

Jan Krzymański, Aleksandra Piotrowska, Maria Ogrodowczyk
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Zakład Roślin Oleistych w Poznaniu

Zdolność kombinacyjna odmian i rodów rzepaku ozimego oraz przewidywane plonowanie syntetyków z nich utworzonych

Combining ability of oilseed rape cultivars and strains and expected yielding of made of them synthetics

Słowa kluczowe: rzepak ozimy, odmiany syntetyczne, krzyżowanie dialleliczne, zdolność kombinacyjna, heterozja

Key words: winter oilseed rape, rapeseed, synthetic cultivars, diallel cross, combining ability, heterosis

Dla określenia zdolności kombinacyjnej wykonano krzyżowania dialleliczne (13 x 13) odmian i rodów rzepaku ozimego podwójnie ulepszonogo. W doświadczeniach polowych porównywano formy rodzicielskie i kombinacje F_1 ww. diallelu. Dwie odmiany i cztery rody były formami rodzicielskimi występującymi najczęściej w kombinacjach F_1 plonujących istotnie powyżej wzorca (Bor), dwa rody dały kombinacje o najwyższej zawartości tłuszczu, istotnie różniące się od wzorca. Plony wahały się w granicach 126,5–209,1% wzorca (38,2 q/ha), a zawartość tłuszczu 103–108% wzorca (47%). Przeprowadzono obliczenia, aby określić spodziewane wartości plonu nasion odmian syntetycznych, jakie mogłyby być tworzone z badanych odmian i rodów. Rozważano syntetyki dwu- i trójskładnikowe wytworzone z najlepiej kombinujących odmian i rodów.

Diallel (13 x 13) crossings of the double low oilseed rape cultivars and strains were made. Parental forms and F_1 combinations of diallel were compared in the field trials. Two cultivars and four strains were the parental forms that most frequently occurred in F_1 combinations yielding considerably above the standard variety (Bor), two strains gave combinations of the highest fat contents, considerably differing from the standard. The yields oscillated between 126,5–209,1% of standard (which amounts 38,2 q/ha) and the fat content between 103–108% of the standard (47%). Calculations were made to estimate the expected values of seed yield of synthetic varieties, which could be obtained from tested varieties and strains. Two- or three component synthetics composed from the best combining cultivars and strains were taken into account.

Dążenie do uzyskania jak najwyższej wydajności rzepaku zmusza do poszukiwania efektywnych metod hodowli. Jedną z metod opartych na zjawisku heterozji jest hodowla odmian syntetycznych.

Rzepak jest gatunkiem z mieszanym systemem samo- i obcozapłodnienia. Zdaniem Olssona (Olsson 1960, Becker 1989) większość roślin wykazuje stopień obcozapłodnienia od 20–40%, a niewielka grupa roślin wykazuje całkowite zapylenie krzyżowe. Ta ostatnia grupa jest szybko eliminowana w czasie chowu wsobnego. Taka zmienność w stopniu obcozapylenia jest typowa dla gatunków allogamicznych. Materiał wyjściowy odmiany syntetycznej takiego gatunku (mieszanina Syn 0) jest tworzony corocznie przez mieszanie składników prowadzonych oddzielnie w rodowodowej hodowli zachowczej. Tak więc odmiana syntetyczna może być odtwarzana.

Wzrost plonu odmiany syntetycznej jest zależny od stopnia obcozapylenia i liczby użytych komponentów (Becker 1992). Według Schweigera (1991), który zajmował się badaniem mieszanin homozygotycznych linii dihaploidalnych rzepaku, korzystny wpływ na plon mieszanin (Syn 0) miało zróżnicowanie pochodzenia użytych linii. W takim przypadku wzrost plonu w mieszaninach wyniósł powyżej 10%.

W badaniach prowadzonych w IHAR (Grabiec, Krzymański 1985) odmiany syntetyczne otrzymane przez swobodne przekrzyżowanie się mieszanin rodów genetycznie oddalonych (Syn 1) wykazywały wzrost plonu nawet do 24,9%.

Warunkiem uzyskania wysokiej wydajności i dobrej jakości odmiany syntetycznej jest odpowiedni dobór komponentów. Ocena ogólnej i specyficznej zdolności kombinacyjnej ma duże znaczenie ze względu na niską odziedziczalność plonu nasion (Krzymański i in. 1993, 1994). Uzyskane przez autorów wyniki wykazują, że wzrost wydajności mieszańców zależy nie tylko od doboru rodziców o najlepszej zdolności kombinacyjnej, ale również od doboru kombinacji rodziców o dobrej specyficznej zdolności kombinacyjnej. Stąd szczególne znaczenie mają badania nad oceną zdolności kombinacyjnych w poszukiwaniu odpowiednich składników dla odmian syntetycznych kombinacji. Szczególnie przydatna jest więc ocena ich zdolności kombinacyjnej.

Inną drogą zwiększenia plenności odmian syntetycznych jest uwzględnienie przy doborze składników ich stopnia obcopylności. Stopień obcozapylenia pomiędzy składnikami mieszanek wzrasta również wraz ze wzrostem ilości składników, jednak przy większej ich ilości trudno dobrać kombinację o dużej zdolności kombinacyjnej. Podjęte badania, których częścią jest niniejsze doniesienie, mają wyjaśnić jaki byłby optymalny model odmiany syntetycznej dla rzepaku ozimego.

Celowe wydaje się tworzenie odmian syntetycznych z materiałów zawężonych genetycznie w trakcie selekcji na wysoką wartość cech jakościowych. Tworzenie odmian syntetycznych może być drogą do podniesienia ich plonowania i możliwości adaptacyjnych.

Material i metody

Dla określenia zdolności kombinacyjnej materiału wyjściowego wykonano w 1996/97 w szklarni krzyżowanie dialleliczne (13 x 13). Formami rodzicielskimi było 5 odmian rzepaku: Bor, Mar, Marita, Leo, Polo i 8 rodów: MAH 1996, MAH 2096, MAH 2196, PN 2907/96, PN 3181/96, PN 3476/96, PN 3734/96, PN 3761/96. Zawartość tłuszczu w nasionach odmian i rodów wynosiła od 44 do 49%, a glukozyolanów od 4 do 11 $\mu\text{M/g}$ nasion.

Formy rodzicielskie porównywano z mieszańcami F_1 w roku następnym w trzech równoległych doświadczeniach. Doświadczenia te założone zostały metodą bloków losowanych z systematycznie rozmieszczonym wzorcem (odmiana Bor) w czterech powtórzeniach.

Przy wstępnym opracowaniu wyników wykorzystano poletka wzorcowe do usunięcia zmienności glebowej wewnątrzblokowej, jak również różnic między doświadczeniami. Uzyskane poprawione wzorcem wartości dla różnych kombinacji krzyżowań posłużyły do wykonania obliczeń ogólnych i specyficznych zdolności kombinacyjnych według metody Griffinga (1956). Obliczenia wykonano wykorzystując programy własne, napisane w oparciu o metodykę pokazaną przez Dobek i in. (1983).

Poprawione wartości plonów nasion dla różnych kombinacji krzyżowań wykorzystano do obliczeń przewidywanych plonów odmian syntetycznych dwuskładnikowych i trójskładnikowych.

Wyniki

W tabeli 1 zamieszczono plony nasion kombinacji F_1 i form rodzicielskich. Tabela 2 przedstawia wartości ogólnej zdolności kombinacyjnej oraz efektu matecznego.

Tabela 1

Plon nasion kombinacji diallelicznych 13 x 13 dla odmian i rodów rzepaku ozimego oraz ich mieszańców F₁ [dt/ha]
Seed yield of diallel 13 x 13 combinations of oilseed rape cultivars, strains and their hybrids

Odmiana/Ród Cultivar/Strain	2907/96	3181/96	3476/96	3734/96	3761/96	BOR	LEO	MAH 1996	MAH 2096	MAH 2196	MAR	MARITA	POLO
PN 2907/96	41,38	48,46	56,53	62,84	41,99	43,84	24,45	50,74	42,54	53,41	39,96	42,76	54,75
PN 3181/96	58,84	42,69	56,86	59,32	35,73	39,81	24,33	48,84	38,31	39,52	29,04	59,24	49,75
PN 3476/96	58,10	54,19	41,37	54,94	60,65	58,46	41,62	42,14	57,54	64,65	47,64	46,60	58,71
PN 3734/96	58,83	56,10	61,36	37,86	46,65	48,39	48,33	69,71	61,77	57,78	50,46	50,67	54,53
PN 3761/96	58,06	40,97	58,99	50,51	35,22	59,34	48,35	61,13	42,68	64,53	48,67	47,96	34,53
BOR	47,93	56,87	56,61	45,56	51,05	35,90	36,33	58,44	49,24	64,66	53,89	56,64	56,67
LEO	40,58	46,12	38,33	75,24	39,76	36,50	5,73	18,52	50,45	29,81	50,12	36,39	45,70
MAH 1996	54,44	49,42	48,19	80,46	65,89	47,20	44,00	30,34	45,33	41,28	45,63	47,23	30,54
MAH 2096	53,61	38,33	64,27	64,12	48,06	53,63	52,07	33,73	29,15	47,19	43,30	37,84	55,78
MAH 2196	33,75	51,89	45,16	67,02	60,99	69,88	44,60	48,67	53,96	26,70	67,83	60,28	55,34
MAR	50,40	44,37	53,02	36,26	47,28	61,71	40,67	36,93	31,27	53,79	13,09	24,26	42,52
MARITA	42,78	54,28	53,56	71,03	63,11	45,97	45,83	53,23	33,17	48,58	44,63	32,84	66,13
POLO	46,96	58,76	64,60	63,77	37,20	69,18	47,85	48,34	53,83	43,84	49,24	47,05	21,79

Średni plon wzorca Bor — average yield of standard variety Bor = 38,2 dt/ha

Tabela 2

Wartości ogólnej zdolności kombinacyjnej oraz efektu matecznego
Value of general combining ability and maternal effect

Formy rodzicielskie <i>Parental forms</i>	Zdolność kombinacyjna <i>GCA</i>	Efekt mateczny <i>Maternal effect</i>
PN 3734/L/96	8,13*	-5,12*
PN 3476/L/96	4,83*	-0,94
BOR	3,06	0,0
MAH 2196	2,38	3,87
PN 3761/L/96	0,94	1,33
POLO	0,74	1,98
PN 2907/96	-0,41	-3,24
MARITA	-0,58	5,02*
MAH 1996	-1,13	2,25
PN 3181/96	-1,35	-4,63*
MAH 2096	-1,91	2,45
MAR	-5,42*	-3,69
LEO	-9,33*	0,7
NIR (1) _{0,05}	3,95	
NIR (2) _{0,05}	5,59	
F _{GCA}	2,54**	

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

NIR (2)_{0,05} — różnice istotne dla porównania rodów lub odmian

— *significant difference for of strains and varieties comparison*

F_{GCA} — dla ogólnej zdolności kombinacyjnej — *F for general combining ability*

Tabela 3 przedstawia specyficzne zdolności kombinacyjne i efekty mateczne dla badanych mieszańców F₁ odmian i rodów rzepaku ozimego.

Wzory obliczeń przewidywanych plonów odmian syntetycznych dwuskładnikowych (Syn-2) i trójskładnikowych (Syn-3) przedstawiono w schemacie 1. Ponieważ u większości roślin rzepaku stopień obcozapylenia wynosi 20–40% (Olsson 1960), w obu przypadkach przyjęto 30% obcozapylenia. Przy czym należy przyjąć, że w dwuskładnikowych odmianach syntetycznych rozkłada się ono na 15% zapylenia roślinami tego samego składnika i 15% zapylenia roślinami drugiego składnika. W syntetyku trójskładnikowym procent obcozapylenia rozkłada się na pary wzajemnie przepylających się składników.

Tabela 3

Specyficzna zdolność kombinacyjna i efekty mateczne dla diallelicznych mieszańców F₁ odmian i rodów rzepaku ozimego
Specific combining ability and maternal effects for diallelic F₁ hybrids of oilseed rape cultivars and strains

Odmiana/Ród <i>Cultivar/Strain</i>	2907/96	3181/96	3476/96	3734/96	3761/96	BOR	LEO	MAH 1996	MAH 2096	MAH 2196	MAR	MARITA	POLO
	Specyficzna zdolność kombinacyjna — <i>Specific combining ability</i>												
PN 2907/96		6,95	4,43	4,65	1,03	-5,22	-6,21	5,67	1,93	-6,85	2,55	-4,70	3,38
PN 3181/96	10,38		3,59	2,47	-9,70	-1,83	-2,55	3,15	-6,88	-3,79	-4,99	10,23	6,40
PN 3476/96	1,57	-2,67		-3,27	5,58	1,18	3,63	-11,93	1,48	8,79	-1,47	-2,90	7,62
PN 3734/96	-4,01	-3,22	6,42		-8,95	-12,68	14,52*	19,62*	8,26	3,43	-7,81	4,84	1,82
PN 3761/96	16,07*	5,23	-1,66	3,86		2,74	3,98	15,23*	-2,12	10,98	3,99	6,71	-14,28*
BOR	4,09	17,06*	-1,85	-2,83	-8,29		-5,78	2,43	1,83	13,37	11,70	0,37	10,66
LEO	16,13*	21,79*	-11,48	26,91*	-8,59	0,17		-6,74	14,04	-4,31	11,69	2,56	6,90
MAH 1996	3,70	0,58	6,83	10,75	4,76	-11,25	25,48*		-5,89	-4,74	-0,63	3,48	-8,63
MAH 2096	11,07	0,03	2,44	2,34	5,38	4,39	1,62	-11,60		1,65	-3,84	-10,47	7,52
MAH 2196	-19,66*	12,37	-11,69	9,24	-3,54	5,22	14,79*	7,39	6,77		15,39*	4,17	-1,99
MAR	10,44	15,33*	0,54	-14,20	-1,39	7,82	-9,45	-8,70	-12,03	-14,05		-8,02	2,10
MARITA	0,02	-4,97	15,71*	20,35*	15,15*	-10,67	9,44	5,99	-4,67	-11,70	20,38*		7,97
POLO	-7,79	9,01	5,90	9,24	2,67	12,50	2,14	17,80*	-1,95	-11,50	6,73	-19,07*	
	Efekty mateczne — <i>Maternal effects</i>												

F dla specyficznej zdolności kombinacyjnej i efektów matecznych — *for specific combining ability and maternal effects* = 2,54**

NIR (1)_{0,05} — efekt istotnie różny od zera — *effect significantly different from 0* = 14,26

NIR (2)_{0,05} — różnice istotne dla porównania rodów lub odmian — *significant differences for comparison of strains and varieties* = 20,16

Odmiana syntetyczna dwuskładnikowa

$$0,425 \times A + 0,425 \times B + 0,075 \times (A \times B) + 0,075 \times (B \times A)$$

Odmiana syntetyczna trójskładnikowa

$$0,267 \times A + 0,267 \times B + 0,267 \times C$$

$$+ 0,0335 \times (A \times B) + 0,0335 \times (A \times C) + 0,0335 \times (B \times C)$$

$$+ 0,0335 \times (B \times A) + 0,0335 \times (C \times A) + 0,0335 \times (C \times B)$$

A, B, C — plony składników — *yield of component*
 (A x B), (B x A) — plon mieszańca — *yield of hybrid*

Schemat 1. Wzór obliczeń przewidywanego plonu syntetyków dwuskładnikowych i trójskładnikowych — *Calculation method of expected seed yield of synthetic varieties composed of two or three components*

W tabeli 4 przedstawiono wybrane ze 156 najwyżej plonujące dialeliczne mieszańce F_1 oraz syntetyki dwu- i trójskładnikowe z przewidywanym najwyższym plonem.

Plony mieszańców i syntetyków wyrażone są również w procencie wzorca (odmiana BOR), którego plon w doświadczeniach wstępnych prowadzonych w 1997/98 wynosił średnio w siedmiu miejscowościach 40,4 dt/ha.

Tabela 4

Optymalne kombinacje dla mieszańców F_1 , syntetyków dwu- i trójskładnikowych
Optimal combinations for F_1 hybrids, and two- or three component synthetic varieties

Najlepsze mieszańce F_1 — <i>The best F_1 hybrids</i>		Plon — <i>Yield</i> [dt/ha]	% wzorca BOR <i>per cent standard BOR</i>
MAH 1996	x PN 3734/L/96	80,46	210,63
LEO	x PN 3734/L/96	75,24	196,96
MARITA	x PN 3734/L/96	71,03	185,93
MAH 2196	x BOR	69,88	182,93
PN 3734/L/96	x MAH 1996	69,71	182,48
POLO	x BOR	69,18	181,09
MAH 2196	x MAR	67,83	177,57
MAH 2196	x PN 3734/L/96	67,02	175,45
MARITA	x POLO	66,13	173,10
MAH 1996	x PN 3761/L/96	65,89	172,48
BOR	x MAH 2196	64,66	169,26
PN 3476/L/96	x MAH 2196	64,65	169,25
POLO	x PN 3476/L/97	64,60	169,12
PN 3761/L/96	x MAH 2196	64,53	168,92

ciąg dalszy tabeli 4.

Najlepsze syntetyki dwuskładnikowe <i>The best two components synthetic varieties</i>	Przewidywany plon <i>Expected yield</i> [dt/ha]	% wzorca BOR <i>Per cent standard varieties</i>
PN 3181/L/96 + PN 3476/L/96	44,05	115,33
PN 2907/L/96 + PN 3181/L/96	43,78	114,60
PN 2907/L/96 + PN 3476/L/96	43,77	114,57
PN 3181/L/96 + PN 3734/L/96	42,89	112,28
PN 2907/L/96 + PN 3734/L/96	42,80	112,05
PN 3476/L/96 + PN 3734/L/96	42,40	110,98
PN 3476/L/96 + PN 3761/L/96	41,52	108,70
PN 3476/L/96 + BOR	41,47	108,56
PN 3181/L/96 + BOR	40,65	106,42
PN 3181/L/96 + MARITA	40,61	106,32
PN 3734/L/96 + MAH 1996	40,25	105,36
PN 2907/L/96 + PN 3761/L/96	40,06	104,87
PN 2907/L/96 + BOR	39,73	104,00
PN 3734/L/96 + MARITA	39,17	102,55
PN 3476/L/96 + MAH 2096	39,11	102,33
Najlepsze syntetyki trójskładnikowe <i>The best tree components synthetic varieties</i>	przewidywany plon <i>expected yield</i> [dt/ha]	% wzorca BOR <i>per cent standard varieties</i>
PN 2907/96 + PN 3181/96 + PN 3476/96	44,65	116,88
PN 2907/96 + PN 3181/96 + PN 3734/96	44,09	115,43
PN 3181/96 + PN 3476/96 + PN 3734/96	44,04	115,28
PN 2907/96 + PN 3476/96 + PN 3734/96	44,04	115,22
PN 3181/96 + PN 3476/96 + BOR	42,84	112,15
PN 2907/96 + PN 3476/96 + PN 3761/96	42,70	111,77
PN 2907/96 + PN 3476/96 + BOR	42,45	111,12
PN 3181/96 + PN 3476/96 + PN 3761/96	42,15	110,33
PN 3181/96 + PN 3476/96 + PN MARITA	42,09	110,18
PN 3181/96 + PN 3734/96 + MARITA	42,02	110,00
PN 2907/96 + PN 3181/96 + BOR	41,94	109,79
PN 2907/96 + PN 3734/96 + MAH 1996	41,89	109,65
PN 3181/96 + PN 3734/96 + MAH 1996	41,80	109,42
PN 3476/96 + PN 3734/96 + PN 3761/96	41,72	109,21
PN 3476/96 + PN 3734/96 + BOR	41,64	109,00

Ze względu na niski stopień obcozapylenia u rzepaku obliczone plony możliwych najlepszych odmian syntetycznych przedstawione w tabeli 4 są wyraźnie niższe od plonów nasion czołowych kombinacji F_1 . Lepszych plonów należy spodziewać się przy tworzeniu trójskładnikowych odmian syntetycznych niż dwuskładnikowych. Mimo znacznie niższych plonów odmian syntetycznych od mieszańców F_1 , należy wziąć pod uwagę, że efekt heterozji utrzymuje się w nich przez kilka pokoleń.

Wnioski

- Wysokie plony mieszańców F_1 były wynikiem pełnego obcozapylenia, efektu heterozji i oddalenia genetycznego form rodzicielskich.
- Ogólna zdolność kombinacyjna form rodzicielskich wykazała istotne zróżnicowanie.
- Specyficzna zdolność kombinacyjna była również istotnie zróżnicowana pomiędzy częścią kombinacji mieszańcowych oraz istotnie różna od zera.
- Zaznaczyło się istotne zróżnicowanie efektu matecznego.
- Przewidywany poziom plonowania najlepszych syntetyków dwu- i trójskładnikowych jest zbliżony, z tym, że w przypadku trzech składników jest nieco wyższy.
- Ze względu na mały stopień obcozapylenia u rzepaku, efekt heterozji dla odmian syntetycznych, chociaż znacznie niższy niż dla pełnych mieszańców, jednak powinien utrzymywać się przez więcej pokoleń.

Literatura

- Becker H.C. 1989. Breeding synthetic varieties in partially allogamous crops. Vorträge für Pflanzenzüchtung, XII Eucarpia Congress, Göttingen 27.02–4.03, 16: 81-90.
- Becker H.C., Damgaard C., Karlsson B. 1992. Environmental variation for outcrossing rate in rapeseed. Theoretical and Applied Genetics, 84: 303-306.
- Dobek A., Kaczmarek Z., Kielczewska H., Łuczkiwicz T. 1983. Podstawy teoretyczne analizy krzyżówek diallelicznych. Biuletyn IHAR, 151: 9-29.
- Grabiec B., Krzymański J. 1985. Badania nad wykorzystaniem zjawiska heterozji w hodowli rzepaku ozimego w Polsce. Biuletyn IHAR, 157: 7-10.
- Griffing B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Australian Journal of Biological Sciences, 9: 463-492.

- Krzymański J., Piętka T., Krótka K. 1993. Zdolność kombinacyjna i heterozja mieszańców diallelicznych rzepaku ozimego 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 ozimego podwójnie ulepszanego. II. Pokolenie F₁ i F₂. Rośliny Oleiste, XV (1): 21-32.
- Schweiger W. 1991. Mischungseffekte zwischen DH Linien von Winterraps (*Brassica napus* L.). Proceeding GCIRC 8th International Rapeseed Congress. Saskatoon, Canada, 117-122.