

Henryk Woś, Stanisław Węgrzyn\*, Janina Woś

Zakład Doświadczalnej Hodowli i Aklimatyzacji Roślin Małyszyn w Gorzowie Wlkp.

\*Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Zakład Roślin Zbożowych w Krakowie

## Ogólna zdolność kombinacyjna wybranych linii wsobnych i efekty heterozji mieszkańców $F_1$ rzepaku ozimego

### General combining ability of selected inbred lines and heterosis effects of winter oilseed rape $F_1$ hybrids

W pracy przedstawiono wyniki badania ogólnej zdolności kombinacyjnej 64 linii wsobnych i efekty heterozji u mieszkańców  $F_1$  rzepaku ozimego. Ogólną zdolność kombinacyjną oceniano metodą topcross. Doświadczenie założono w 1996 roku metodą bloków niekompletnych w dwóch powtórzeniach na czterorzędowych poletkach o powierzchni poletka  $3\text{ m}^2$  i wysiewie 100 nasion/ $\text{m}^2$ . Z przeprowadzonych badań wynika, że ogólna zdolność kombinacyjna była istotna dla plonu nasion, masy 1000 nasion, przezimowania, początku kwitnienia, końca kwitnienia, zawartości oleju i białka. Natomiast nie wykazano istotności dla cechy wysokości roślin. W wyniku przeprowadzonych badań w porównaniu z testerem (wzorcem) — odmianą Lirajet wyodrębniono: 9 kombinacji, które istotnie wyżej plonowały, 19 kombinacji istotnie lepiej zimujących, 35 kombinacji wcześniej rozpoczynających kwitnienie, 22 kombinacje istotnie wcześniej kończące kwitnienie, 3 kombinacje o istotnie wyższej masie 1000 nasion, 2 kombinacje o istotnie niższych roślinach, 13 kombinacji o istotnie wyższej zawartości oleju w nasionach niż tester. Najlepsze kombinacje plonowały o około 40% wyżej niż tester. Natomiast średni efekt heterozji plonu nasion wynosił około 16%. Ponadto obliczono współczynniki korelacji Spearmana między ocenianymi cechami mieszkańców. Otrzymano dodatni istotny przy  $p \leq 0,01$  współczynnik korelacji  $r_s = 0,48^{**}$

Results of investigated general combining ability of 64 inbred lines and heterosis effects of winter oilseed rape  $F_1$  hybrids are presented. General combining ability was estimated by test topcross. Field experiments were designed in lattice design, in two replications (4 rows per plot,  $3\text{ m}^2$  plot and sowing rate of 100 seeds per  $1\text{ m}^2$ ). The experiment was carried out in 1996/1997. General combining ability (GCA) was significant for seed yield, 1000 seed weight, winterhardiness, beginning and end of flowering, oil and protein content. However, it has been proved that GCA was not significant for plant height. Results of these studies revealed: 9 hybrids with significant higher yielding than tester (check) cv. Lirajet, 19 hybrids with significant better winterhardiness than tester, 35 hybrids with significant earlier beginning of flowering in comparison with Lirajet, 22 hybrids with significant earlier ending of flowering, 3 hybrids with significant higher weight of 1000 seeds, 2 hybrids with significant shorter plants than tester, 13 hybrids with significant higher oil content than tester Lirajet. The best hybrids outyielded about 40% higher than tester Lirajet. Nevertheless the average effect of heterosis with respect to the seed yield was 16% in comparison with the tester Lirajet. Moreover, Spearman coefficients of correlation between estimated traits were calculated. Positive significant at  $p \leq 0.01$  Spearman coefficient of correlation  $r_s = 0.48^{**}$

między przezimowaniem a plonem nasion. Ponadto otrzymano istotne ujemne współczynniki korelacji Spearmana między przezimowaniem a początkiem i końcem kwitnienia.

was calculated between winterhardiness and yielding. Moreover, negative Spearman coefficients of correlation between winterhardiness as well as beginning and ending of flowering was stated.

---

## Wstęp

Zjawisko heterozji zaobserwowano u wielu gatunków roślin uprawnych w naszych warunkach glebowo-klimatycznych (kukurydza, żyto, pszenica, pszenżyto).

Odkrycie pierwszych źródeł CMS przez Shiga i Baba (1971) oraz Thompsona (1972) spowodowało rozwój badań nad zjawiskiem heterozji u rzepaku — cytata za Bartkowiak-Broda (1991).

Również w Polsce od wielu lat prowadzone są badania nad zjawiskiem heterozji u rzepaku ozimego (Krzymański i in. 1983; Grabiec i Krzymański 1985; Krzymański i in. 1992, 1993, 1994; Pszczoła 1993; Kudła 1996, 1997) oraz u rzepaku jarego (Woś i in. 1997). Dostępność kilku systemów męskiej sterility (Bartkowiak-Broda 1991, 1994; Popławska 1992; De Both 1995) umożliwia wykorzystanie zjawiska heterozji u rzepaku w odmianach mieszańcowych.

W ZDHAR Małyszyn w oparciu o własne linie wsobne wyprowadzono wiele linii męskosterylnych CMS *ogu* oraz pierwsze linie z allelami genu restorera. Celem pracy było określenie ogólnej zdolności kombinacyjnej dopełniających linii CMS *ogu*, co zostanie wykorzystane przy wyborze komponentów mieszańca, tworzonych w oparciu o CMS *ogu*.

---

## Material i metody

Zbadano 64 linie wsobne S<sub>4</sub> rzepaku ozimego podwójnie ulepszanego, wyprowadzone w ZDHAR Małyszyn, których genotypy przeniesiono na sterylną cytoplazmę CMS *ogu*. Ze względu na dużą liczbę testowanych linii rzepaku zdecydowano się na określenie ogólnej zdolności kombinacyjnej przy pomocy testu topcross. Testerem i wzorcem w doświadczeniu polowym była plenna niemiecka odmiana Lirajet. Kastrowanie i przepylanie roślin wykonano ręcznie w szklarni zimą 1995/1996. Doświadczenie z uzyskanymi mieszańcami testowymi F<sub>1</sub> założono w warunkach polowych w sezonie wegetacyjnym 1996/1997 metodą bloków niekompletnych w 2 powtórzeniach, z systematycznym wzorcem, odmianą Lirajet, wysianą co 10 poletko. Na każde, czterorzędowe poletko o powierzchni 3,0 m<sup>2</sup> wysiano po 300 nasion za pomocą siewnika Bratek. Zastosowano agrotechnikę, nawożenie i środki ochrony roślin typowe dla rzepaku.

W okresie wegetacji oceniano przezimowanie w skali 9° (1 — całkowite wymarznienie, 9 — oceniono brak uszkodzeń), daty początku i końca kwitnienia (liczby dni od daty wysiewu), wysokość roślin (cm), a po zbiorze doświadczenia — plon nasion (q/ha) oraz masę 1000 nasion (g). Ponadto w nasionach o wilgotności około 7% za pomocą analizatora NMR określono zawartość tłuszczu (%) i zawartość białka (%).

Analizę ogólnej zdolności kombinacyjnej obliczono metodą WAKOMB, opracowaną w Oddziale IHAR w Krakowie. Obliczono również efekty heterozji poszczególnych cech w stosunku do odmiany Lirajet oraz współczynniki korelacji Spearmana pomiędzy wybranymi cechami za pomocą programu STATISTICA PL.

## Wyniki i dyskusja

Wyniki obliczeń istotności ogólnej zdolności kombinacyjnej ocenianych cech rzepaku ozimego zamieszczono w tabeli 1. Z przedstawionych danych wynika, że ogólna zdolność kombinacyjna była istotna dla plonu nasion, masy 1000 nasion, przezimowania, początku kwitnienia, końca kwitnienia, zawartości oleju oraz zawartości białka. Natomiast nie wykazano istotności dla wysokości roślin, chociaż zakres zmienności tej cechy wahał się od 125,44 cm do 154,90 cm. Również Kudła (1996 i 1997) wykazał w swoich badaniach, że wysokość roślin była uwarunkowana nieaddytywnym działaniem genów.

W badaniach Krzymańskiego i in. (1992, 1993) ogólna zdolność kombinacyjna również okazała się istotnie statystycznie zróżnicowana dla plonu nasion, zimotrwałości, zawartości tłuszczu, zawartości białka, początku i końca kwitnienia. Natomiast swoista zdolność kombinacyjna nie była istotna dla plonu nasion, zimotrwałości oraz cech dotyczących kwitnienia (Krzymański i in. 1983). Pszczoła (1993) natomiast wykazał istotne zróżnicowanie ogólnej zdolności kombinacyjnej plonu nasion mieszańców.

Istotność ogólnej zdolności kombinacyjnej mieszańców dla plonu nasion, masy 1000 nasion, przezimowania, początku i końca kwitnienia, zawartości oleju oraz zawartości białka wskazuje, że efekty addytywne odgrywają zasadniczą rolę w dziedziczeniu powyższych cech.

Z tabeli 1 wynika, że zakres zmienności poszczególnych cech mieszańców  $F_1$  jest bardzo duży i dla plonu nasion waha się od 30,78 do 59,03 q/ha, zaś średni efekt heterozji plonu nasion w porównaniu do testera wyniósł 15,69%. Podobnie wysokie efekty heterozji u rzepaku wykazali inni autorzy.

Krzymański i in. (1983) wykazali, że średni efekt heterozji mieszańców w porównaniu do rodziców wyniósł 25%. Również Krzymański i in. (1993, 1994) donoszą, że średni efekt heterozji w innych badanych kombinacjach mieszańcowych wyniósł 24,7% w porównaniu ze średnią rodziców. Kudła (1996) w swoich pracach uzyskał 10% średni efekt heterozji dla plonu nasion mieszańców  $F_1$ .

Tabela 1

Istotność ogólnej zdolności kombinacyjnej, średnie mieszańców oraz zakresy zmienności badanych cech — *Significance of general combining ability, means of hybrids and range of studied traits*

Cecha <i>Trait</i>	Wariancja <i>Mean square</i>	Średnia — <i>Mean</i>			Zakres zmienności <i>Range</i>
		mieszańców <i>hybrids</i>	tester (ojciec) <i>tester (male parent)</i>	heterozja <i>heterosis [%]</i>	
Plon nasion — <i>Seed yield</i>	63,03*	47,92	40,40	15,69	30,78–59,03
Masa 1000 nasion <i>1000 seed weight</i>	0,14**	4,93	4,89	0,81	4,38–5,79
Przeżimowanie <i>Winter hardiness</i>	2,29**	7,12	5,64	20,79	2,75–9,00
Początek kwitnienia <i>Beginning of flowering</i>	1,90**	248,63	249,09	–0,18	246–251
Koniec kwitnienia <i>End of flowering</i>	4,35**	277,54	279,73	–0,78	274–281
Wysokość roślin <i>Plant height</i>	46,24	144,07	144,33	–0,18	125,44–154,9
Zawartość oleju <i>Oil content</i>	3,66**	42,01	40,98	2,45	37,89–45,12
Zawartość białka <i>Protein content</i>	1,00*	23,48	24,23	–3,10	21,70–25,27

\*, \*\* — różnicowanie odpowiednio istotne przy  $p \leq 0,05$  oraz  $p \leq 0,01$

\*, \*\* — *differences respectively significant at  $p \leq 0.05$  and  $p \leq 0.01$*

Na podstawie wyników zamieszczonych w tabeli 2 wyodrębniono 9 kombinacji istotnie wyżej plonujących niż tester Lirajet, 19 kombinacji istotnie lepiej zimujących niż tester, 35 kombinacji wcześniej kwitnących niż tester, 22 kombinacje istotnie wcześniej kończące kwitnienie niż tester, 3 kombinacje o istotnie wyższej masie 1000 nasion niż tester, 2 kombinacje istotnie niższe niż tester, 13 kombinacji o istotnie wyższej zawartości oleju w nasionach niż tester.

Mieszańce 46a, 65a, 78a, 86a oraz 109a plonowały o około 40% wyżej niż wzorzec Lirajet, przy istotnie wyższej zawartości oleju i dobrej zimotrwałości. Zima 1996/1997 była bardzo mroźna i pozwoliła na skuteczną selekcję zimotrwałych linii wsobnych. Wykorzystanie tych linii jako dopełniających w systemie CMS *ogu* pozwoliło na uzyskanie linii CMS przewyższających zimotrwałością francuską linię CMS *ogu* Samourai, która dotychczas była jedyną linią CMS wykorzystywaną do tworzenia mieszańców złożonych. Mrozo odporne męskosterylne linie są podstawą hodowli mieszańcowej w warunkach klimatycznych Polski.

Tabela 2

Efekty heterozji dla plonu nasion, przezimowania, początku kwitnienia, końca kwitnienia, wysokości roślin, zawartości oleju, zawartości białka oraz masy 1000 nasion mieszańców F<sub>1</sub> w porównaniu do testera

*Heterosis effect for seed yield, winterhardiness, beginning of flowering, end of flowering, plant height, oil content, protein content, and 1000 seed weight of hybrids in comparison to tester*

Mieszańce <i>Hybrids</i>	Procent testera — <i>Percentage of tester</i>							
	plon nasion <i>seed yield</i>	przezimowanie <i>winterhardiness</i>	początek kwitnienia <i>beginning of flowering</i>	koniec kwitnienia <i>end of flowering</i>	wysokość roślin <i>plant height</i>	zawartość oleju <i>oil content</i>	zawartość białka <i>protein content</i>	masa 1000 nasion <i>1000 seed weight</i>
13a	128,97	125,00	99,40*	99,19	105,59	100,26	99,00	104,93
18a	121,13	116,14	100,00	99,19	102,13	104,51	102,26	103,50
19a	76,45	101,97	100,04	99,09	100,77	92,54*	96,89	96,18
24a	103,42	101,97	100,44	100,16	97,31	98,44	104,27	94,75
27a	117,87	107,28	99,60	99,19	102,13	100,77	94,03	92,04
28a	125,94	151,58*	99,40*	98,48**	96,93	107,26*	95,12	95,83
30a	94,24	119,69	99,64	99,09	100,77	104,32	89,54**	90,04
31a	131,61	137,41	99,64	99,44	100,77	104,08	98,41	102,32
38a	106,99	116,14	98,80**	99,73	96,93	102,22	100,88	112,40*
40a	116,73	98,42	99,40*	99,19	102,13	105,81	98,36	101,86
41a	111,22	101,97	99,64	98,37**	97,31	110,11**	96,56	100,48
42a	114,67	133,86	99,80	99,37	103,86	99,98	95,74	97,16
44a	132,66	119,69	99,64	100,16	93,84	99,86	99,61	92,09
46a	146,12**	116,14	99,00**	99,01*	105,59	97,28	93,16*	102,79
47a	121,25	133,86	99,40*	99,73	100,40	100,98	93,47	95,93
49a	129,87	137,41	99,64	99,44	93,84	104,74	97,26	106,82
50a	103,96	116,14	99,40*	99,55	95,20	102,42	95,82	98,18
51a	103,17	142,72*	99,80	99,37	100,40	98,98	96,75	98,18
53a	106,86	116,14	100,00	99,91	102,13	104,08	99,43	98,69
56a	110,67	133,86	99,40*	99,19	102,13	98,71	102,71	104,52
57a	118,43	116,14	100,00	99,37	103,86	105,78	97,12	90,10
57a	107,55	48,81*	99,64	100,52	93,84	98,52	100,89	103,34
59a	87,33	98,42	98,80**	99,73	102,13	103,02	97,00	94,91
61a	130,03	151,58*	99,80	99,01	102,13	104,23	101,54	102,68
65a	134,25*	142,72*	99,00**	98,48**	100,40	106,48*	98,28	107,70



Tabela 3

Współczynniki korelacji liniowej między badanymi cechami rzepaku ozimego  
*Spearman correlation coefficients between investigated traits of winter oilseed rape*

Cecha <i>Trait</i>	Plon nasion <i>Seed yield</i>	Przezimo- wanie <i>Winter- hardiness</i>	Początek kwitnienia <i>Beginning of flowering</i>	Koniec kwitnienia <i>End of flowering</i>	Wysokość roślin <i>Plant height</i>	Zawartość oleju <i>Fat content</i>	Zawartość białka <i>Protein content</i>	Masa 1000 nasion <i>1000 seed weight</i>
Plon nasion <i>Seed yield</i>		0,48***	- 0,25*	- 0,20	0,14	0,29*	- 0,10	0,01
Przezimowanie <i>Winterhardiness</i>	0,48***		- 0,28*	- 0,40***	0,18	0,16	- 0,24*	- 0,19
Początek kwitnienia <i>Beginning of flowering</i>	- 0,25*	- 0,28*		0,36**	- 0,01	- 0,13	0,17	- 0,15
Koniec kwitnienia <i>End of flowering</i>	- 0,20	- 0,40***	0,36**		- 0,07	- 0,33**	0,28*	0,13
Wysokość roślin <i>Plant height</i>	0,14	0,18	- 0,01	- 0,07		- 0,19	- 0,04	- 0,06
Zawartość oleju <i>Fat content</i>	0,29*	0,16	- 0,13	- 0,33**	- 0,19		- 0,25*	- 0,11
Zawartość białka <i>Protein content</i>	- 0,10	- 0,24*	0,17	0,28*	- 0,04	- 0,25*		0,34**
Masa 1000 nasion <i>1000 seed weight</i>	0,01	- 0,19	- 0,15	0,13	- 0,06	- 0,11	0,34**	

\*, \*\*, \*\*\* — istotne odpowiednio przy  $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,01$  i  $p \leq 0,001$

\*, \*\*, \*\*\* — significant respectively at  $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,01$  and  $p \leq 0,001$

Na podstawie zebranych danych obliczono współczynniki korelacji Spearmana pomiędzy ocenianymi cechami mieszańców (tab. 3).

Z tabeli 3 wynika, że w sezonie wegetacyjnym 1996/1997 bezpośredni wpływ na plonowanie miało przezimowanie ( $r_s = 0,48^{**}$ ). Ponadto otrzymano istotne ujemne współczynniki korelacji Spearmana między przezimowaniem a początkiem i końcem kwitnienia. Z otrzymanych zależności wynika, że odmiany wcześniej kwitnące i wcześniej kończące kwitnienie charakteryzowały się lepszym przezimowaniem. Potwierdzeniem tego są wyhodowane w ZD HAR Małyszyn odmiany Mar, Leo, Polo i najnowsza odmiana Kana, charakteryzujące się wczesnością i bardzo wysoką zimotrwałością.

Z powyższych obliczeń wynika, że materiał genetyczny w hodowli małyszynskiej jest bogaty w źródła mrozoodporności i wczesności, co ma duże znaczenie w przypadku niedostatecznych opadów wiosną.

Ponadto otrzymano istotny współczynnik korelacji ( $r_s = 0,29^{**}$ ) pomiędzy zawartością tłuszczu w nasionach a plonem nasion. Wykazano również statystycznie istotną ujemną zależność pomiędzy zawartością tłuszczu a końcem kwitnienia ( $r_s = -0,33^{**}$ ). Z zależności tej wynika, że późniejsze mieszańce posiadały niższą zawartość oleju. W zebranych materiałach wykazano zależność między masą 1000 nasion a zawartością białka ( $r_s = 0,34^{**}$ ) oraz otrzymano istotny ujemny współczynnik korelacji ( $r_s = -0,25^*$ ) między zawartością białka i oleju w nasionach. Podobne zależności otrzymał Woś i in. (1997) w badaniach nad rzepakiem jarym.

## Wnioski

---

1. Ogólna zdolność kombinacyjna badanych linii rzepaku ozimego dla plonu, masy 1000 nasion, przezimowania, początku i końca kwitnienia oraz zawartości oleju i białka była statystycznie istotna, co wskazywałoby na addytywne działanie genów.
2. Na podstawie przeprowadzonych badań wyodrębniono kombinacje mieszańcowe o cechach pożądanym w hodowli:
  - 9 kombinacji, które plonowały istotnie wyżej niż tester Lirajet,
  - 19 kombinacji, które istotnie lepiej przezimowały niż tester,
  - 35 kombinacji istotnie wcześniej kwitnących niż tester,
  - 2 kombinacje istotnie niższe niż tester,
  - 3 kombinacje o istotnie wyższej masie 1000 nasion niż tester,
  - 13 kombinacji o istotnie wyższej zawartości tłuszczu niż tester.



3. Średni efekt heterozji plonu nasion w porównaniu do testera wynosił około 16%, a najlepszych kombinacji około 40%.
4. Otrzymano statystycznie istotne dodatnie współczynniki korelacji między: plonem nasion a przezimowaniem, plonem nasion a zawartością tłuszczu, masą 1000 nasion a zawartością białka oraz ujemne współczynniki korelacji między: plonem nasion a początkiem kwitnienia, końcem kwitnienia a zawartością tłuszczu.

## Literatura

---

- Bartkowiak-Broda I. 1991. Studia nad systemami męskiej niepłodności u rzepaku *Brassica napus* L. var. *oleifera*. Hod. Rośl. Aklimat. Nasien. T. 35, Z. 3/4: 3-60.
- Bartkowiak-Broda I. 1994. Hodowla odmian mieszańcowych rzepaku. Rośliny Oleiste XV (1): 11-20.
- De Both G. 1995. Seedlink™ technology. Ninth International Rapeseed Congress "Rapeseed today and tomorrow" 4 to 7 July. Cambridge, United Kingdom. Volume 1. Technical session A: Breeding and biotechnology: F<sub>1</sub> hybrid technology: 1-6.
- Grabiec Cz., Krzymański J. 1985. Badania nad wykorzystaniem zjawiska heterozji w hodowli rzepaku ozimego w Polsce. Biuletyn IHAR 157: 7-10.
- Krzymański J., Bulińska M., Korytowska W., Piętka T. 1983. Odziedziczalność i heterozja niektórych cech u rzepaku ozimego dwuzerowego. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 290: 141-157.
- Krzymański J., Piętka T., Krótka K. 1992. Zdolność kombinacyjna i heterozja mieszańców między czołowymi poznańskimi rodami rzepaku ozimego podwójnie ulepszanego. Rośliny Oleiste XIV: 37-46.
- Krzymański J., Piętka T., Krótka K. 1993. Zdolność kombinacyjna i heterozja mieszańców diallelicznych rzepaku ozimego podwójnie ulepszanego. I. Pokolenie F<sub>1</sub>. Postępy Nauk Rolniczych 5: 41-51.
- Krzymański J., Piętka T., Krótka K. 1994. Zdolność kombinacyjna i heterozja mieszańców diallelicznych rzepaku ozimego podwójnie ulepszanego. II. Pokolenia F<sub>1</sub> i F<sub>2</sub>. Rośliny Oleiste XV: 21-32.
- Kudła M. 1996. Ogólna wartość kombinacyjna linii wsobnych i efekty heterozji mieszańców F<sub>1</sub> i F<sub>2</sub> rzepaku ozimego. Rośliny Oleiste XVII: 61-71.
- Kudła M. 1997. Ogólna i swoista wartość kombinacyjna linii wsobnych i odmian rzepaku ozimego. Biuletyn IHAR 201: 361-371.
- Popławska W. 1992. Hodowla odmian mieszańcowych rzepaku przy wykorzystaniu CMS *polima*. Rośliny Oleiste XIV: 28-36.
- Pszczola J. 1993. Oszacowanie wartości kombinacyjnych wybranych cech rzepaku ozimego w dwóch układach diallelicznych. Postępy Nauk Rolniczych 5: 33-40.
- Woś H., Maćkowiak W., Węgrzyn S. 1997. Ogólna zdolność kombinacyjna wybranych linii wsobnych rzepaku jarego. Rośliny Oleiste XVII (1): 171-178.