

PRÓBA WYDZIELENIA PEŁNOWARTOŚCIOWYCH NASION GORCZYCY
BIAŁEJ (*SINAPIS ALBA* L.) Z ODPADU PO ICH CZYSZCZENIU PRZY
WYKORZYSTANIU PNEUMATYCZNEGO SEPARATORA

*Krzysztof Jadwisieńczyk, Stanisław Konopka, Dariusz Jan Choszcz,
Zdzisław Kaliniewicz, Ewelina Kolankowska*

Katedra Maszyn Roboczych i Metodologii Badań, Wydział Nauk Technicznych
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
ul. M. Oczapowskiego 11, 10-719 Olsztyn
e-mail: krzychj@uwm.edu.pl

Streszczenie: Niesprzyjające warunki pogodowe w okresie kwitnienia i dojrzewania łuszczyń gorczycy mogą być przyczyną powstania materiału nasiennego o niewielkiej dorodności i niskiej wartości rynkowej. Dlatego też celem pracy było opracowanie skutecznej metody odzyskiwania pełnowartościowego materiału siewnego z mieszaniny uznanej za odpad procesu czyszczenia nasion gorczycy. Dokonano rozfrakcjonowania surowca w pneumatycznym separatorze z pionowym kanałem aspiracyjnym, a następnie u każdego nasiona z danej frakcji dokonano pomiarów jego masy, długości, szerokości i grubości. Ponadto dla każdej frakcji nasion określono wskaźnik ich kiełkowania. Ustalono, że w zakresie prędkości strumienia powietrza od 4,95 do 8,25 m·s⁻¹ jest możliwe odzyskanie ponad 65% masy materiału kierowanego do odpadu w procesie ich czyszczenia. Na podstawie analizy korelacji stwierdzono, że dla wszystkich kombinacji rozpatrywanych cech występują istotne związki między nimi. Najwyższe wartości współczynnika korelacji (powyżej 0,75) odnotowano między prędkością strumienia powietrza a szerokością, grubością i masą nasion gorczycy białej.

Słowa kluczowe: nasiona gorczycy, materiał siewny, cechy rozdzielcze, separator pneumatyczny

WSTĘP

Gorczyca biała, zwana jasną (*Sinapis alba* L.), jest oleistą jednoroczną rośliną, żółto kwitnącą obcopolną, dnia długiego, należąca do rodziny kapustowatych (*Brassicaceae*) (Kornaś 2002). W Polsce jest uprawiana najczęściej na cele przyprawowe, jako surowiec do produkcji musztard, oraz jako międzyplon lub plon główny na zielonkę. Ze względu na dużą masę wegetatywną roślina ta może być przeznaczana na cele paszowe, zielony nawóz bądź mulcz w zbożach jarych (Sawicka, Kotiuk 2007; Wielgosz 2008). Większa zawartość tłuszczu i białka

w nasionach gorczyc jasnych oraz mniejsza zawartość włókna w ich okrywie sprawia, że nasiona jasne są bardziej znane i częściej wykorzystywane przez rolników i przedsiębiorców niż czarne (Ochodzki, Rakowska 1996).

Jest to roślina, która nie wymaga specjalnych zabiegów pielęgnacyjnych oraz nawożenia, a przy sprzyjających warunkach atmosferycznych jej nasiona w fazie dojrzałości pełnej powinny być zbliżone kształtem do małych kuleczek (Pańczuk 1997, Świetlikowska 2008), w których według Grochowicza (1971), podstawowe wymiary (długość, szerokość i grubość) są sobie równe. Mieszkalski i in. (2015) podają, że w sprzyjających warunkach nasiona tej rośliny mają kształt bryły powstałej przez obrót krzywej Beziera lub też mogą przypominać elipsoidę. Zdarza się jednak, że niesprzyjające warunki meteorologiczne w okresie kwitnienia i dojrzewania łuszczyn wpływają bardzo negatywnie na liczbę, wielkość i kształt nasion (Orłowski 2000; Orłowski, Słodkowski 2003). Wówczas mogą one być małe, niekształtne i spłaszczone. Nasiona dopuszczone do handlu, zależnie od gatunku oraz odmiany, zawierają się w przedziale wielkości od 1,5 do 3,2 mm (Pykało 2004).

Gorczycę na nasiona można zbierać jednoetapowo kombajnem zbożowym po wcześniejszej desykacji roślin lub też dwuetapowo z zastosowaniem kosiarki pokosowej i kombajnu z podbieraczem.

Stosowane obecnie sposoby zbioru gorczyc nie zapewniają dostatecznej jej czystości. Występujące w niej zanieczyszczenia głównie w postaci nasion chwastów (komosy, rdestów, przytuli czepnej) wpływają na jej wilgotność, która często jest wyższa od zalecanej (10%), co utrudnia jej przechowywanie. Niekontrolowany wzrost temperatury w takiej mieszance sprzyja z kolei rozwojowi grzybów oraz pojawianiu się na nasionach pleśni, której obecność dyskwalifikuje całą partię i uniemożliwia wykorzystanie do produkcji spożywczej. Spadek zdolności kiełkowania takich nasion sprawia też, że nie można ich wykorzystać do dalszej produkcji rolniczej. O ile dorodny materiał nasienny nie sprawia większych kłopotów przy planowaniu i prowadzeniu procesów technologicznych, np. czyszczenia czy obłuskiwania, to przy nasionach drobnych, niekształtnych często procesy te stają się nieopłacalne, ze względu na niską skuteczność czyszczenia czy też wysokie straty surowca. Dlatego poszukuje się nowych metod lub modyfikuje już istniejące, aby w ich efekcie uzyskać materiał nasienny o wysokiej wartości handlowej, przydatny w przemyśle spożywczym oraz rolnictwie (Orzechowski 1993, Choszcz i in. 2011).

Celem pracy było opracowanie skutecznej metody odzyskiwania pełnowartościowego materiału siewnego z mieszaniny uznanej za odpad procesu czyszczenia nasion gorczycy.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły nasiona gorczycy białej, pozyskane z prywatnego gospodarstwa, zajmującego się produkcją materiału siewnego. W procesie produkcji nasion stosowano dwuetapową technologię zbioru. Pierwszy etap polegał na skoszeniu roślin w pokosy za pomocą kosiarki pokosowej typu Claas Maxi Swather. Koszenie wykonywano, gdy wizualnie stwierdzono (na przeważającej części plantacji), że łuszczyzny roślin brunatnieją, a nasiona zaczynają żółknąć. Drugi etap, obejmujący zbiór i pozyskanie masy nasiennej, realizowano kombajnem zbożowym New Holland TC 5040, wyposażonym w podbieracz, po upływie ok. 2 tygodni od skoszenia, przy zalecanych nastawach parametrów roboczych. Przeciętny plon nasion wyniósł ok. $1,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

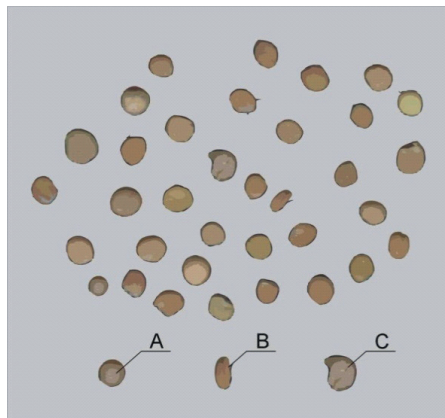
W kolejnym etapie mieszaninę poddano czyszczeniu, celem usunięcia zanieczyszczeń w postaci: kawałków rozdrobnionych roślin, piasku, uszkodzonych nasion gorczycy oraz nasion chwastów. Stosowano do tego wialnię z ukośnym strumieniem powietrza (brak danych technicznych dotyczących wartości parametrów roboczych), rozdzielającą surowiec na dwie frakcje (produkt i zanieczyszczenia lekkie). Prędkość obrotową wirnika wialni dobierano doświadczalnie przez zmianę napięcia pasa klinowego łączącego koła klinowe osadzone na wale silnika i wentylatora. Każdorazowo po takiej regulacji sprawdzano czystość uzyskanego produktu. Wydajność wialni ustalono na poziomie około $0,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Tak wstępnie oczyszczony materiał poddano analizie w zakładzie skupu, gdzie stwierdzono, że znaczna jego część stanowi nasiona mało dorodne, spłaszczone lub niekształtne. Producentowi zalecono oddzielenie drobnej frakcji nasion za pomocą sita z otworami okrągłymi o średnicy 2,5 mm. W tym celu wykorzystano przesiewacz sitowy wykonany na bazie przesiewacza typu S-Z-1, w którym zamontowano sito z podanymi wyżej otworami. Wielkość strugi nasion opadających z kosza zasypowego na sito dobrano tak, aby proces przesiewania przebiegał prawidłowo i jednocześnie powierzchnia sita była równomiernie obciążona. Wydajność przesiewacza ustalono na poziomie $0,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

W wyniku przeprowadzonego sortowania ustalono, że ok. 50% nasion (z łącznej masy ok. 10 ton) stanowi odpad (rys. 1) w postaci nasion mało dorodnych, spłaszczonych lub niekształtnych.

Taka sytuacja była dla producenta dużym problemem, gdyż zysk otrzymany ze sprzedaży tego materiału nie rekompensował kosztów jego produkcji.

Wizualna ocena frakcji wskazywała, że mogą w niej występować nasiona spełniające wymagania materiału siewnego. Dlatego podjęto próbę wydzielenia (z opisanej masy nasiennej) nasion gorczycy o wymaganej dla materiału siewnego (min. 85%) zdolności kiełkowania (PN-79/R-65950). Badania przeprowadzono w Katedrze Maszyn Roboczych i Metodologii Badań, Wydziału Nauk Technicznych,

Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. Z dostarczonego materiału odważono dwie próbki po 20 g każda. Jedna z próbek posłużyła do ustalenia zakresu prędkości strumienia powietrza w pionowym kanale aspiracyjnym (badania wstępne), zaś drugą wykorzystano do badań właściwych. W pierwszym etapie badań właściwych dokonano rozfrakcjonowania materiału w pneumatycznym separatorze z pionowym kanałem aspiracyjnym Petkus K-293. Prędkość strumienia powietrza zmieniano w zakresie od $2,75$ do $8,25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, ze skokiem co $0,55 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. W ten sposób uzyskano 11 frakcji materiału nasiennego. Następnie dokonano pomiarów masy, długości, szerokości i grubości każdego nasiona z poszczególnych frakcji. W tym celu wykorzystano wagę laboratoryjną WAA 100/C/2 o dokładności pomiaru $0,1 \text{ mg}$, mikroskop warsztatowy typu MWM 2325 (dokładność $0,02 \text{ mm}$) i grubościomierz na bazie czujnika zegarowego o dokładności odczytu $0,01 \text{ mm}$. Powyższe pomiary wykonano zgodnie z metodyką podaną w pracy Kaliniewicza i in. (2012).



Rys. 1. Widok nasion gorczycy występujących w odpadzie po czyszczeniu: A – mało dorodne; B – spłaszczone; C – niekształtne

Fig. 1. White mustard seeds contained in the discarded fraction after cleaning: A – poorly filled out seeds; B – flat seeds; C – deformed seeds

W drugim etapie badań z każdej frakcji nasion wybierano (przy wykorzystaniu generatora liczb losowych w programie STATISTICA) po 10 nasion i przeprowadzano próbę ich kiełkowania (Wieczorkowski, Zieliński 1997). Doświadczenia te powtarzano 3-krotnie. Po realizacji tego etapu badań określano wartość wskaźnika kiełkowania (W_k) wyznaczaną z zależności (Kaliniewicz i in. 2014):

$$W_k = \frac{T_k + 1 - T_n}{T_k} \quad (1)$$

gdzie: T_k – czas próby kiełkowania nasion, (doba), T_n – czas wykształcenia się prawidłowego kiełka w nasionie, (doba).

Następnie wyznaczono średnie wartości wskaźnika (W_k) dla poszczególnych frakcji.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie przy wykorzystaniu pakietu programów statystycznych STATISTICA (Rabiej 2012). Głównym celem opracowania było wyznaczenie podstawowych parametrów statystycznych (wartości średniej oraz odchylenia standardowego) dla wymienionych cech rozdzielczych nasion wydzielonych w danym zakresie prędkości strumienia powietrza. Dodatkowo wykonano analizę wariancji określonych wartości w poszczególnych frakcjach. Weryfikowano hipotezę zerową (H_0), zakładającą, że nie występują statystycznie istotne różnice między średnimi wartościami w odniesieniu do danej cechy dla frakcji nasion gorczycy wydzielonych przy różnych prędkościach strumienia powietrza.

W przypadku stwierdzenia statystycznie istotnych różnic stosowano test „post-hoc” Duncana do wyodrębnienia grup jednorodnych. Przeprowadzono również analizę korelacji, której celem była identyfikacja zależności między określanymi w badaniach cechami. W analizie i wnioskowaniu przyjęto poziom istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI

Wyniki obliczeń i statystycznych porównań średnich wartości poszczególnych cech rozdzielczych i wskaźnika kiełkowania nasion gorczycy białej, wydzielonych przy ustalonych prędkościach strumienia powietrza w pionowym kanale aspiracyjnym, przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie wyników obliczeń i statystycznych porównań średnich wartości cech rozdzielczych i wskaźnika kiełkowania nasion gorczycy białej wydzielonych w kanale aspiracyjnym przy różnych prędkościach strumienia powietrza

Table 1. Statistical comparisons and mean values of separation parameters and germination index of white mustard seeds separated in an aspiration channel at different air stream velocities

Prędkość strumienia powietrza Air stream velocity (m s ⁻¹)	Długość Seed length		Szerokość Seed width		Grubość Seed thickness		Masa nasiona Seed weight		Wskaźnik kiełkowania Germination index	
	MV*	SD	MV*	SD	MV*	SD	MV*	SD	MV*	SD
2,75	2,01 ^a	0,152	1,89 ^a	0,177	1,82 ^a	0,169	0,0025 ^a	0,00037	0,51 ^a	0,013
3,30	2,13 ^{a,b}	0,131	2,03 ^a	0,159	1,99 ^{a,b}	0,163	0,0028 ^a	0,00042	0,69 ^b	0,015
3,85	2,21 ^b	0,147	2,19 ^{b,c}	0,153	2,16 ^{b,c}	0,157	0,0033 ^b	0,00057	0,82 ^c	0,019
4,40	2,27 ^{b,e}	0,135	2,24 ^{b,c,d}	0,156	2,20 ^{b,c}	0,161	0,0043 ^c	0,00109	0,83 ^c	0,021
4,95	2,33 ^{b,c}	0,119	2,30 ^{b,c,d,e}	0,162	2,26 ^{c,d}	0,148	0,0046 ^{c,d}	0,00128	0,87 ^d	0,025
5,50	2,35 ^{c,d}	0,134	2,32 ^{b,c,d,e,f}	0,148	2,27 ^{c,d,e}	0,152	0,0055 ^{d,e}	0,00135	0,91 ^e	0,028
6,05	2,38 ^{c,d,e}	0,140	2,35 ^{c,d,e,f,g}	0,155	2,33 ^{d,e,f}	0,149	0,0057 ^{d,e,f}	0,00149	0,93 ^e	0,036
6,60	2,39 ^{c,d,e}	0,129	2,37 ^{d,e,f,g}	0,129	2,35 ^{d,e,f}	0,135	0,0065 ^{e,f,g}	0,00176	0,91 ^e	0,031
7,15	2,42 ^{d,e}	0,098	2,39 ^{d,e,f,g}	0,143	2,36 ^{d,e,f}	0,139	0,0073 ^g	0,00123	0,93 ^e	0,017
7,70	2,48 ^{d,e}	0,113	2,45 ^{e,f,g}	0,137	2,43 ^f	0,137	0,0073 ^g	0,00131	0,93 ^e	0,025
8,25	2,52 ^e	0,117	2,48 ^g	0,133	2,46 ^f	0,136	0,0083 ^g	0,00114	0,93 ^e	0,021

MV – wartość średnia / mean value; SD – odchylenie standardowe / standard deviation; * – wartości oznaczone w kolumnach tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie (grupy jednorodne) / values within a column followed by the same superscripts are not significantly different (homogeneous groups)

Przeprowadzone porównanie średnich wartości poszczególnych cech nasion gorczycy wykazało, że wraz ze wzrostem prędkości strumienia powietrza wzrastają średnie wartości mierzonych cech. Wykonane obliczenia statystyczne (analiza wariancji ANOVA) potwierdziły, że między średnimi wartościami każdej z cech, przy różnych prędkościach strumienia powietrza, występują istotne różnice ($p < 0,05$), choć za pomocą testu „post-hoc” Duncana wyodrębniono szeregu grup jednorodnych (tab. 1). Stwierdzono, że w przypadku cech geometrycznych i masy nasion gorczycy występują liczne grupy tożsame (średnie wartości poszczególnych cech nie różnią się statystycznie przy różnych prędkościach strumienia powietrza).

W kontekście analizowanego zagadnienia, najbardziej istotne dane odnoszą się do wskaźnika kiełkowania nasion gorczycy wydzielonych, przy różnych prędkościach strumienia powietrza. Mając na uwadze, że minimalna wartość tego wskaźnika dla nasion gorczycy przeznaczonych do siewu powinna wynosić 85% (PN-79/R-65950), można stwierdzić, że ten warunek spełniają jedynie nasiona wydzielone przy prędkości strumienia powietrza powyżej $4,95 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Potwierdzają to wyniki testów „post-hoc” zestawione w tabeli 1. Dla tej prędkości strumienia powietrza (i wyższych) nie występują grupy związane z niższymi wartościami prędkości strumienia powietrza.

Wyznaczone wartości współczynników korelacji między: prędkością strumienia powietrza w kanale aspiracyjnym oraz cechami geometrycznymi, masą i wartościami wskaźnika kiełkowania nasion gorczycy białej zestawiono w formie macierzy kwadratowej w tabeli 2.

Tabela 2. Zestawienie współczynników korelacji między analizowanymi cechami nasion gorczycy białej
Table 2. Coefficients of correlation between the analyzed parameters of white mustard seeds

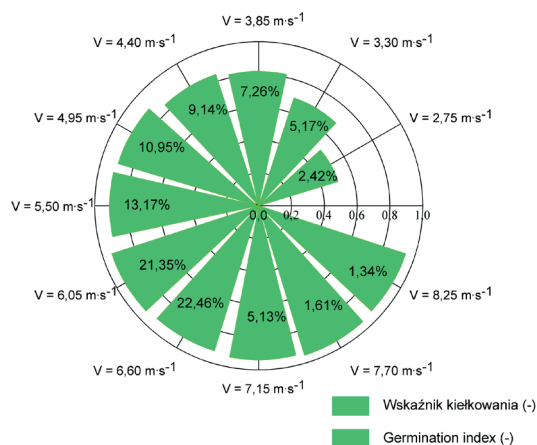
Cecha Parameter	Wartości współczynników korelacji Coefficients of correlation					
	Prędkość strumienia powietrza Air stream velocity	Długość Length	Szerokość Width	Grubość Thickness	Masa Weight	Wskaźnik kiełkowania Germination index
Prędkość strumienia powietrza Air stream velocity	1	0,4917	0,7726	0,8211	0,8063	0,2558
Długość / Length	0,4917	1	0,3071	0,2924	0,4885	0,3744
Szerokość / Width	0,7726	0,3071	1	0,6728	0,7913	0,2977
Grubość / Thickness	0,8211	0,2924	0,6728	1	0,8476	0,4007
Masa / Weight	0,8063	0,4885	0,7913	0,8476	1	0,5619
Wskaźnik kiełkowania Germination index	0,2558	0,3744	0,2977	0,4007	0,5619	1

Analiza korelacji wykazała, że dla wszystkich kombinacji rozpatrywanych cech występuje statystycznie istotny związek między nimi. Uzyskane wartości współczynników korelacji są dodatnie, co oznacza, że wzrostowi wartości jednej cechy odpowiada przyrost wartości drugiego wyróżnika.

Najwyższe wartości współczynników korelacji (powyżej 0,75) odnotowano między prędkością strumienia powietrza a szerokością, grubością i masą nasion gorczycy białej. Podobną relację, między współczynnikami korelacji, stwierdzono między szerokością i grubością a masą nasion gorczycy.

Wysokie wartości wymienionych współczynników korelacji świadczą o istotnym (statystycznym) związku między wymienionymi cechami. Może to również wskazywać, że są to determinanty w procesie separacji nasion gorczycy białej w pionowym strumieniu powietrza.

Na rysunku 2 przedstawiono masowe udziały (wartości podane w wyróżnionych kolorem wycinkach koła) frakcji nasion gorczycy białej wydzielonych w kanale aspiracyjnym, przy danej prędkości strumienia powietrza oraz ich zdolność kiełkowania. Najwyższym udziałem masowym, spełniającym minimalne wymagania dla materiału siewnego PN-79/R-65950, charakteryzowały się nasiona wydzielone przy prędkościach strumienia powietrza wynoszących $6,05$ i $6,60 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Stanowiły one odpowiednio: 21,35 i 22,46%. Należy również podkreślić, że wymienione wymagania dla materiału siewnego nasion gorczycy białej spełniają również frakcje wydzielone w zakresie prędkości strumienia powietrza od $4,95$ do $8,25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (tab. 1). Łącznie masowe udziały tych frakcji przekraczają 65% masy nasion gorczycy białej wydzielanych do odpadu w operacji ich czyszczenia.



Rys. 2. Ilustracja ilości nasion gorczycy białej i ich zdolności kiełkowania wydzielanych w pionowym kanale aspiracyjnym przy różnych prędkościach strumienia powietrza

Fig. 2. Amount and germination capacity of white mustard seeds separated in a vertical aspiration channel at different air stream velocities

WNIOSKI

1. Wyniki badań i ich analiza wykazała, że możliwe jest odzyskanie ponad 65% masy pełnowartościowych nasion gorczycy białej trafiającej do odpadu podczas operacji ich czyszczenia. Umożliwia to ponowna separacja w kanale aspiracyjnym z pionową (precyzyjną) regulacją prędkości przepływu strumienia powietrza. Stwierdzono, że przy prędkości strumienia powietrza powyżej $4,95 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ można wydzielić pełnowartościowe nasiona (frakcje) gorczycy białej spełniające znormalizowane wymagania dla materiału siewnego. Frakcje te charakteryzowały się największymi wartościami wskaźnika kiełkowania – powyżej 85%.

2. Odnotowano istotne korelacje między prędkością strumienia powietrza a szerokością, grubością i masą oraz między szerokością, grubością a masą nasion gorczycy białej. Wartości współczynników korelacji, dla wymienionych kombinacji cech, przekraczały poziom (0,75). Wskazano, że cechy te mogą mieć decydujący wpływ na przebieg dodatkowej operacji, polegającej na wydzieleniu pełnowartościowych nasion gorczycy białej z odpadu w procesie ich czyszczenia.

PIŚMIENNICTWO

- Choszcz D., Jadwisieńczyk K., Konopka S., 2011. Próba odseparowania z materiału siewnego nasion grochu o niskiej zdolności kiełkowania. *Inżynieria Rolnicza*, 5(130), 39-45.
- Grochowicz J. 1971. *Maszyny do czyszczenia i sortowania nasion*. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne. Warszawa.
- Kaliniewicz Z., Jadwisieńczyk K., Choszcz D., Kolankowska E., Przywitowski M., Śliwiński D., 2014. Współzależność między zdolnością kiełkowania a wybranymi cechami nasion pasternaku zwyczajnego (*Pastinaca sativa* L.). *Inżynieria Rolnicza*, 1(149), 39-50.
- Kaliniewicz Z., Markowski P., Anders A., Rawa T., Liszewski A., Fura S., 2012. Correlations between the germination capacity and selected attributes of European larch seeds (*Larix decidua* Mill.). *Technical Sciences*, 15(2), 229-242.
- Kornaś J., 2002. *Geografia roślin*. Wyd. Nauk. PWN.
- Mieszkalski L., Żuk Z., Szczyglak P., 2015. Matematyczne modelowanie kształtu nasienia gorczycy białej (*Sinapis alba*). *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 1, 62-66.
- Ochodźki P., Rakowska M., 1996. Porównanie składu chemicznego i wartości żywieniowej odłuszczonych nasion rzepaków brązowo- i żółto nasiennych. *Rośl. Oleis.*, XVII(2), 477-482.
- Orłowski M. (red.), 2000. *Polowa uprawa warzyw*. Wyd. BRASIKA, Szczecin.
- Orłowski M., Słodkowski P., 2003. *Uprawa warzyw na nasiona*. Wyd. AR, Szczecin.
- Orzechowski J. (red.), 1993. *Mechanizacja zbioru i suszenia nasion roślin niezbożowych*. Wyd. AR, Lublin, 122-124.
- Pańczuk B., 1997. *Uprawa gorczycy białej*. Wyd. ODR Poświętne. s. 1-4.
- Polska Norma PN-79/R-65950. 1994. *Materiał siewny. Metody badania nasion*. Polski Komitet Normalizacyjny Miar i Jakości. Wydawnictwa Normalizacyjne „ALFA”.
- Pykało I., 2004. *Wpływ herbicydów na plonowanie i skład chemiczny nasion gorczycy białej (*Sinapis alba* L.)*, Rozprawa doktorska, UWM w Olsztynie.
- Rabiej M., 2012. *Statystyka z programem Statistica*. Wyd. HELON, Gliwice.

- Sawicka B., Kotiuk E., 2007. Gorczyce jako rośliny wielofunkcyjne. *Acta Sci. Agricultura*, 6(2), 17-27.
Świetlikowska K., 2008. Surowce spożywcze pochodzenia roślinnego. Wydawnictwo SGGW. Warszawa.
Wieczorkowski R., Zieliński R., 1997. Komputerowe generatory liczb losowych. Wyd. WNT, Warszawa.
Wielgosz T., 2008. Wielka księga ziół polskich. Publicat S.A., Poznań.

AN ATTEMPT TO SEPARATE VIABLE WHITE MUSTARD (*SINAPIS ALBA* L.)
SEEDS FROM THE DISCARDED FRACTION AFTER CLEANING
WITH A PNEUMATIC SEPARATOR

*Krzysztof Jadwisińczak, Stanisław Konopka, Dariusz Jan Choszcz,
Zdzisław Kaliniewicz, Ewelina Kolankowska*

Department of Heavy Duty Machines and Research Methodology
University of Warmia and Mazury in Olsztyn
ul. M. Oczapowskiego 11, 10-719 Olsztyn, Poland
e-mail: krzychj@uwm.edu.pl

Abstract: Unfavorable weather conditions during mustard flowering and silique ripening can contribute to the formation of seeds of poor quality and low market value. Therefore, the aim of this study was to develop an effective method for separating viable white mustard seeds from the discarded fraction during the cleaning process. The seeds were divided into fractions in a pneumatic separator with a vertical aspiration channel. The weight, length, width and thickness of each seed from a given fraction were determined. The germination index was calculated for each fraction. It was found that a vertical stream of air with the speed of 4.95 to 8.25 m s⁻¹ allows the recovery of over 65% of the seed bulk discarded during the cleaning process. A correlation analysis revealed significant relationships between the analyzed seed parameters. The highest coefficients of correlation (above 0.75) were noted between air stream velocity vs. the width, thickness and weight of white mustard seeds.

Key words: mustard seeds, seeds, separation parameters, pneumatic separator