b>	<b>-0,173</b>	<b>0,226</b>	<b>0,722</b>	1,000

Wartość krytyczna współczynnika korelacji 0,113  
 Critical value of correlation coefficient 0.113

Źródło: obliczenia własne

Tabela 3. Równania jednej i wielu zmiennych opisujące cechy fizyczne analizowanych nasion  
Table 3. Equations of one and many variables describing physical properties of the analysed seeds

Gatunek nasion	Równanie	Procent wyjaśnionej zmienności	Odchylenie standardowe reszt
Gorzycza biała	$L = -0,17W^4 + 0,07W^5 + 2,47$	40,40	0,068
	$W = 34,42T - 20,17T^2 + 3,90T^3 - 17,25$	43,86	0,063
	$L = -3,27W + 0,99W^2 - 0,04 \cdot 10^{-1}T \cdot \gamma_1 + 0,07 \cdot 10^{-3}\gamma_1 \cdot \gamma_2 + 4,83$	44,91	0,066
	$W = -0,27L^2 - 0,44T^2 + 0,86L \cdot T + 1,41$	45,22	0,063
Gorzycza czarna	$L = 0,23W^2 + 1,16$	42,03	0,115
	$W = 1,09L - 0,01L^5 - 0,12$	46,71	0,095
	$W = 0,05T^4 + 1,37$	52,14	0,090
	$T = 0,75W + 0,28$	50,66	0,096
	$L = 0,41W^2 + 0,05 \cdot 10^{-2}\gamma_3^2 - 0,02W \cdot \gamma_3 + 1,08$	44,66	0,113
	$W = 0,22L \cdot T + 0,02 \cdot 10^{-1}T \cdot \gamma_3 - 0,02 \cdot 10^{-2}\gamma_2 \cdot \gamma_3 + 1,10$	64,18	0,078
	$T = 0,73W - 0,62 \cdot 10^{-4}\gamma_1 \cdot \gamma_3 + 0,38$	51,36	0,096

Przyjęty poziom istotności 0,05

Źródło: obliczenia własne autorów

## Wnioski

1. Spośród badanych cech fizycznych nasion najbardziej ze sobą są skorelowane szerokość i grubość nasion obu gorzyc oraz długość i grubość nasion chwastnicy. W grupie wymiarów nie stwierdzono istotnej współzależności między długością i grubością nasion gorzycy białej.
2. W modelowaniu procesu czyszczenia mieszaniny nasion gorzycy białej, gorzycy czarnej i chwastnicy należy wykorzystać jako główną cechę rozdzielczą długość nasion, a jako cechy drugorzędne – ich kąty tarcia ślizgowego po powierzchniach rozważanych materiałów.
3. Nasiona gorzycy białej, gorzycy czarnej i chwastnicy cechują się niskimi wartościami współczynników korelacji badanych cech fizycznych, przez co uzyskane równania charakteryzują się stosunkowo małym procentem wyjaśnionej zmienności, w związku z tym wyznaczone zależności mogą być wykorzystywane w planowaniu procesów czyszczenia i sortowania tych nasion w ograniczonym zakresie.

## Bibliografia

- Greń J.** 1984. Statystyka matematyczna. Modele i zadania. PWN. Warszawa. ISBN 83-01-03699-0.
- Grochowicz J.** 1994. Maszyny do czyszczenia i sortowania nasion. Wyd. AR w Lublinie, ISBN 83-901612-9-X.
- Kaliniewicz Z., Rawa T.** 2000. Laboratorium z maszyn rolniczych. UWM w Olsztynie. ISBN 83-88343-18-1.
- Pańczuk B.** 1997. Uprawa gorczycy białej. Wyd. ODR Poświętne. s. 1-4.
- Rawa T.** 1990. Rozważania teoretyczne o możliwości czyszczenia ziarna gryki w cylindrycznych elementach rozdzielających. II. Potencjalna skuteczność czyszczenia ziarna gryki w cylindrze do rozdzielania tarcowego. Acta Acad. Agricult. Techn. Ols., Aedif. Mech. Nr 21. s. 25-35.
- Sawicka B., Kotiuk E.** 2007. Gorczyce jako rośliny wielofunkcyjne. Acta Sci., Agricultura. Nr 6(2). s. 17-27.
- Wałkowski T.** 1997. Gorczyce. Wyd. IHAR, Poznań. ISBN 83-904793-7-0.
- Wielgosz T.** 2008. Wielka księga ziół polskich. Wyd. Publicat S.A. Poznań. ISBN 978-83-245-9538-9.

## ANALYSIS OF THE MUSTARD SEEDS CLEANING PROCESS PART 1. PHYSICAL PROPERTIES OF SEEDS

**Abstract.** The study presents basic dimensions (length, width and thickness) as well as angles of static friction on the selected construction surfaces (steel, wood, neralit 581, gum with hard and soft carcass) of white and black mustard seeds polluted with echinocloa. Dependency equations between the properties are characterised with a quite low percentage of the explained variability.

**Key words:** seeds, mustard, echinocloa, physical properties, interdependencies

### Adres do korespondencji:

Zdzisław Kaliniewicz; e-mail: arne@uwm.edu.pl  
Katedra Maszyn roboczych i Procesów Separacji  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski  
ul. Oczapowskiego 11  
10-719 Olsztyn