



WSPÓLZALEŻNOŚĆ MIĘDZY ZDOLNOŚCIĄ KIELKOWANIA A WYBRANYMI CECHAMI NASION PASTERNAKU ZWYCZAJNEGO (*PASTINACA SATIVA* L.)

Zdzisław Kaliniewicz*, Krzysztof Jadwisieńczyk, Dariusz Choszcz, Ewelina Kolankowska, Mariusz Przywitowski, Daniel Śliwiński

Katedra Maszyn Roboczych i Metodologii Badań, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
* Adres do korespondencji: ul. Oczapowskiego 11, 10-719 Olsztyn, e-mail: zdzislaw.kaliniewicz@uwm.edu.pl

INFORMACJE O ARTYKULE

Historia artykułu:
Wpłynął: listopad 2013
Zrecenzowany: grudzień 2013
Zaakceptowany: styczeń 2013

Słowa kluczowe:
pasternak
nasiona
cechy fizyczne
kielkowanie

STRESZCZENIE

Określono prędkość krytyczną unoszenia, podstawowe wymiary (długość, szerokość i grubość) i masę nasion pasternaku zwyczajnego. Na podstawie dokonanych pomiarów obliczono geometryczną średnicę zastępczą, wskaźnik proporcji, wskaźnik sferyczności i masę jednostkową. Następnie przeprowadzono próbę kielkowania nasion, sprawdzając jej efekty co 12 godzin, a każdemu z nasion przypisano odpowiednią wartość wskaźnika czasu kielkowania. Porównano ze sobą powyższe cechy i wskaźniki wykorzystując test *t* dla prób niezależnych i analizę korelacji. Stwierdzono, że skielkowane i niekielkujące nasiona różnią się statystycznie istotnie jedynie pod względem swojej grubości. Pewną poprawę zdolności kielkowania materiału nasiennego można uzyskać przez oddzielanie od niego nasion najlżejszych. W badanym surowcu nasiennym uzyskanie 65% zdolności kielkowania wiązało się ze stratami nasion prawidłowo wytwarzających kielki na poziomie ok. 27%.

Wykaz oznaczeń:

- D_g – geometryczna średnica zastępcza nasiona, (mm)
 E_k – energia kielkowania, (%)
 m – masa cząstki, (mg)
 m_D – masa jednostkowa nasiona, ($\text{g}\cdot\text{m}^{-1}$)
 R – wskaźnik proporcji, (%)
 S – odchylenie standardowe cechy,
 T, W, L – grubość, szerokość i długość cząstki, (mm)
 T_k – czas próby kielkowania nasion, (doba)
 T_n – czas wykształcenia się prawidłowego kielka w nasionie, (doba)
 v – prędkość krytyczna unoszenia cząstki, ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
 V_s – współczynnik zmienności cechy, (%)

- W_k – wskaźnik czasu kiełkowania,
 x, x_{max}, x_{min} – średnia, maksymalna i minimalna wartość cechy,
 Z_k – zdolność kiełkowania, (%)
 Φ – wskaźnik sferyczności, (%)

Wstęp

Pasternak zwyczajny (*Pastinaca sativa* L.) jest rośliną dwuletnią, której naturalnym siedliskiem występowania w stanie dzikim są tereny z klimatem umiarkowanym. Można ją spotkać szczególnie przy drogach, strumieniach, w lasach i na łąkach (Berenbaum i Zangerl, 2006; Tokarska-Guzik i in., 2012). Wymaga gleb głębokich, gliniasto-piaszczystych, zawierających wapń i potas. Jako roślina należąca do rodziny selerowatych w pierwszym roku uprawy wytwarza korzeń spichrzowy, a w drugim pędy kwiatostanowe. Owocem pasternaku jest spłaszczona rozłupka złożona z dwóch niełupek. Nasiona tego gatunku dojrzewają w drugiej połowie lipca (Orłowski i in., 1993; Polowa... 2000). Korzeń palowy, stanowiący część jadalną, może mieć barwę białą, szarą, żółtą lub żółtobrazową. Ze względu na trzykrotnie większą niż u marchwi wartość odżywczą, dużą zawartość minerałów (sole mineralne potasu, wapnia, fosforu i żelaza), witamin (C, B1, B2, E, PP), karotenu oraz składników mających wpływ na wysoką kaloryczność, jest uważany za wspaniałą przekąskę dla osób z nadwagą, miażdżycą i chorobami układu krążenia. Charakterystyczny zapach wydzielany przez olejki eteryczne we wszystkich częściach rośliny sprawia, że nadaje się ona do bezpośredniego użytkowania lub w mieszankach jako przyprawa do różnych potraw (Matuszkiewicz, 2006; Zangerl i in., 2008).

Każda operacja przy produkcji nasion pasternaku jest związana ze stratami tych nasion. Największe z nich występują w trakcie zbioru i czyszczenia. W procesie czyszczenia nasion tego gatunku do odpadu może być skierowane nawet do 50% masy nasion (Orłowski i in., 1993; Polowa... 2000).

Na jakość nasion roślin uprawnych mają wpływ zarówno czynniki genetyczne, jak i środowiskowe (Górnik i Grzesik, 1998; Nik i in., 2011). Wśród tych ostatnich można wyróżnić m.in. skład chemiczny gleby, nawożenie, dostępność wody, temperaturę, naświetlenie oraz umiejscowienie nasion na roślinie (Schopfer i in., 2001; Martinez-Villaluenga i in., 2010; Grzesik i in., 2012; Gruszecki, 2013). Efektywność kiełkowania nasion można poprawiać poprzez wykorzystanie metod chemicznych, fizycznych i fizjologicznych, takich m.in. jak: zaprawianie, otoczkowanie, kondycjonowanie, naświetlanie oraz przetrzymywanie w polu elektromagnetycznym (Andreoli i Khan, 2000; Schopfer i in., 2001; Podleśny, 2004; Lynikiene i in., 2006; Ciupak i in., 2007; Kornarzyński i Pietruszewski, 2008; Muszyński i Gładyszewska, 2008; Domoradzki i Korpala, 2009; Maroufi i Farahani, 2011; Grzesik i in., 2012; Jamil i in., 2012; Krawiec i in., 2012). Na podstawie badań laboratoryjnych oraz polowych (Vera, 1997; Domoradzki i in., 2002; Mut i Akay, 2010; Hojjat, 2011; Nik i in., 2011; Sadeghi i in., 2011; Ahirwar, 2012; Amin i Brinis, 2013) stwierdzono, że skuteczność kiełkowania nasion zależy od ich wymiarów i masy, przy czym większe i cięższe nasiona gwarantują większe i dorodniejsze wschody, co przekłada się również na wyższe plony. Cechą najbardziej związaną ze zdolnością kiełkowania nasion wydaje się być ich masa, gdyż nasiona tzw. dorodne mają odpowiedni zapas substancji koniecznych

do realizacji wschodów. Potwierdzenie tego uzyskano też w badaniach zdolności kiełkowania nasion drzew (Shankar, 2006; Upadhaya i in., 2007; Norden i in., 2009; Kaliniewicz i in., 2012a; 2012b).

W dostępnej literaturze brakuje wyczerpujących informacji na temat występujących współzależności między cechami fizycznymi pasternaku zwyczajnego a ich zdolnością i energią kiełkowania. Poznanie tego związku jest istotne dla prawidłowej realizacji procesów czyszczenia i sortowania nasion, aby można było uzyskać materiał o jak najwyższej jakości siewnej.

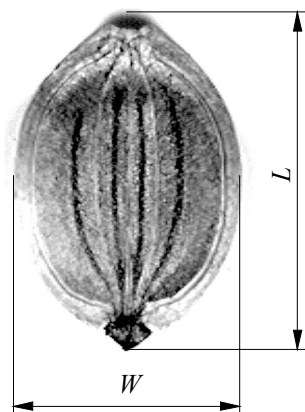
Cel pracy

Celem pracy było określenie współzależności między podstawowymi cechami fizycznymi nasion pasternaku zwyczajnego a ich zdolnością kiełkowania, rozpatrywanych w aspekcie wykorzystania tych danych w planowaniu procesów rozdzielczych.

Material i metody

Materiał badawczy stanowiły nasiona pasternaku zwyczajnego odmiany półdłgi biały wyprodukowane w gospodarstwie indywidualnym w miejscowości Dobielno (52,17°N, 18,85°E) o masie 1211 kg. Zostały one dostarczone do Przedsiębiorstwa Nasiennictwa Ogrodniczego i Szkółkarstwa TORSEED S.A. w Toruniu, gdzie przeszły proces czyszczenia na czyszczalni złożonej Super Petkus K-541 (sito górne – \neq 2,4 mm, sito dolne – \emptyset 2,7 mm, tryjer – \emptyset 2,5 mm). Uzyskano w ten sposób produkt o czystości 98,5%, wilgotności względnej 9,4% oraz zdolności kiełkowania na poziomie 57%. Materiał ten nie spełniał wymagań normy zakładowej zgodnej z zaleceniami ISTA, gdzie do obrotu detalicznego są dopuszczane nasiona o następujących parametrach: czystość – nie mniejsza niż 97%, wilgotność względna – nie większa niż 10%, zdolności kiełkowania – nie mniejsza niż 70%. W związku z powyższym z produktu pobrano próbkę o masie ok. 1 kg i stosując metodę przez przepoławianie (*Nasiennictwo...* 1995) dzielono ją tyle razy, aby próbka badawcza zawierała przynajmniej 150 nasion. Ostatecznie w próbce badawczej znalazło się 160 nasion.

Cechy fizyczne cząstek materiału nasiennego określono za pomocą klasyfikatora pneumatycznego K-293, mikroskopu warsztatowego MWM 2325, grubościomierza z czujnikiem zegarowym i wagi laboratoryjnej WAA 100/C/2 zgodnie z metodyką opisaną w pracy Kaliniewicza i in. (2012a). Jako długość L i szerokość W nasion przyjmowano wymiary przedstawione na rysunku 1, a grubość T nasion stanowił wymiar prostopadły do dwóch poprzednich.



Rysunek 1. Długość L i szerokość W nasion pasternaku zwyczajnego
 Figure 1. Length L and width W of parsnip seeds

Dla każdego nasiona obliczono:

- geometryczną średnicę zastępczą, wskaźnik proporcji i wskaźnik sferyczności (Mohsenin, 1986):

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

$$R = \frac{W}{L} \times 100 \quad (2)$$

$$\Phi = \frac{(T \cdot W \cdot L)^{1/3}}{L} \times 100 \quad (3)$$

- masę jednostkową (Kaliniewicz, 2013):

$$m_D = \frac{m}{D_g} \quad (4)$$

- wskaźnik czasu kiełkowania nasion:

$$W_k = \frac{T_k + 1 - T_n}{T_k + 1} \quad (5)$$

Próbie kiełkowania przeprowadzono umieszczając nasiona pasternaku na nawilżonej bibule w kuwecie, przykrytej od góry taflą szkła. Ubytki wody uzupełniano każdego dnia za pomocą spryskiwacza. Doświadczenie prowadzono przy stosowaniu oświetlenia naturalnego w temperaturze ok. 25°C. Efekty kiełkowania nasion oceniano każdego dnia między godziną 8:00 a 9:00. Do nasion skiełkowanych zaliczano te, u których zauważono kiełek o długości wynoszącej co najmniej 3/4 długości nasiona (*Nasiennictwo...* 1995). Obserwacje prowadzono w okresie 14 pełnych dni (od 12 do 26 czerwca). Energię kiełkowania E_k i zdolność kiełkowania Z_k wyznaczono wg procentowego stosunku liczby nasion skiełkowanych w 7 oraz 14 dniowym okresie pomiarowym do liczby nasion poddanych kiełkowaniu.

Wyniki pomiarów i obliczeń opracowano statystycznie przy użyciu programu Statistica (wersja 10), stosując ogólnie znane procedury statystyczne, takie jak test t dla prób niezależnych i analiza korelacji (Rabiej, 2012). Obliczenia przeprowadzono przy poziomie istotności 0,05.

Wyniki i dyskusja

Charakterystykę cech fizycznych i obliczonych wskaźników nasion pasternaku zwyczajnego przedstawiono w tabeli 1. Najwyższą wartość współczynnika zmienności odnotowano dla wskaźnika czasu kiełkowania (ok. 87%), a najniższą – dla wskaźnika sferyczności (9,5%). Wśród rozważanych cech fizycznych nasion największą zmiennością charakteryzowała się ich masa (ok. 33,5%), a najmniejszą – ich długość (ok. 13,5%). Użyte wskaźniki zmienności poszczególnych cech fizycznych na poziomie powyżej 10% wskazują na to, że materiał badawczy był urozmaicony, a tym samym sposób pobierania próbek badawczej można uznać za prawidłowy. Główne wymiary nasion pasternaku zmieniały się w zakresie:

- grubość – od 0,40 do 1,11 mm,
- szerokość – od 2,45 do 4,94 mm,
- długość – od 3,01 do 6,22 mm.

Tabela 1

Parametry statystyczne rozkładów cech fizycznych i obliczonych wskaźników nasion pasternaku

Table 1

Statistic parameters of physical properties distribution and calculated indexes of parsnip seeds

Cecha fizyczna / wskaźnik	x_{min}	x_{max}	x	S	V_s
v	1,38	3,58	2,50	0,399	16,00
T	0,40	1,10	0,66	0,094	14,23
W	2,45	4,94	3,67	0,541	14,77
L	3,01	6,22	4,63	0,625	13,51
m	0,9	9,0	4,36	1,459	33,45
D_g	1,60	2,79	2,22	0,225	10,13
R	52,36	114,55	76,76	10,942	13,72
Φ	38,89	73,65	48,45	4,603	9,50
m_D	0,43	4,00	1,98	0,688	34,79
W_g	0	0,667	0,305	0,265	86,85

Nasiona pasternaku pod względem średniej grubości były zbliżone m.in. do nasion babki jajowatej (Ahmadi i in., 2012), olszy czarnej (Kaliniewicz i Trojanowski, 2011),

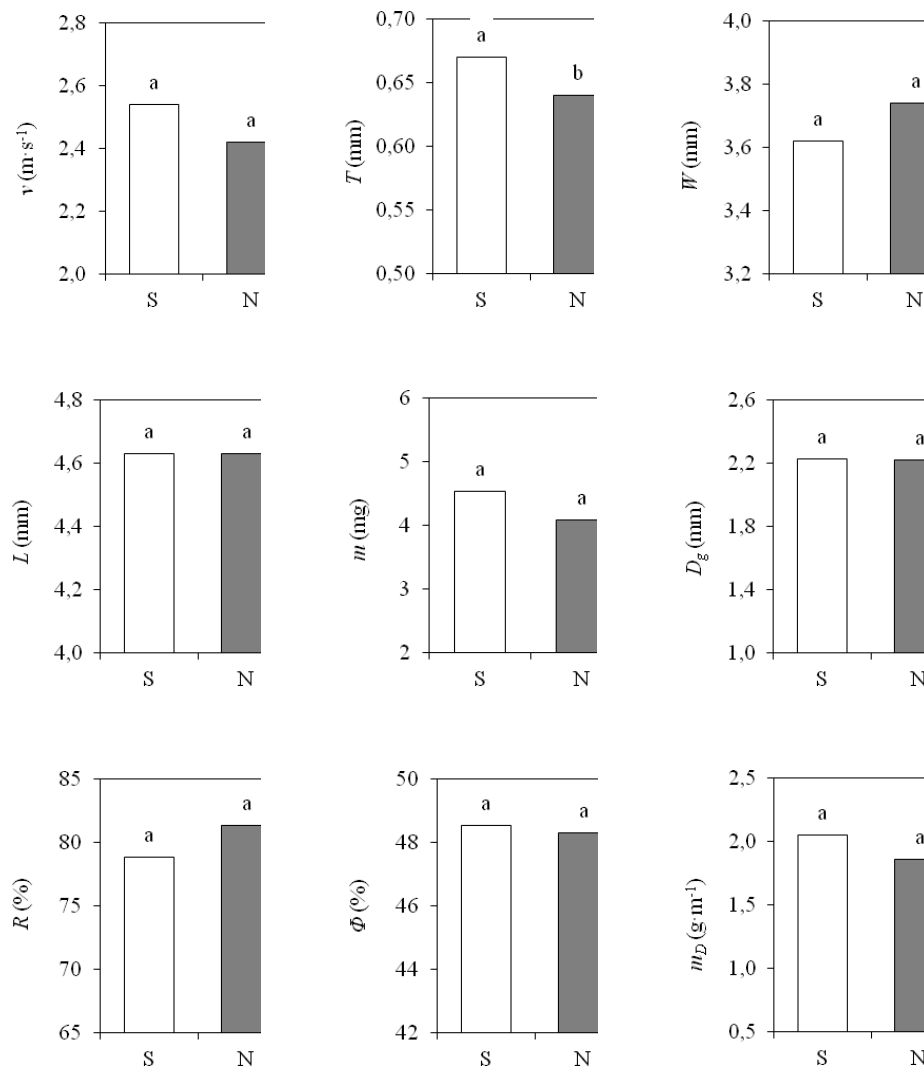
kopru, marchwi, papryki, pomidora, pora oraz selera (Orłowski i in., 1993), pod względem średniej szerokości były podobne do nasion jęczmienia jarego (Hebda i Micek, 2007), ogórka, papryki oraz szpinaku zwyczajnego (Orłowski i in., 1993), a ze względu na średnią długość – do nasion lnu zwyczajnego (Pradhan i in., 2010) oraz kolendry siewnej (Coşkuner i Karababa, 2007). Wyznaczona średnia masa nasiona jest wyższa o masy nasion podawanej przez Gruszeckiego (2013) oraz Hendrixa (1984), co wskazuje, że badany materiał należy określić jako dorodny. Pod względem geometrycznej średnicy zastępczej nasiona pasternaku były podobne m.in. do nasion lnu (Pradhan i in., 2010), a z uwagi na wskaźnik sferyczności – do nasion babki jajowatej (Ahmadi i in., 2012).

Badany materiał nasienny charakteryzował się energią i zdolnością kiełkowania nasion na poziomie $E_k=35,6\%$ i $Z_k=62,5\%$. Nie osiągnął on minimalnej zdolności kiełkowania nasion dopuszczanych do obrotu, gdzie graniczna wartość omawianego wskaźnika wynosi 65% (Orłowski i in., 1993). Wynika z tego, że aby uzyskać zadowalające efekty kiełkowania należy nasiona poddać procesowi uszlachetniania. Jednym ze sposobów poprawy jakości materiału nasiennego może być odseparowanie od niego nasion niekiełkujących, które mogą się różnić pod względem danej cechy rozdzielczej od nasion pełnowartościowych.

Na podstawie testu t dla prób niezależnych (rys. 2) stwierdzono, że skielkowane i niekiełkujące nasiona pasternaku różniły się jedynie pod względem grubości – nasiona niekiełkujące miały mniejszą wartość średnią tej cechy. Dla pozostałych cech fizycznych i obliczonych wskaźników nasion z powyższych grup nie stwierdzono istotnych różnic, choć nasiona niekiełkujące w stosunku do nasion skielkowanych miały mniejszą prędkość krytyczną unoszenia, masę, wskaźnik sferyczności i masę jednostkową, a większą – szerokość i wskaźnik proporcji. W związku z występującymi różnicami w średniej grubości nasion skielkowanych i niekiełkujących poprawy efektów kiełkowania można doszukiwać się przy zastosowaniu przesiewacza z sitami o otworach podłużnych. Jednak dokładna analiza skutków odseparowywania z materiału nasiennego nasion o najmniejszej grubości przy założonych stratach nasion kiełkujących na poziomie nie przekraczającym 5%, nie potwierdziła wysuniętego wcześniej założenia.

Wyniki analizy korelacji liniowej, odnoszącej się do cech fizycznych i obliczonych wskaźników nasion pasternaku przedstawiono w tabeli 2. Jak widać, wartość krytyczna współczynnika korelacji jest przekroczona jedynie dla 20 z 45 porównań. Cechą najliczniej skorelowaną z pozostałymi jest długość nasion (6 z 9 porównań), a najmniej licznie – wskaźnik czasu kiełkowania (1 z 9 porównań). Dość ciekawym dla tego gatunku nasion jest stwierdzenie braku korelacji między ich szerokością i długością a grubością i masą. Może to mieć związek z występowaniem tzw. „skrzydełek” przy nasionach, których rozwój prawdopodobnie nie jest związany z powyższymi cechami. Ze wskaźnikiem czasu kiełkowania najbardziej jest związana masa nasion, choć współczynnik korelacji nie osiągnął poziomu istotności tzw. praktycznej (pow. 0,4).

Współzależność między zdolnością kiełkowania...



Rysunek 2. Porównanie istotności różnic między cechami fizycznymi i obliczonymi wskaźnikami skielkowanych (S) i niekiełkujących (N) nasion pasternaku: a, b – różne litery oznaczają różnice statystycznie istotne

Figure 2. Comparison of significance of differences between physical properties and calculated indexes of germinated (S) and non-germinated (N) parsnip seeds: a,b – various letters mean statistically significant differences

Tabela 2

Współczynniki korelacji liniowej Pearsona między cechami i obliczonymi wskaźnikami nasion pasternaku

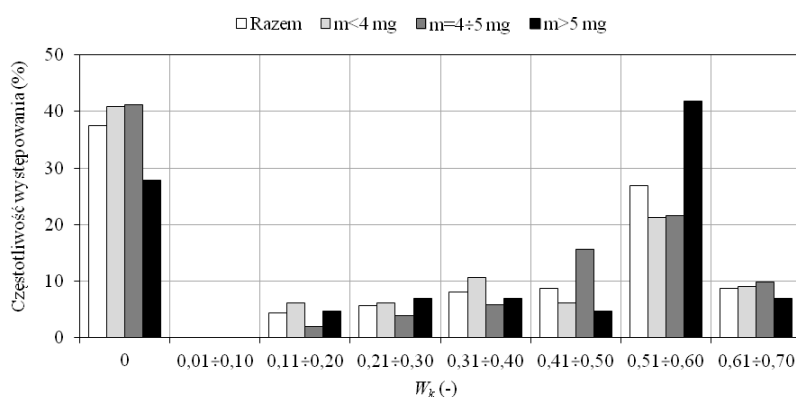
Table 2

Coefficients of Pearson's linear correlation between properties and calculated indexes of parsnip seeds

Cecha fizyczna / wskaźnik	<i>T</i>	<i>W</i>	<i>L</i>	<i>m</i>	<i>D_g</i>	<i>R</i>	Φ	<i>m_D</i>	<i>W_k</i>
<i>v</i>	0,513	-0,132	-0,199	0,588	0,081	0,077	0,401	0,558	0,140
<i>T</i>	1	0,147	0,057	0,231	0,546	0,137	0,523	0,062	0,140
<i>W</i>		1	0,572	-0,034	0,818	0,507	0,052	-0,287	-0,078
<i>L</i>			1	-0,005	0,764	-0,404	-0,656	-0,241	-0,036
<i>M</i>				1	0,081	-0,017	0,124	0,947	0,174
<i>D_g</i>					1	0,120	-0,033	-0,227	0,006
<i>R</i>						1	0,774	-0,059	-0,043
Φ							1	0,132	0,063
<i>m_D</i>								1	0,154

Pogrubienie czcionki oznacza, że wartość współczynnika korelacji jest wyższa od wartości krytycznej
 Bold means that the value of the correlation coefficient is higher than the critical value

Strukturę wskaźnika czasu kiełkowania przed i po podzieleniu materiału nasiennego na trzy frakcje (o prawie jednakowym udziale ilościowym) pod względem masy nasion przedstawiono na rysunku 3. Na podstawie współczynnika czasu kiełkowania można zauważyć, że nasiona kiełkowały między 5 a 13 dniem obserwacji, a najwięcej z nich wytworzyło prawidłowy kiełek w 6 dniu obserwacji. Stwierdzono, że przy zastosowaniu granicy podziałowej wg masy nasion na poziomie $m=5$ mg cięższa frakcja materiału nasiennego charakteryzuje się zdolnością kiełkowania wynoszącą ok. 72%. We frakcji tej znajduje się stosunkowo dużo nasion wcześniej kiełkujących ($W_k=0,51-0,60$), co uwierzytelnia zaprezentowane we wstępie niniejszej pracy przypuszczenie o związku zdolności kiełkowania nasion z ich masą. Przeprowadzone przez autorów obliczenia wykazały, że aby uzyskać materiał nasienny o dopuszczalnej zdolności kiełkowania – 70%, należy od niego oddzielić nasiona najlżejsze przy granicy podziałowej $m=4,8$ mg. Wówczas do odpadu kierowanych będzie aż ok. 64% nasion pasternaku, w których ok. 42% stanowią będą nasiona niekiełkujące, a 58% nasiona żywotne, prawidłowo wytwarzające kiełki. W wyniku tak przeprowadzonego procesu rozdzielczego z surowca nasiennego traconych będzie aż 63% nasion kiełkujących.



Rysunek 3. Histogram rozkładu wskaźnika czasu kiełkowania nasion pasternaku
 Figure 3. Histogram of the distribution of the germination time index of the parsnip seeds

Wnioski

1. Zakres zmienności cech fizycznych nasion pasternaku zwyczajnego zawierał się w przedziałach: prędkość krytyczna unoszenia – 1,38-3,58 m·s⁻¹, grubość – 0,40-1,10 mm, szerokość – 2,45-4,94 mm, długość – 3,01-6,22 mm i masa – 0,9-9,0 mg.
2. W badanym materiale nasiennym pasternaku kiełkujące nasiona miały większą grubość od nasion niekiełkujących, a różnice były statystycznie istotne. W przypadku pozostałych cech i obliczonych wskaźników nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic pomiędzy żywotnymi i nieżywotnymi nasionami. Nasiona niekiełkujące miały w odniesieniu do nasion skiełkowanych mniejszą średnią prędkość krytyczną unoszenia, masę, wskaźnik sferyczności i masę jednostkową, a większą – szerokość i wskaźnik proporcji.
3. Efektywność kiełkowania materiału nasiennego pasternaku można poprawiać przez wydzielanie z niego nasion najlżejszych. W analizowanym surowcu nasiennym dopuszczalną zdolność kiełkowania na poziomie 70% uzyskano przy stratach nasion żywotnych wynoszących 63%. Ze względu na tak wysokie straty nasion prawidłowo wytwarzających kiełki realizacja powyższego procesu wydaje się być nieracjonalna. Poprawy jakości materiału nasiennego tego gatunku należy upatrywać przez stosowanie innych metod uszlachetniania nasion.

Literatura

- Ahirwar, J.R. (2012). Effect of seed size and weight on seed germination of *Alangium lamarckii*, Akola, India. *Research Journal of Recent Sciences*, 1(ISC-2011), 320-322.
- Ahmadi, R.; Kalbasi-Ashtari, A.; Gharibzadeh, S.M.T. (2012). Physical properties of psyllium seed. *International Agrophysics*, 26, 91-93.
- Amin, C.; Brinis, L. (2013). Effect of seed size on germination and establishment of vigorous seedlings in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Advances in Environmental Biology*, 7(1), 77-81.

- Andreoli, C.; Khan, A.A. (2000). Integration of physiological, chemical and biological seed treatments to improve stand establishment and yield of vegetables. *Acta Horticulturae*, 533, 31-38.
- Berenbaum, M.R.; Zangerl, A.R. (2006). Parsnip webworms and host plants at home and abroad: trophic complexity in a geographic mosaic. *Ecology*, 87(12), 3070-3081.
- Ciupak, A.; Szczurowska, I.; Gładyszewska, B.; Pietruszewski, S. (2007). Impact of laser and magnetic field stimulation on the process of buckwheat seed germination. *Technical Sciences*, 10, 1-10.
- Coşkun, Y.; Karababa, E. (2007). Physical properties of coriander seed (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Food Engineering*, 80, 408-416.
- Domoradzki, M.; Korpala, W. (2009). Analiza kiełkowania nasion otoczonych rzodkiewką z zastosowaniem czterech wybranych rodzajów podłoża. *Inżynieria Rolnicza*, 2(111), 27-33.
- Domoradzki, M.; Korpala, W.; Weiner, W. (2002). Badania kalibracji nasion warzyw. *Inżynieria Rolnicza*, 9(42), 75-82.
- Górnik, K.; Grzesik, M. (1998). Genetyczne, siedliskowe i maternalne uwarunkowania jakości nasion. *Postępy Nauk Rolniczych*, 5, 38-47.
- Gruszecki, R. (2013). *Wpływ normy siewu na wielkość i jakość nasion pasternaku*. Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska Lublin – Polonia, XXIII(1), 18-24.
- Grzesik, M.; Janas, R.; Górnik, K.; Romanowska-Duda, Z. (2012). Biologiczne i fizyczne metody stosowane w produkcji i uszlachetnianiu nasion. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 57(3), 147-152.
- Hebda, T.; Micek, P. (2007). Cechy geometryczne ziarna wybranych odmian zbóż. *Inżynieria Rolnicza*, 5(93), 187-193.
- Hendrix, S.D. (1984). Variation in Seed Weight and its Effects on Germination in *Pastinaca Sativa* L. (Umbelliferae). *American Journal of Botany*, 71(6), 795-802.
- Hojjat, S.S. (2011). Effects of size on germination and seedling growth of some Lentil genotypes (*Lens culinaris* Medik.). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 3(1), 1-5.
- Jamil, Y.; Haq, Z.; Iqbal, M.; Perveen, T.; Amin, N. (2012). Enhancement in growth and yield of mushroom using magnetic field treatment. *International Agrophysics*, 26, 375-380.
- Kaliniewicz, Z. (2013). Analysis of frictional properties of cereal seeds. *African Journal of Agricultural Research*, 8(45): 5611-5621.
- Kaliniewicz, Z.; Markowski, P.; Anders, A.; Rawa, T.; Liszewski, A.; Fura, S. (2012a). Correlations between the germination capacity and selected attributes of European larch seeds (*Larix decidua* Mill.). *Technical Sciences*, 15(2), 229-242.
- Kaliniewicz, Z.; Markowski, P.; Rawa, T.; Grabowski, A.; Fura, S. (2012b). Współzależność między zdolnością kiełkowania a wybranymi cechami nasion świerka pospolitego (*Picea abies*). *Inżynieria Przetwórstwa Spożywczego*, 1/4, 13-17.
- Kaliniewicz, Z.; Trojanowski, A. (2011). Analiza zmienności i korelacji wybranych cech fizycznych nasion ołszy czarnej. *Inżynieria Rolnicza*, 8(133), 167-172.
- Kornarzyński, K.; Pietruszewski, S. (2008). Wpływ zmiennego pola magnetycznego na kiełkowanie nasion o niskiej zdolności kiełkowania. *Acta Agrophysica*, 11(2), 429-435.
- Krawiec, M.; Dziwulska-Hunek, A.; Kornarzyński, K.; Palonka, S. (2012). Wpływ wybranych czynników fizycznych na kiełkowanie nasion rzodkiewki (*Raphanus sativus* L.). *Acta Agrophysica*, 19(4), 737-748.
- Lynikiene, S.; Pozeliene, A.; Rutkauskas, G. (2006). Influence of corona discharge field on seed viability and dynamics of germination. *International Agrophysics*, 20, 195-200.
- Maroufi, K.; Farahani, H.A. (2011). Increasing of Germination by Hydropriming Method in Radish (*Raphanus Sativus* L.). *Advances in Environmental Biology*, 5(10), 3440-3443.
- Martinez-Villaluenga, C.; Peñas, E.; Ciska, E.; Piskula, M.K.; Kozłowska, H.; Vidal-Valverde, C.; Frias, J. (2010). Time dependence of bioactive compounds and antioxidant capacity during germination of different cultivars of broccoli and radish seed. *Food Chemistry*, 120, 710-716.

- Matuszkiewicz, W. (2006). *Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski*. PWN, Warszawa, ISBN 83-01-14439-4.
- Mohsenin, N.N. (1986). *Physical properties of plant and animal materials*. Gordon and Breach Science Public, New York.
- Muszyński, S.; Gładyszewska, B. (2008). Representation of He-Ne laser irradiation effect on radish seeds with selected germination indices. *International Agrophysics*, 22, 151-157.
- Mut, Z.; Akay, H. (2010). Effect of seed size and drought stress on germination and seedling growth of naked oat (*Avena sativa* L.). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 16(4), 459-467.
- Nasiennictwo leśnych drzew i krzewów iglastych*. 1995. Red. A. Załęski. Oficyna Edytorska „Wydawnictwo Świat”, Warszawa, ISBN 83-85597-27-1.
- Nik, M.M.; Babaeian, M.; Tavassol, A. (2011). Effect of seed size and genotype on germination characteristic and seed nutrient content of wheat. *Scientific Research and Essays*, 6(9), 2019-2025.
- Norden, N.; Daws, M.I.; Antoine, C.; Gonzalez, M.A.; Garwood, N.C.; Chave, J. (2009). The relationship between seed mass and mean time to germination for 1037 tree species across five tropical forests. *Functional Ecology*, 23(1), 203-210.
- Orłowski, M.; Słodkowski, P.; Abramowicz, M. (1993). *Nasiennictwo roślin warzywnych*. Skrypt do ćwiczeń. Wyd. Akademia Rolnicza, Szczecin.
- Podleśny, J. (2004). Wpływ stymulacji magnetycznej nasion na wzrost, rozwój i plonowanie roślin uprawnych. *Acta Agrophysica*, 4(2), 459-473.
- Polowa uprawa warzyw*. 2000. Red. M. Orłowski. Wyd. BRASIKA, Szczecin, ISBN 83-902821-5-1.
- Pradhan, R.C.; Meda, V.; Naik, S.N.; Tabil, L. (2010). Physical properties of Canadian grown flaxseed in relation to its processing. *International Journal of Food Properties*, 13, 732-743.
- Rabiej, M. (2012). *Statystyka z programem Statistica*. Wyd. Helion, Gliwice, ISBN 978-83-246-4110-9.
- Sadeghi, H.; Khazaei, F.; Sheidaei, S.; Yari, L. (2011). Effect of seed size on seed germination behavior of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *ARP Journal of Agricultural and Biological Science*, 6(4), 5-8.
- Schopfer, P.; Plachy, C.; Frahy, G. (2001). Release of Reactive Oxygen Intermediates (Superoxide Radicals, Hydrogen Peroxide, and Hydroxyl Radicals) and Peroxidase in Germination Radish Seeds Controlled by Light, Gibberellin, and Abscisic Acid. *Plant Physiology*, 125, 1591-1602.
- Shankar, U. (2006). Seed size as a predictor of germination success and early seedling growth in ‘hollong’ (*Dipterocarpus macrocarpus* Vesque). *New Forests*, 31, 305-320.
- Tokarska-Guzik, B.; Dajdok, D.; Zając, M.; Zając, A.; Urbisz, A.; Danielewicz, W. (2012). *Rośliny obcego pochodzenia w Polsce ze szczególnym uwzględnieniem gatunków inwazyjnych*. Wyd. Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska, Warszawa, ISBN 978-83-62940-34-9.
- Upadhaya, K.; Pandey, H.N.; Law, P.S. (2007). The Effect of Seed Mass on Germination, Seedling Survival and Growth in *Prunus jenkinsii* Hook.f. & Thoms. *Turkish Journal of Botany*, 31, 31-36.
- Vera, M.L. (1997). Effects of altitude and seed size on germination and seedling survival of heathland plants in north Spain. *Plant Ecology*, 133, 101-106.
- Zangerl, A.R.; Stanley, M.C.; Berenbaum, M.R. (2008). Selection for chemical trait remixing in an invasive weed after reassociation with a coevolved specialist. *PNAS*, 105(12), 4547-4552.

**INTERDEPENDENCE BETWEEN GERMINATION ABILITY
AND THE SELECTED PROPERTIES OF PARSNIP SEEDS
(*PASTINACA SATIVA* L.)**

Abstract. Critical velocity of transportation, basic dimensions (length, width and thickness) as well as the mass of parsnip seeds was determined. Based on the measurements which were carried out, a geometrical hydraulic diameter, proportion index, spherical index and unit mass were calculated. A test of seeds germination was carried out by checking out the effects every 12 hours and then appropriate value of the germination time index was assumed to each seed. The above features and indexes were compared with the use of t test for independent tests and the correlation analysis. It was stated that germinated and non-germinated seeds differ statistically significantly only on account of their thickness. Some improvement of the germination ability of the seed material may be obtained by separating lighter seeds therefrom. In the tested seed material, obtaining 65% of germination ability was related to losses of seeds, which correctly produce sprouts at the level of approx 27%.

Key words: parsnip, seeds, physical properties, sprouts