

Jan Krzymański, Teresa Piętka, Maria Ogrodowczyk, Krystyna Krótka
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Zakład Roślin Oleistych w Poznaniu

Ocena wartości kombinacyjnej mieszańców między liniami wsobnymi rzepaku ozimego i odmianami wykonana w układzie czynnikowym I. Pokolenie F₁

Estimation of combining ability for hybrids between winter oilseed rape inbred lines and varieties made in factor design I. F₁ generation

Słowa kluczowe: rzepak ozimy, krzyżowanie w układzie czynnikowym, ogólna zdolność kombinacyjna, specyficzna zdolność kombinacyjna, efekty krzyżowań odwrotnych

Key words: winter oilseed rape, crossing in factor design, general combining ability, specific combining ability, reciprocal effects

Wartość kombinacyjną i heterozję dla wybranych 11 linii wsobnych rzepaku ozimego podwójnie ulepszonych o ekstremalnie niskiej zawartości glukozynolanów badano w układzie czynnikowym 11 x 5. Jako testery użyto trzy odmiany zagraniczne: Lirajet, Silvia i Wotan oraz dwie odmiany polskie: Mar i Polo. Krzyżowania wykonano w obu kierunkach. Przedstawione wyniki obliczeń ogólnej i specyficznej zdolności kombinacyjnej dotyczą form rodzicielskich oraz 55 kombinacji mieszańcowych F₁ i krzyżowań odwrotnych. Na podstawie uzyskanych wyników można wybrać najlepsze kombinacje krzyżowań. Okazało się również, że uzyskiwane efekty kombinacyjne w niektórych kombinacjach zależą w sposób istotny od kierunku krzyżowania.

Combining ability and heterosis for selected 11 winter double low oilseed rape inbred lines with extremely low glucosinolate content were examined in factor design 11 x 5. Three foreign varieties: Lirajet, Silvia, Wotan and two Polish varieties: Mar and Polo were used as testers. Crosses were made in both directions. The presented results of calculations made for F₁ generation concern general and specific combining abilities in regard to parental form and 55 hybrid combinations and reciprocal effects. The results enable choice of the best combination of crosses. It has also been proved that combining effects depend in some combinations on the direction of crossing.

Wstęp

Ważnym kierunkiem prac badawczych i hodowlanych są badania oceny ogólnej i specyficznej zdolności kombinacyjnej posiadanych materiałów. Ich znajomość ma duże znaczenie przy doborze rodziców do krzyżowania w hodowli rekombinacyjnej oraz przy tworzeniu odmian syntetycznych i mieszańcowych. Wiadomo, że przydatność różnych linii i odmian do krzyżowań jest zróżnicowana i dlatego konieczne jest wykonanie różnych układów krzyżowań oraz zastosowanie odpowiednich analiz statystycznych w celu oceny tej przydatności.

Dotychczas przeprowadzono badania nad oceną zdolności kombinacyjnej w układzie czynnikowym (Krzymański i in. 1983, 1992) oraz krzyżowania w układzie diallelicznym (Krzymański i in. 1993, 1994) dla rodów i linii rzepaku ozimego podwójnie ulepszanego. Przedstawione wyniki dotyczą badań wykonanych metodą krzyżowań czynnikowych pomiędzy liniami wsobnymi rzepaku ozimego a odmianami krajowymi i zagranicznymi.

Material i metody

Materiał roślinny stanowiły wyselekcjonowane po ostrej zimie 1995/96 linie wsobne rzepaku ozimego podwójnie ulepszanego o dobrej zimotrwałości. Jednocześnie plennych linii o bardzo niskiej zawartości glukozyolanów (poniżej 5 $\mu\text{M/g}$ nasion), wyselekcjonowanych z rodów o dużej zdolności kombinacyjnej skrzyżowano z jedenastoma odmianami krajowymi i zagranicznymi w układzie czynnikowym 11 x 11. Krzyżowania wykonano w szklarni zimą 1996/97. Na podstawie analiz biochemicznych roślin rodzicielskich pozostawiono jako testery pięć najlepszych odmian: Lirajet, Mar, Polo, Silvia i Wotan.

Do badań w doświadczeniach polowych pozostały więc kombinacje jedenastu linii rzepaku ozimego podwójnie ulepszanego z pięcioma odmianami. Każda linia wsobna — forma mateczna była krzyżowana z każdą odmianą — formą ojcowską i odwrotnie, każda odmiana jako forma mateczna była krzyżowana z każdą linią wsobną jako zapylaczem. W ten sposób uzyskano układ czynnikowy kompletny.

Jesienią 1997/98 pokolenie F_1 uzyskanych mieszańców oceniano w dwóch doświadczeniach założonych w dwóch powtórzeniach metodą bloków losowanych z systematycznie umieszczonymi poletkami wzorcowymi (co piąte). Jako wzorca użyto odmiany Bor.

Na obu doświadczeniach przeprowadzono następujące obserwacje oraz obliczenia statystyczne:

- plon nasion [dt/ha],
- zawartość tłuszczu w nasionach [% s.m.],
- procent przezimowanych roślin,

- początek kwitnienia wyrażony w ilości dni liczonych od 1.01.1998,
- długość okresu kwitnienia wyrażona w ilości dni,
- ocena wartości gospodarczej w fazie dojrzałości technicznej wyrażona w skali 1–9 (najlepsza 9).

Przy wstępnym opracowaniu wyników wykorzystano poletka wzorcowe do usunięcia zmienności glebowej wewnątrzblokowej. Uzyskane po poprawieniu wzorcem (analiza kowariancji) wartości dla różnych kombinacji krzyżowań posłużyły do wykonania analizy wariancji oraz obliczenia ogólnej i specyficznej zdolności kombinacyjnej w układzie North Caroline'a II (NCII) (Garretsen, Keuls 1985). Zawartość tłuszczu w nasionach oznaczono za pomocą analizatora NMR (Krzymański 1970b).

Omówienie wyników

Dla każdej z badanych cech obliczono wartości ogólnej zdolności kombinacyjnej oraz testy statystycznej ich istotności. W tabeli 1 przedstawiono uzyskane wyniki dla omawianego doświadczenia, a w tabeli 2 dla doświadczenia z krzyżowaniem odwrotnym.

W tabeli 1 obliczony współczynnik F jest wysoce istotny (na poziomie $\alpha = 0,01$) dla roślin matecznych dla cech: plon nasion, początek kwitnienia i wartość gospodarcza. Również dla zapylaczy zaobserwowano wysoce istotny (na poziomie $\alpha = 0,01$) obliczony współczynnik F dla tych samych cech. Dla tej grupy stwierdzono także istotne (na poziomie $\alpha = 0,05$) zróżnicowanie genotypów pod względem zawartości tłuszczu w nasionach. Uzyskane wyniki wysokiej istotności ogólnej zdolności kombinacyjnej wskazują na addytywne działanie genów w dziedziczeniu tych cech. Nie zaobserwowano istotnego zróżnicowania genotypów pod względem długości kwitnienia dla obu zestawów roślin oraz dla zawartości tłuszczu w nasionach dla roślin matecznych.

Inaczej układały się istotności współczynnika F dla krzyżowania odwrotnego (tab. 2). Tutaj obserwowano wysoce istotne zróżnicowanie genotypów roślin matecznych i zapylaczy pod względem ogólnej zdolności kombinacyjnej dla zawartości tłuszczu w nasionach oraz dla przetrzymywania u roślin matecznych. Istotne na poziomie $\alpha = 0,05$ zróżnicowanie genotypów roślin matecznych obserwowano dla początku kwitnienia. Ogólna zdolność kombinacyjna dla długości kwitnienia różnicuje jedynie zapylacze.

Podobne do wyżej omówionych wyniki otrzymano w badaniach nad mieszańcami uzyskanymi w krzyżowaniach czynnikowych (Krzymański i in. 1992), w krzyżowaniach diallelicznych (Krzymański i in. 1993, 1994; Pszczoła 1993) oraz przy pomocy testu topcross (Woś 1998).

Tabela 1

Ogólne zdolności kombinacyjne dla doświadczenia z mieszaneńcami F₁ w układzie czynnikiemowym dla różnych cech
General combining abilities for experiment with F₁ hybrids in the factor design for different traits

Ród/odmiana <i>Strain/variety</i>	Cecha — <i>Trait</i>					
	plon nasion <i>seed yield</i>	zawartość tłuszczu <i>oil content</i>	przezimowanie <i>overwintering</i>	początek kwitnienia <i>beginning of flowering</i>	dł. okresu kwitnienia <i>time of flowering</i>	ocena wartość gosp. <i>expected yield evaluation</i>
Rośliny mateczne — <i>Maternal plants</i>						
PN 3462/95	11,51*	0,33	0,27	-0,01	0,60	0,06
PN 4043/95	10,54*	0,24	7,75*	-0,16	0,17	0,37*
PN 3451/95	5,28	0,14	3,62	0,14	-0,73	0,37*
PN 3710/95	1,34	0,03	2,53	0,44*	0,27	0,17
PN 3734/95	1,12	-0,04	-6,80*	-0,06	0,17	-0,03
PN 3707/95	-0,62	0,34	2,36	-0,16	-0,07	-0,03
PN 3999/95	-1,75	-0,12	-2,46	-0,26*	-0,33	0,17
PN 4287/95	-3,54	-0,34	-4,10	0,14	0,07	-0,13
PN 4272/95	-4,31	-0,51	-3,09	0,34*	-1,13**	-0,63**
PN 3455/95	-8,02*	0,27	1,09	0,44*	0,03	-0,03
PN 3181/95	-11,56*	-0,34	-1,18	-0,86*	0,87	-0,33
NIR (1) _{0,05} *	6,64	0,57	9,35	0,30	0,97	0,34
NIR (2) _{0,05} *	8,99	0,78	12,66	0,40	1,31	0,46
F	5,05**	1,18	0,89	6,92**	1,49	3,23**
Zapyłacze — <i>Pollinator</i>						
Wotan	7,36**	0,05	4,62	0,12	-0,35	0,16
Polo	1,03	0,08	-2,48	0,17	-0,30	0,16
Lirajet	0,97	0,22	2,48	0,08	0,38	0,16
Silvia	-4,24	0,28*	-2,28	0,19	0,03	-0,17
Mar	-5,12*	-0,62*	-2,35	-0,56**	0,24	-0,30**
NIR (1) _{0,05} *	4,69	0,40	6,61	0,21	0,68	0,24
NIR (2) _{0,05} *	6,06	0,52	8,54	0,27	0,88	0,31
F	5,50**	3,79*	1,22	10,78**	1,07	4,37**

* NIR (1)_{0,05} — efekt istotnie różny od 0 — *LSD (1)_{0,05} — effect significantly different from zero*

NIR (2)_{0,05} — różnice istotne dla porównania odmian lub linii — *LSD (2)_{0,05} — significant differences for comparison of varieties or lines*

Tabela 2

Ogólne zdolności kombinacyjne dla doświadczenia z mieszającami F₁ w układzie czynnikiemowym dla różnych cech
General combining abilities for experiment with F₁ hybrids in the factor design for different traits

Ród/odmiana <i>Strain/variety</i>	Cecha — <i>Trait</i>					
	plon nasion <i>seed yield</i>	zawartość tłuszczu <i>oil content</i>	przezimowanie <i>overwintering</i>	początek kwitnienia <i>beginning of flowering</i>	dł. okresu kwitnienia <i>time of flowering</i>	ocena wartości gosp. <i>expected yield evaluation</i>
<i>Rośliny mateczne — Maternal plants</i>						
Wotan	2,81	-0,22	0,29	0,14	0,40	0,26*
Lirajet	2,61	-0,16	12,73*	-0,04	0,18	-0,06
Polo	-0,56	-0,48*	-6,53*	0,23	0,13	-0,01
Mar	-1,99	0,01	-4,59	-0,59*	-1,01*	-0,11
Silvia	-2,87	0,86*	-1,90	0,26*	0,30	-0,08
NIR (1) _{0,05} *	3,18	0,28	4,61	0,26	0,50	0,20
NIR (2) _{0,05} *	4,49	0,40	6,50	0,37	0,70	0,28
F	1,35	6,53**	5,43**	3,55*	2,64*	1,14
<i>Zapylacze — Pollinators</i>						
PN 3462/95	7,42*	-0,26	-1,68	0,11	1,37*	-0,26
PN 3707/95	3,97	-0,40	4,65	-0,69*	-0,33	-0,16
PN 4272/95	2,64	-0,69*	1,16	-0,49*	-0,63	0,04
PN 3734/95	1,63	0,64*	-3,52	-0,02	-0,66	-0,20
PN 3455/95	1,59	0,05	-4,89	0,51*	-0,03	0,34*
PN 4287/95	1,15	0,15	0,42	0,11	0,37	0,34*
PN 3710/95	0,30	0,78*	-8,01*	0,21	-0,63	-0,26
PN 4043/95	-2,17	0,06	-2,62	0,21	1,07*	0,24
PN 3451/95	-3,65	0,84*	-2,04	0,21	-0,03	0,14
PN 3181/95	-6,12*	-0,15	12,70*	-0,09	-0,03	-0,06
PN 3999/95	-6,77*	-1,00*	3,84	-0,09	-0,43	-0,16
NIR (1) _{0,05} *	4,72	0,42	6,84	0,39	0,74	0,29
NIR (2) _{0,05} *	6,66	0,60	9,64	0,55	1,04	0,41
F	1,67	3,98**	1,35	1,51	1,71	1,29

NIR (1)_{0,05} — efekt istotnie różny od 0 — *LSD (1)_{0,05} — effect significantly different from zero*

NIR (2)_{0,05} — różnice istotne dla porównania odmian lub linii — *LSD (2)_{0,05} — significant differences for comparison of varieties or lines*

W tabelach 1 i 2 przedstawiono również obliczone najmniejsze istotne różnice pozwalające określić, które z wyliczonych ogólnych wartości kombinacyjnych linii i odmian różnią się istotnie od zera — NIR(1) oraz wartości graniczne dla porównania parami między sobą — NIR(2). Stwierdzono, że linia PN 3462/95 charakteryzuje się istotną dodatnią ogólną wartością kombinacyjną dla plonu nasion zarówno wtedy, gdy występuje jako roślina mateczna, jak również jeśli jest zapylaczem w krzyżowaniach odwrotnych. Linia PN 3181/95 charakteryzuje się natomiast istotną ujemną ogólną wartością kombinacyjną dla plonu nasion jako roślina mateczna i jako zapylacz.

Tabela 3

Specyficzne zdolności kombinacyjne dla plonu nasion mieszańców F_1
Specific combining abilities for seed yields of F_1 hybrids

Linia <i>Line</i>	Odmiana — <i>Variety</i>				
	Lirajet	Mar	Polo	Silvia	Wotan
Rośliny mateczne <i>Maternal plants</i>	zapylacze — <i>pollinators</i>				
PN 3181/95	13,31	-1,40	2,08	-8,72	-5,27
PN 3451/95	1,52	-4,80	-0,38	3,53	0,13
PN 3455/95	1,34	1,94	-2,80	-8,74	8,26
PN 3462/95	10,28	2,74	-13,30	0,00	0,28
PN 3707/95	3,94	-1,20	-6,26	2,68	0,85
PN 3710/95	-0,34	-5,80	-1,48	5,79	1,83
PN 3734/95	-11,74	1,11	7,72	3,75	-0,84
PN 3999/95	-9,95	7,07	8,31	2,56	-7,98
PN 4043/95	4,98	7,22	-15,85*	7,33	-3,68
PN 4272/95	7,12	-3,22	1,07	-13,60	8,64
PN 4287/95	-20,46**	-3,63	20,90**	5,42	-2,22
Krzyżowanie odwrotne — <i>Reciprocal crosses</i>					
Zapylacze <i>Pollinators</i>	rośliny mateczne — <i>maternal plants</i>				
PN 3181/95	-6,58	3,38	-4,83	10,65*	-2,62
PN 3451/95	8,87	-10,41	-1,60	15,70**	-12,56
PN 3455/95	-11,17	-3,62	4,38	8,47	1,93
PN 3462/95	-2,21	2,91	-1,65	-4,27	5,21
PN 3707/95	2,75	0,30	-0,70	-3,76	1,42
PN 3710/95	20,55**	-3,05	-2,36	-9,20	-5,95
PN 3734/95	-3,01	2,56	-12,02	0,00	12,46
PN 3999/95	-0,98	4,92	-9,73	-2,69	8,47
PN 4043/95	3,49	6,84	7,25	-6,47	-11,11
PN 4272/95	-8,64	-3,68	15,64*	-3,67	0,35
PN 4287/95	-3,07	-0,15	5,59	-4,75	2,38

* — istotne na poziomie $\alpha = 0,05$ — *significant at the level $\alpha = 0.05$*

** — istotne na poziomie $\alpha = 0,01$ — *significant at the level $\alpha = 0.01$*

W obu kierunkach krzyżowań nie uzyskano zróżnicowania ogólnej zdolności kombinacyjnej dla przezimowania. Przyczyną mogła być stosunkowo łagodna zima 1997/98, jednak poprzednie badania tej cechy u rzepaku w warunkach bardzo ostrej zimy i dużych zimowych strat roślin wykazały bardzo złożone uwarunkowanie tej cechy (Piętka i in.1998).

W tabeli 3 przedstawiono specyficzne zdolności kombinacyjne dla obu serii krzyżowań dla plonu nasion. Są one istotnie dodatnie dla 4 kombinacji krzyżowań, a dla 2 istotnie ujemne. Natomiast w tabeli 4 zestawiono dla obu doświadczeń zakresy zmienności oraz wartości $NIR_{0,05}$ dla specyficznych zdolności kombinacyjnych następujących cech:

- zawartości tłuszczu w nasionach,
- przezimowania,
- początku kwitnienia,
- długości okresu kwitnienia,
- oceny wartości gospodarczej.

Tabela 4

Specyficzne zdolności kombinacyjne (SEA) w pokoleniu F_1 krzyżowań w układzie czynnikowym — *Specific combining ability (SEA) for F_1 generation of crosses made in factor design*

Cecha <i>Trait</i>	Doświadczenie <i>Experiment*</i>	Zakres zmienności <i>Range</i>	$NIR_{0,05}$ <i>LSD_{0,05}</i>
Zawartość tłuszczu w nasionach [% s.m.] <i>Fat content in seeds [% d.m.]</i>	I	-2,05 ÷ 1,70	1,84
	II	-1,10 ÷ 1,01	1,73
Przezimowanie [%] <i>Overwintering</i>	I	-28,62 ÷ 26,86	30,25
	II	-22,91 ÷ 23,77	28,32
Początek kwitnienia [dni] <i>Beginning of flowering [days]</i>	I	-1,16 ÷ 1,54	1,68
	II	-1,87 ÷ 1,11	0,90
Długość okresu kwitnienia [dni] <i>Time of flowering [days]</i>	I	-1,66 ÷ 1,92	2,70
	II	-1,43 ÷ 1,75	2,93
Ocena wartości gospodarczej <i>Expected yield evaluation</i>	I	-0,66 ÷ 0,88	1,87
	II	-0,72 ÷ 0,65	1,02

* — Doświadczenie II – krzyżowanie odwrotne — *Experiment II – reciprocal crossing*

Policzone dla plonu nasion efekty mateczne jako różnice pomiędzy specyficzną zdolnością kombinacyjną danej kombinacji krzyżowań i kombinacji odwrotnej przedstawiono w tabeli 5. Są one istotne dla dwóch kombinacji: PN 3710/95 x Lirajet, oraz PN 4043/95 x Polo.

Tabela 5

Efekty mateczne (krzyżowania odwrotne) dla mieszańców F₁ dla plonu nasion
Reciprocal effects for seed yield of F₁ hybrids

Linia <i>Line</i>	Odmiana — <i>Variety</i>				
	Lirajet	Mar	Polo	Silvia	Wotan
Rośliny mateczne <i>Maternal plants</i>	<i>zapyłacze — pollinators</i>				
PN 3181/95	19,89	-4,78	6,91	-19,37	-2,65
PN 3451/95	-7,35	5,61	1,22	-12,17	12,69
PN 3455/95	12,51	5,56	-7,18	-17,21*	6,33
PN 3462/95	12,49	-0,17	-11,65	4,27	-4,93
PN 3707/95	1,19	-1,50	-5,56	6,44	-0,57
PN 3710/95	-20,89*	-2,75	0,88	14,99	7,78
PN 3734/95	-8,73	-1,45	19,74	3,75	-13,30
PN 3999/95	-8,97	2,15	18,04	5,25	-16,45
PN 4043/95	1,49	0,38	-23,10**	13,80	7,43
PN 4272/95	15,76	0,46	-14,57	-9,93	8,29
PN 4287/95	-17,39	-3,48	15,31	10,17	-4,60

* — istotne na poziomie $\alpha = 0,05$ — *significant at the level $\alpha = 0.05$*

** — istotne na poziomie $\alpha = 0,01$ — *significant at the level $\alpha = 0.01$*

W tabeli 6 zestawiono korelacje ogólnych zdolności kombinacyjnych dla badanych cech. Wartości te obliczono oddzielnie dla roślin matecznych i dla zapyłaczy. Wartości ogólnych zdolności kombinacyjnych dla cechy plon nasion są istotnie dodatnio skorelowane z wartościami przetrzymywania ($r = 0,408$) i oceny wartości gospodarczej ($r = 0,653$) dla roślin matecznych. Także dla roślin matecznych ocena wartości gospodarczej jest istotnie dodatnio skorelowana z zawartością tłuszczu w nasionach ($r = 0,346$) i przetrzymaniem ($r = 0,373$).

U zapyłaczy wartości ogólnych zdolności kombinacyjnych dla cechy początek kwitnienia są dodatnio skorelowane z wartościami cechy długości kwitnienia ($r = 0,377$), oceny wartości gospodarczej ($r = 0,484$) oraz z wartościami zawartości tłuszczu w nasionach ($r = 0,606$). Ujemnie skorelowane są wartości ogólnych zdolności kombinacyjnych dla przetrzymywania z wartościami cechy początek kwitnienia ($r = -0,394$) i z zawartością tłuszczu ($r = -0,453$).

Tabela 6

Macierz korelacji ogólnej zdolności kombinacyjnej dla badanych cech
Correlation matrix of general combining ability for investigated traits

Cecha <i>Trait</i>	Plon nasion <i>Seed yield</i>	Zawartość tłuszczu <i>Fat content</i>	Przezimowanie <i>Overwintering</i>	Początek kwitnienia <i>Beginning of flowering</i>	Koniec kwitnienia <i>End of flowering</i>	Ocena wartości gospodarczej <i>Expected yield evaluation</i>
	rośliny mateczne — <i>maternal plants</i>					
Plon — <i>Seed yield</i>	1	0,280	0,408*	0,159	0,176	0,653**
Zawartość tłuszczu <i>Fat content</i>	0,098	1	0,250	0,127	0,253	0,346*
Przezimowanie <i>Overwintering</i>	-0,129	-0,453*	1	0,042	0,209	0,373*
Początek kwitnienia <i>Beginning of flowering</i>	-0,042	0,606**	-0,394*	1	0,401*	0,110
Koniec kwitnienia <i>End of flowering</i>	0,170	-0,036	-0,024	0,377*	1	0,250
Ocena wartości gosp. <i>Expected yield evaluation</i>	0,154	0,196	0,034	0,484*	0,248	1
	zapylnicze — <i>pollinators</i>					

* — istotne na poziomie $\alpha = 0,05$ — *significant at the level $\alpha = 0.05$*

** — istotne na poziomie $\alpha = 0,01$ — *significant at the level $\alpha = 0.01$*

Wnioski

Przeprowadzone badania pokolenia F_1 mieszańców pozwalają na postawienie następujących wniosków:

- Zastosowany system krzyżowania w układzie czynnikowym okazał się skuteczny w odniesieniu do rzepaku ozimego podwójnie ulepszanego.
- Sposób ten okazał się bardziej skuteczny w sytuacji, gdy do własnych materiałów hodowlanych została wprowadzona zmienność z odmian pochodzących z różnych hodowli.
- Krzyżowanie w układzie czynnikowym jest optymalnym rozwiązaniem przy poszukiwaniu najlepszych kombinacji pomiędzy liniami CMS i restorerami.
- Otrzymane wyniki jako obciążone występowaniem efektu heterozji mogą być przydatne przy tworzeniu odmian mieszańcowych (Bartkowiak-Broda 1981, 1994, 1998; Popławska 1992), natomiast mają ograniczoną wartość dla hodowli rekombinacyjnej. W tym celu konieczne jest badanie pokolenia F_2 , w którym efekt heterozji zanika w dużym stopniu — teoretycznie do 50%, a rzeczywiście jak wykazały badania nad plonem nasion pokoleń F_1 i F_2 do 25% (Krzymański i in. 1994), a nawet do 10% (Kudła 1996).
- Wyniki uzyskane dla plonu nasion wskazują, że przy doborze linii do mieszańców F_1 trzeba brać pod uwagę tak ogólną wartość kombinacyjną rodziców, jak i specyficzne zdolności kombinacyjne poszczególnych par rodzicielskich. Nie można również pominąć wpływu cytoplazmy. Wszystkie te czynniki okazały się bowiem istotnie zróżnicowane.

Literatura

- Bartkowiak-Broda I. 1981. Ocena heterozji i zdolność kombinacyjna kilku linii wsobnych rzepaku bezerukowego. Biuletyn IHAR, 146: 109-111.
- Bartkowiak-Broda I. 1994. Hodowla odmian mieszańcowych rzepaku. Rośliny Oleiste, XV (1): 11-20.
- Bartkowiak-Broda I. 1998. Odmiany mieszańcowe rzepaku – osiągnięcia i perspektywy. Rośliny Oleiste, XIX (2): 359-370.
- Dobek A., Kaczmarek Z., Kielczewska H., Łuczkiewicz T. 1983. Podstawy teoretyczne analizy krzyżówek diallelicznych. Biuletyn IHAR, 151: 9-29.
- Garretsen F., Keuls M. 1978. A general method for the analysis of genetics variation of incomplete and incomplete diallels and North Carolina II designs. Part II. Procedures and general formulae for the fixed model. Euphytica, 27: 49-68.
- Grabiec B., Krzymański J. 1985. Badania nad wykorzystaniem zjawiska heterozji w hodowli rzepaku ozimego w Polsce. Biuletyn IHAR, 157: 7-10.

- Krzymański J. 1970 b. Oznaczanie zawartości tłuszczu i wody w nasionach oleistych metodą NMR. *Tłuszcze, Środki Piorące i Kosmetyki*, 14/4: 202-208.
- Krzymański J., Bulińska M., Korytowska W., Piętka T. 1983. Odziedziczalność i heterozja niektórych cech u rzepaku ozimego dwuzerowego. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 290: 141-158.
- Krzymański J., Piętka T., Krótka K. 1992. Zdolność kombinacyjna i heterozja mieszańców między czołowymi poznańskimi rodami rzepaku ozimego podwójnie ulepszanego. *Zeszyty Problemowe IHAR, Rośliny Oleiste*, 14: 37-46.
- Krzymański J. 1993. Osiągnięcia i nowe perspektywy prac badawczych nad roślinami oleistymi w Polsce. *Postępy Nauk Rolniczych*, 5/245: 7-14.
- Krzymański J., Piętka T., Krótka K. 1993. Zdolność kombinacyjna i heterozja mieszańców diallelicznych rzepaku podwójnie ulepszanego. I. Pokolenie F₁. *Postępy Nauk Rolniczych*, 5: 41-51.
- Krzymański J., Piętka T., Krótka K. 1994. Zdolność kombinacyjna i heterozja mieszańców diallelicznych rzepaku podwójnie ulepszanego. II. Pokolenie F₁ i F₂. *Rośliny Oleiste*, XV (1): 21-32.
- Krzymański J., Piętka T., Krótka K., Michalski K. 1998. Relationship between seed yield and glucosinolate content in F₁ hybrid generation of double low winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Rośliny Oleiste*, XIX (2): 389-398.
- Piętka T., Krótka K., Krzymański J. 1998. Analiza zimotrwałości rzepaku ozimego podwójnie ulepszanego w krzyżowaniach diallelicznych – pokolenie F₁ i F₂. *Rośliny Oleiste*, XIX (2): 371-378.
- Popławska W. 1992. Hodowla odmian mieszańcowych rzepaku przy wykorzystaniu CMS *polima*. *Rośliny Oleiste*, XIV: 28-36.
- Pszczoła J. 1993. Oszacowanie wartości kombinacyjnych wybranych cech rzepaku ozimego w dwóch układach diallelicznych. *Postępy Nauk Rolniczych*, 5: 33-40.
- Ubysz-Borucka L., Mądry W., Muszyński S. 1985. Podstawy statystyczne genetyki cech ilościowych w hodowli roślin. SGGW-AR Warszawa.
- Woś H., Węgrzyn S., Woś J. 1998. Ogólna zdolność kombinacyjna wybranych linii wsobnych i efekty heterozji mieszańców F₁ rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste*, XIX (2): 379-387.