

JANETTA NIEMANN<sup>1</sup>, KAROLINA LUBBE<sup>1</sup>, ANDRZEJ WOJCIECHOWSKI<sup>1</sup>,  
JOANNA KACZMAREK<sup>2</sup>, JERZY NAWRACAŁA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Katedra Genetyki i Hodowli Roślin  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

<sup>2</sup>Zakład Genetyki Patogenów i Odporności Roślin  
Instytut Genetyki Roślin Polskiej Akademii Nauk w Poznaniu

## OCENA SAMONIEZGODNOŚCI I ZGODNOŚCI KRZYŻOWEJ U ALLOPLOIDALNYCH I DIPLOIDALNYCH GATUNKÓW GORCZYC

EVALUATION OF SELF-INCOMPATIBILITY AND CROSSABILITY  
IN ALLOPLOID AND DIPLOID MUSTARD SPECIES

**Streszczenie.** W pracy oceniano samoniezgodność i zgodność krzyżową dwóch gatunków gorczyce alloploidalnych: *Brassica juncea* (AABB,  $2n = 36$ ) i *B. carinata* (BBCC,  $2n = 34$ ) oraz dwóch gatunków gorczyce diploidalnych: *B. nigra* (BB,  $2n = 16$ ) i *Sinapis alba* (SS,  $2n = 24$ ). Zgodność kojarzeniową analizowano na podstawie obserwacji pod mikroskopem fluorescencyjnym stopnia kiełkowania ziaren pyłku i wnikania łagiewek pyłkowych w poszczególne części słupka oraz obliczonego wskaźnika PGI (indeks kiełkowania pyłku). Na podstawie wyników badań stwierdzono samozgodność badanych gatunków alloploidalnych i samoniezgodność gatunków diploidalnych. Krzyżowania pomiędzy odmianami *S. alba* cv. 'Bamberka' i 'Warta', roślinami siostrzanymi *B. nigra* oraz pomiędzy genotypami *B. carinata* wykazały ich zgodność kojarzeniową.

**Słowa kluczowe:** samoniezgodność, gorczyce, zgodność kojarzeniowa, indeks kiełkowania pyłku

### Wstęp

Od lat dziewięćdziesiątych XX wieku obserwuje się wzrost zainteresowania uprawą gorczyce w Polsce i na świecie. Rośliny te mają szerokie zastosowanie w przemyśle spożywczym, farmaceutycznym, kosmetycznym, chemicznym, a także energetycznym (Sawicka i Kotiuk, 2006). Uprawiane gatunki gorczyce można zaliczyć do roślin wielofunkcyjnych ze względu na bogaty skład chemiczny ich nasion i części nadziemnych,

wysoką wydajność miododajną, a także allelopatyczne oddziaływanie korzeni. Gorczyce są wykorzystywane jako rośliny poplonowe i fitosanitarne o dużym znaczeniu mątwikobójczym, zmniejszające występowanie szkodników i chorób atakujących rośliny zbożowe (Majchrzak i in., 2005; Sawicka i Kotiuk, 2007). W porównaniu z rzepakiem jarym gorczyce wykazują większą odporność (zwłaszcza gorczyca biała) na suszę i mróz oraz mogą być uprawiane na lżejszych glebach. W związku z powyższym gorczyce mogłyby stanowić doskonałą alternatywę dla roślin wykorzystywanych w celu wyżywienia człowieka lub być źródłem surowców dla przemysłu spożywczego, paszowego, chemicznego, kosmetycznego czy nawet energetycznego (Muśnicki i in., 1997). Z tych powodów obecnie w wielu ośrodkach naukowych prowadzone są prace hodowlane zmierzające do uzyskania odmian gorzyc o wartości nasion podobnej do rzepaku podwójnie ulepszanego (0,0), tj. do zmniejszenia zawartości kwasu erukowego w oleju poniżej 2%, zmniejszenia zawartości glukozyzolanów poniżej 30  $\mu\text{M/g}$  s.m. beztłuszczowej śruty oraz do zwiększenia zawartości tłuszczu w nasionach (Toboła, 2010).

Prowadzenie hodowli nowych odmian wymaga wiedzy na temat naturalnych mechanizmów kontrolujących zapylenie u badanych gatunków. Najczęstszym sposobem wykorzystywanym przez rośliny w celu uniknięcia samozapłodnienia jest samonieźgodność, czyli fizjologiczna bariera utrudniająca bądź uniemożliwiająca samozapłodnienie uwarunkowana genetycznie. Występujący u *Brassicaceae* system samo(nie)zgodności sporofitowej (SI – *self-incompatibility* / SC – *self-compatibility*) jest jednym z najlepiej poznanych. W tym typie samonieźgodności rozpoznanie i odrzucenie niezgodnych ziaren pyłku odbywa się na powierzchni znamienia słupka. Obecnie wiadomo, że u *Brassicaceae* cecha samonieźgodności jest sporofitycznie kontrolowana przez jeden wieloalleliczny gen S, który decyduje o fenotypie słupka i pyłku (Nasrallah i Nasrallah, 1993). Dzięki badaniom molekularnym, przeprowadzonym głównie u *B. rapa* i *B. oleracea*, scharakteryzowano zarówno geny obecne w locus S, jak i białka będące efektem ich ekspresji (Misra, 2010).

U gatunków z rodzaju *Brassica* identyfikację różnych alleli S prowadzono najczęściej na podstawie klasycznego krzyżowania linii o nieznanach allelach z liniami o znanym S haplocyocie (Ruffio-Châble, 1998). Jednakże metoda ta nie może być stosowana do rozróżniania alleli u częściowo samozgodnych linii (SC), u których identyfikacja alleli samonieźgodności wymaga obserwacji kiełkowania łagiewek pyłkowych lub zawiązywania nasion. Ostatnio udało się wprawdzie otrzymać zróżnicowane linie SI i SC w celu wyprowadzenia wysokoplennych odmian gorzycy białej (Cheng i in., 2012), jednak pomimo to nadal jest zauważalny brak doniesień literaturowych dotyczących genetyczno-molekularnych badań nad cechą samonieźgodności u gorzyc. W tym kontekście zrozumienie genetycznego podłoża samonieźgodności u różnych gatunków gorzyc oraz poszerzenie zakresu badań dotyczących tego zagadnienia wydaje się konieczne i w pełni uzasadnione (Zeng i Cheng, 2014).

Celem przeprowadzonego doświadczenia była ocena samonieźgodności i zgodności krzyżowej u wybranych gatunków gorzyc.

## Material i metody

Do badań wykorzystano sześć genotypów z dwóch gatunków allopoloidalnych gorczyc: *B. juncea* (AABB,  $2n = 36$ ) – cztery genotypy: CR 1828/02 [1], CR 116/99 [2], CR 105/99 [3], CR 2622/87 [4] i *B. carinata* (BBCC,  $2n = 34$ ) – dwa genotypy: 6208006807 [1], cv. ‘Dodolla’ [2] oraz trzy genotypy z dwóch gatunków diploidalnych gorczyc: *S. alba* (SS,  $2n = 24$ ) – odmiany ‘Bamberka’ [1] i ‘Warta’ [2] oraz jeden genotyp z gatunku *B. nigra* (BB,  $2n = 16$ ). Nasiona analizowanych gatunków rodzaju *Brassica* zostały sprowadzone z Banku Genów Instytutu Genetyki i Uprawy Roślin (IPK) w Gatersleben (Niemcy), natomiast nasiona *S. alba* odmian ‘Bamberka’ i ‘Warta’ pochodziły z kolekcji Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Poznaniu.

Doświadczenie założono w kwietniu 2013 roku w szklarni Katedry Genetyki i Hodowli Roślin Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Zbadano dwa sposoby zapylenia: kontrolowane samozapylenia (SP – *self-pollination*) oraz zapylenia pomiędzy analizowanymi gatunkami i odmianami gorczyc (CP – *cross-pollination*). W każdej kombinacji zapylano od 35 do 50 kwiatów. Kastrację wykonywano w stadium wyrosniętego pąka i bezpośrednio po tym pyłek наносono na znamię rośliny matecznej. W celu oceny zgodności kojarzeniowej na podstawie kielkowania łagiewek pyłkowych zapyłone słupki pobierano po 48 h od momentu zapylenia. W każdej kombinacji zapylenia utrwalano po sześć słupków. Schemat przeprowadzonych kombinacji zapylenia przedstawiono w tabelach 1 i 2.

Tabela 1. Indeks kielkowania pyłku (PGI) po samozapyleniu i zapyleniu krzyżowym dwóch allopoloidalnych gatunków gorczyc

Table 1. Pollen grain germination index (PGI) after self-pollination and cross-pollination of two allopolyploid mustard species

Kombinacja zapylenia Combination of pollination	PGI 48 h po zapyleniu PGI 48 h after pollination	Kombinacja zapylenia Combination of pollination	PGI 48 h po zapyleniu PGI 48 h after pollination
1	2	3	4
Samozapylenie – Self-pollination <i>B. juncea</i> [1]	2,60	Samozapylenie – Self-pollination <i>B. juncea</i> [4]	2,00
Zapylenie krzyżowe Cross-pollination		Zapylenie krzyżowe Cross-pollination	
<i>B. juncea</i> [1] × <i>B. juncea</i> [2]	2,25	<i>B. juncea</i> [4] × <i>B. juncea</i> [1]	2,25
<i>B. juncea</i> [1] × <i>B. juncea</i> [3]	1,87	<i>B. juncea</i> [4] × <i>B. juncea</i> [2]	2,25
<i>B. juncea</i> [1] × <i>B. juncea</i> [4]	1,97	<i>B. juncea</i> [4] × <i>B. juncea</i> [3]	1,65
Samozapylenie – Self-pollination <i>B. juncea</i> [2]	2,09	Samozapylenie – Self-pollination <i>B. carinata</i> [1]	2,09

Tabela 1 – cd. / Table 1 – cont.

1	2	3	4
Zapylenie krzyżowe Cross-pollination		Zapylenie krzyżowe Cross-pollination	
<i>B. juncea</i> [2] × <i>B. juncea</i> [1]	2,09	<i>B. carinata</i> [1] × <i>B. carinata</i> [2]	2,25
<i>B. juncea</i> [2] × <i>B. juncea</i> [3]	2,17	Samozapylenie – Self-pollination: <i>B. carinata</i> [2]	2,09
<i>B. juncea</i> [2] × <i>B. juncea</i> [4]	2,25		
Samozapylenie – Self-pollination <i>B. juncea</i> [3]	2,13	Zapylenie krzyżowe Cross-pollination	
Zapylenie krzyżowe Cross-pollination		<i>B. carinata</i> [2] × <i>B. carinata</i> [1]	2,25
<i>B. juncea</i> [3] × <i>B. juncea</i> [1]	2,09		
<i>B. juncea</i> [3] × <i>B. juncea</i> [2]	2,09		
<i>B. juncea</i> [3] × <i>B. juncea</i> [4]	1,67		

Tabela 2. Indeks kiełkowania pyłku (PGI) po samozapyleniu i zapyleniu krzyżowym dwóch diploidalnych gatunków gorczyc  
Table 2. Pollen grain germination index (PGI) after self-pollination and cross-pollination of two diploid mustard species

Kombinacja zapylenia Combination of pollination	PGI 48 h po zapyleniu PGI 48 h after pollination
Samozapylenie – Self-pollination <i>Sinapis alba</i> [1]	1,57
Zapylenie krzyżowe – Cross-pollination <i>Sinapis alba</i> [1] × <i>Sinapis alba</i> [2]	2,25
Samozapylenie – Self-pollination <i>Sinapis alba</i> [2]	1,50
Zapylenie krzyżowe – Cross-pollination <i>Sinapis alba</i> [2] × <i>Sinapis alba</i> [1]	2,09
Samozapylenie – Self-pollination <i>Brassica nigra</i>	1,95

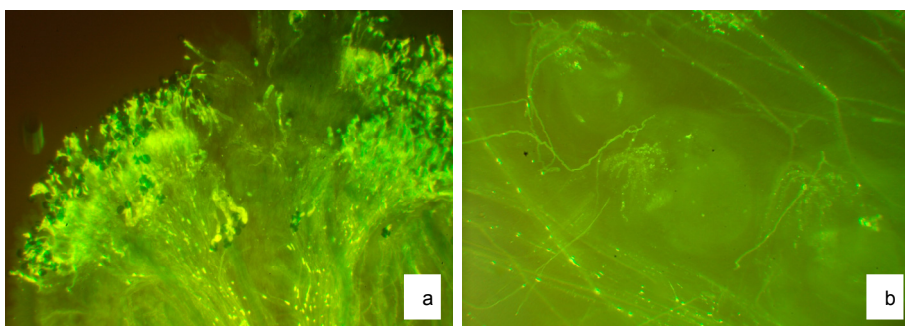
Obserwacje kiełkowania ziaren pyłku i wnikania łagiewek pyłkowych wykonano z zastosowaniem techniki fluorescencyjnej (Antkowiak i Wojciechowski, 2006). Do oznaczania stopnia kiełkowania ziaren pyłku na znamieniu i wnikania łagiewek pyłkowych w dalsze części słupka posłużono się umowną skalą sześciostopniową, w której 0 oznacza brak łagiewek pyłkowych i kiełkujących ziaren pyłku, od 1 do 4 – oznacza wartości pośrednie, a 5 – największe ilości kiełkujących ziaren pyłku i łagiewek pyłkowych.

Na podstawie otrzymanych wartości obliczono wskaźnik PGI (*pollen grain germination index*) w celu oceny stopnia samoniezgodności (SI), samozgodności (SC) lub zgodności kojarzeniowej (CC) badanych genotypów. Wartość tego współczynnika obliczono ze wzoru:  $PGI = (b + 2c + 3d + 4e)/(a + b + c + d + e)$ , gdzie: a – liczba słupków,

na które został naniesiony pyłek, b – liczba słupków, na których brak jest kiełkujących ziaren pyłku, c – liczba słupków z kiełkującymi ziarnami pyłku, d – liczba słupków, w których kiełkujące łagiewki wnikają do tkanek słupka, e – liczba słupków, w których łagiewki wnikają do ziaren pyłku. Według metodyki podanej przez Matsuzawę (1983) przyjęto, że gdy wskaźnik PGI po 48 h od momentu zapylenia osiąga wartość równą 2 lub większą od niej – dany pyłek jest zgodny, a więc zdolny do zapylenia danej rośliny, natomiast gdy wskaźnik PGI jest mniejszy od 2 – dany pyłek jest niezgodny.

## Wyniki i dyskusja

Przeprowadzone analizy wykazały, że we wszystkich badanych kombinacjach krzyżowania ziarna pyłku (ZP) w mniejszym lub większym stopniu kiełkowały już na znamieniu słupka. Średnia ocena kiełkowania na znamieniu była wysoka – 4,37, tzn. na znamionach obserwowano duże ilości kiełkujących ziaren pyłku (rys. 1 a). Najmniejsze średnie wartości oceny kiełkowania na znamieniu zanotowano w przypadku samozapylenia odmian ‘Bamberka’ (2,40) i ‘Warta’ (2,00) z gatunku *S. alba*. We wszystkich kombinacjach można było również zaobserwować łagiewki wnikające do szyjki słupka, jednak średnia ocena liczby kiełkujących łagiewek w szyjce słupka – 3,30 – była niższa od średniej, jaką otrzymano dla znamienia. Największe zróżnicowanie pomiędzy kombinacjami obserwowano pod względem wnikania łagiewek pyłkowych do zalążków. Po samozapyleniu odmian ‘Warta’ i ‘Bamberka’ (*S. alba*) oraz w kombinacji krzyżowania *B. juncea* [3] × *B. juncea* [4] nie obserwowano wnikania łagiewek do zalążków. Bardzo słabe wnikanie stwierdzano również prawie we wszystkich kombinacjach zapyleń w obrębie *B. juncea*. Najmniej łagiewek pyłkowych w zalążkach (1,17) odnotowano, kiedy zapyliczaczem był genotyp *B. juncea* [1] oraz przy samozapyleniu (1,5) roślin geno-



Rys. 1. Kielkowanie ziaren pyłku i wzrost łagiewek pyłkowych w słupkach analizowanych gatunków gorczyc: a – ziarna pyłku kiełkujące na znamieniu, 48 h po samozapyleniu *Brassica juncea*, b – łagiewki pyłkowe w zalążni, 48 h po obcozapyleniu: *Brassica carinata* [2] × *Brassica carinata* [1]

Fig. 1. Pollen germination and pollen tube elongation in pistils of analysed mustards species: a – pollen grains germinating on the stigma, 48 h after self-pollination of *Brassica juncea*, b – pollen tubes in the ovary, 48 h after cross-pollination: *Brassica carinata* [2] × *Brassica carinata* [1]

typu *B. juncea* [3]. Obserwacje stopnia kiełkowania ZP i wnikanie łagiewek pyłkowych u *B. carinata* wykazały, że we wszystkich przeprowadzonych krzyżowaniach efektywność wnikania łagiewek do załączków była mała.

Obserwacje stopnia kiełkowania ziaren pyłku na znamieniu słupka, a następnie wnikania łagiewek w poszczególne części słupka były podstawą do obliczenia wskaźnika PGI, który posłużył do oceny samozgodności i zgodności kojarzeniowej w obrębie gatunków *B. juncea*, *B. carinata*, *S. alba* i *B. nigra* (tab. 1 i 2).

W przypadku wszystkich samozapylen przeprowadzonych na czterech genotypach *B. juncea* wyliczony indeks PGI większy od 2 potwierdził samozgodność tego alloploidalnego gatunku. Drugim badanym alloploidem był gatunek *B. carinata*, u którego w przypadku obu badanych genotypów także obserwowano samozgodność na podstawie wartości wskaźnika PGI (rys. 1 b). Samozgodność gatunków *B. juncea* i *B. carinata* potwierdzają również w swoich pracach Misra (2010) oraz Chandrashekar i in. (2013). W krzyżowaniach wykonanych w przeprowadzonym doświadczeniu między genotypami [1], [2], [3] i [4] *B. juncea* w większości przypadków obserwowano zgodność kojarzeniową, natomiast jednokierunkowo niezgodne okazały się kombinacje: *B. juncea* [1] × *B. juncea* [3], *B. juncea* [1] × *B. juncea* [4], u których obserwowano niewielką liczbę kiełkujących łagiewek pyłkowych, a indeks PGI przyjmował wartości poniżej 2 (1,87 i 1,94, odpowiednio) (tab. 1). Dwukierunkową niezgodność wykazano, zapyłając *B. juncea* [3] pyłkiem pochodzącym z genotypu *B. juncea* [4], jak również w zapyleniu odwrotnym, tzn. *B. juncea* [4] × *B. juncea* [3]. W tych kombinacjach krzyżowania obserwowano tylko nieliczne łagiewki pyłkowe w załąźni, a wartość indeksu PGI wynosiła < 2. Zgodnie z powszechnie przyjętym schematem zjawiska samoniezgodności sporofitycznej, otrzymany wynik może świadczyć o tym, że w przypadku genotypów [3] i [4] *B. juncea* zarówno w słupku, jak i w kiełkujących na znamieniu ziarnach pyłku znajdowały się takie same allele samoniezgodności.

Przeprowadzono również badania dwóch diploidalnych gatunków gorczyc *S. alba* i *B. nigra*. Wyniki pokrywają się z doniesieniami innych badaczy i jednoznacznie wskazują, że oba gatunki są samoniezgodne (Misra, 2010; Śnieżko i Winiarczyk, 1996). Podobnie jak gorczyca biała (*S. alba*), również samozapyłana gorczyca czarna (*B. nigra*) charakteryzowała się małą wartością wskaźnika PGI, co potwierdziło słabą intensywność kiełkujących ziaren pyłku i małą liczbę łagiewek obserwowanych w załąźni słupka. W przypadku gorczycy białej po zapyleniu odmiany 'Bamberka' pyłkiem odmiany 'Warta' intensywność kiełkowania łagiewek pyłkowych była duża, a indeks PGI wyniósł 2,25. Podobne wyniki otrzymano w przypadku zapylenia odwrotnego, tj. odmiany 'Warta' pyłkiem pochodzącym z odmiany 'Bamberka' (PGI 2,09). Wartość wskaźnika PGI i fakt otrzymania nasion z krzyżowania między dwiema roślinami należącymi do gatunku *S. alba* pozwalają stwierdzić, iż jest on zgodny w zapyleniu siostrzanym. Na tej podstawie można przypuszczać, że allele znajdujące się w słupku oraz te charakteryzujące ziarna pyłku odmian 'Warta' i 'Bamberka' były różne, tym samym więc umożliwiały proces kiełkowania łagiewek i ich wnikanie do załąźni i załączków. Zgodność krzyżowań międzyodmianowych w obrębie gatunku *S. alba* udowodnili również Krzymański i in. (1990) oraz Piętko i in. (2010).

Generalnie brak jest danych literaturowych na temat krzyżowań przemiennych w obrębie poszczególnych gatunków gorczyc, a *B. carinata* jest gatunkiem z rodzaju

*Brassica*, dla którego przeprowadzono najmniej badań dotyczących zgodności kojarzeniowej (Fitz i in., 2007). Wiadomo natomiast, że z powodzeniem są otrzymywane mieszańce między gatunkami *B. juncea* i *B. carinata* (Chang i in., 2007; Fitz i in., 2007).

Większość badań w obrębie rodzaju *Brassica* dotyczy zgodności kojarzeniowej między *B. napus* i innymi gatunkami, dlatego trudno skonfrontować wyniki dotyczące zapylania pomiędzy poszczególnymi genotypami w obrębie konkretnego gatunku gorczyc z danymi literaturowymi. Jedynie Bhat i Sarla (2004) potwierdzają zgodność kojarzeniową gorczycy czarnej z innymi gorzycami na podstawie krzyżowania *B. juncea* × *B. nigra*.

## Wnioski

1. Samozgodność zaobserwowano u wszystkich badanych genotypów należących do allopoloidalnych gatunków *B. juncea* oraz *B. carinata*.

2. Samonieżgodne okazały się gatunki diploidalne: gorczyca biała (*S. alba*) oraz gorczyca czarna (*B. nigra*).

3. Jednokierunkową niezgodność kojarzeniową obserwowano w przypadku zapylania *B. juncea* [1] × *B. juncea* [3] i × *B. juncea* [4].

4. Dwukierunkową niezgodność kojarzeniową obserwowano w kombinacji zapylania *B. juncea* [3] × *B. juncea* [4].

5. Dobór komponentów rodzicielskich dla przeprowadzanych krzyżowań jest kluczowym elementem pozwalającym na uzyskanie sukcesu hodowlanego.

## Literatura

- Antkowiak, W., Wojciechowski, A. (2006). The evaluation of self-compatibility and crossability in the genus *Pyrus* based on the observation of pollen tubes growth. *Acta Agrobot.*, 59, 1, 91–97.
- Bhat, S., Sarla, N. (2004). Identification and overcoming barriers between *Brassica rapa* L. em. Metzg. and *B. nigra* (L.) Koch crosses for the resynthesis of *B. juncea* (L.). *Genet. Resour. Crop Evol.*, 51, 5, 455–469.
- Chandrashekar, U. S., Dadlani, M., Vishwanath, K., Chakrabarty, S. K., Manjunath Prasad, C. T. (2013). Study of morpho-physiological, phenological and reproductive behaviour in protogynous lines of Indian mustard [*Brassica juncea* (L.)]. *Euphytica*, 193, 2, 277–291.
- Chang, C., Uesugi, R., Hondo, K., Kakihara, F., Kato, R. (2007). The effect of the cytoplasm of *Brassica napus* and *B. juncea* on some characteristics of *B. carinata*, including flower morphology. *Euphytica*, 158, 1–2, 261–270.
- Cheng, B. F., Williams, D. J., Zhang, Y. (2012). Genetic variation in morphology, seed quality and self-(in)compatibility among the inbred lines developed from a population variety in out-crossing yellow mustard (*Sinapis alba*). *Plants*, 1, 16–26.
- Fitz, J. T., Armstrong, T., Newstrom-Lloyd, L., Wilton, A., Cochrane, M. (2007). Hybridisation within *Brassica* and allied genera: evaluation of potential for transgene escape. *Euphytica*, 158, 1–2, 209–230.
- Krzymański, J., Piętka, T., Ratajska, I., Byczyńska, B., Krótka, K. (1990). Selekcja gorczycy białej o niskiej zawartości glukozynolanów. *Rośl. Oleiste – Oilseed Crops*, 12, 1, 13–17.

- Majchrzak, B., Waleryś, Z., Ciska, E. (2005). Wartość fitosanitarna roślin kapustnych jako przedplonów dla zbóż. I. Zawartość glukozyzolanów w łodygach i korzeniach dojrzałych roślin z rodziny *Brassicaceae*. Rośl. Oleiste – Oilseed Crops, 26, 1, 199–209.
- Matsuzawa, Y. (1983). Studies on the interspecific and intergeneric crossability in *Brassica* and *Raphanus*. Spec. Bull. Coll. Agric. Utsunomiya Univ., 39.
- Misra, A. K. (2010). Oilseed *Brassica* germplasm: status, utilization and priorities. Ecol. Biol., 42, 1–13.
- Muśnicki, Cz., Toboła, P., Muśnicka, B. (1997). Produkcyjność alternatywnych roślin oleistych w warunkach Wielkopolski oraz zmienność ich plonowania. Rośl. Oleiste – Oilseed Crops, 18, 2, 269–278.
- Nasrallah, J. B., Nasrallah, M. E. (1993). Pollen-stigma signaling in the sporophytic self-incompatibility response. Plant Cell, 5, 1325–1335.
- Piętka, T., Krótka, K., Krzymański, J. (2010). Pierwsza podwójnie ulepszona odmiana gorczycy białej (*Sinapis alba* L.). Rośl. Oleiste – Oilseed Crops, 31, 2, 403–413.
- Ruffio-Châble, V. (1998). Complexity of self-incompatibility phenotype in *Brassica*: its measure and some thoughts about its genetic control. Acta Hort. (Rennes), 459, 281–288.
- Sawicka, B., Kotiuk, E. (2006). Evaluation of health safety of mustards in the obligatory norms. Acta Sci. Pol. Technol. Aliment., 5, 2, 165–177.
- Sawicka, B., Kotiuk, E. (2007). Gorczyce jako rośliny wielofunkcyjne. Acta Sci. Pol. Technol. Aliment., 6, 2, 17–27.
- Śnieżko, R., Winiarczyk, K. (1996). Pollen tube incompatibility reaction on the sigma in self-pollinated *Sinapis alba* L. Acta Soc. Bot. Pol., 65, 1–2, 101–105.
- Toboła, P. (2010). Gorczyce – biała, sarepska, czarna. W: W. Budzyński, T. Zajac (red.), Rośliny oleiste – uprawa i zastosowanie (s. 109–124). Poznań: PWRiL.
- Zeng, F., Cheng, B. (2014). Self-(in)compatibility inheritance and allele-specific marker development in yellow mustard (*Sinapis alba*). Mol. Breed., 33, 187–196.

## EVALUATION OF SELF-INCOMPATIBILITY AND CROSSABILITY IN ALLOPLOID AND DIPLOID MUSTARD SPECIES

**Summary.** In the present study self-incompatibility and crossability of two allopolyploid mustard species: *Brassica juncea* (AABB,  $2n = 36$ ) and *B. carinata* (BBCC,  $2n = 34$ ) and two diploid mustard species: *B. nigra* (BB,  $2n = 16$ ) and *Sinapis alba* (SS,  $2n = 24$ ) were assessed. Crossability was evaluated on the basis of the pollen grain germination and pollen tube growth observation using UV light fluorescence microscope, and the calculated PGI ratio (pollen grain germination index). Based on the results of the research, self-compatibility of the allopolyploid and self-incompatibility of the diploid species have been established. Crossability occurred in the crosses between *S. alba* cv. ‘Bamberka’ and ‘Warta’, *B. nigra* (cross-pollinated plants) and between *B. carinata* genotypes.

**Key words:** self-incompatibility, mustards, crossability, pollen grain germination index



Niemann, J., Lubbe, K., Wojciechowski, A., Kaczmarek, J., Nawracała, J. (2015). Ocena samoniezgodności i zgodności krzyżowej u allopoloidalnych i diploidalnych gatunków gorzyc. *Nauka Przyr. Technol.*, 9, 1, #6. DOI: 10.17306/J.NPT.2015.1.6

---

*Adres do korespondencji – Corresponding address:*

Janetta Niemann, Katedra Genetyki i Hodowli Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Dojazd 11, 60-632 Poznań, Poland, e-mail: niemann@up.poznan.pl

*Zaakceptowano do opublikowania – Accepted for publication:*

7.10.2014

*Do cytowania – For citation:*

Niemann, J., Lubbe, K., Wojciechowski, A., Kaczmarek, J., Nawracała, J. (2015). Ocena samoniezgodności i zgodności krzyżowej u allopoloidalnych i diploidalnych gatunków gorzyc. *Nauka Przyr. Technol.*, 9, 1, #6. DOI: 10.17306/J.NPT.2015.1.6