

PAWEŁ DOPIERAŁA¹**HENRYK BUJAK**²**JAN KARZMAREK**²**ANNA DOPIERAŁA**¹¹ Lochow-Petkus Polska Sp. z o. o.² Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa, Akademia Rolnicza we Wrocławiu

Ocena wartości hodowlanej linii i mieszańców żyta ozimego

Estimation of a breeding value of lines and hybrids of winter rye

W dwóch seriach doświadczeń badano 56 mieszańców żyta uzyskanych ze skrzyżowania 11 cytoplazmatycznie męskosterylnych linii (CMS) i 3 mieszańców pojedynczych (SC-CMS) z 4 formami ojcowskimi (testery: Lo 201-R, Lo 202-R, Lo 203-R i Lo 204-R). Pierwszą serię doświadczeń założono w ośmiu miejscowościach z 28 mieszańcami uzyskanymi z krzyżowań z testerami Lo 201-R i Lo 202-R. Drugą serię doświadczeń założono w pięciu miejscowościach z mieszańcami uzyskanymi z krzyżowań z testerami Lo 203-R i Lo 204-R. W celu stwierdzenia istotności różnic między środowiskami, genotypami i interakcji środowisk z miejscowościami przeprowadzono analizę wariancji dla doświadczeń wielokrotnych, a następnie oszacowano efekty ogólnej wartości kombinacyjnej (GCA) form matecznych i ojcowskich, swoistej wartości kombinacyjnej (SCA) mieszańców oraz ich interakcje ze środowiskami. W obydwu seriach doświadczeń stwierdzono istotne zróżnicowanie plonu badanych mieszańców i efektów środowisk oraz istotną interakcję GCA form matecznych i testerów ze środowiskami. Oceniając ogólną zdolność kombinacyjną form matecznych wyróżniono dwie matki o charakterze mieszańcowym (SC-CMS) Lo 106-P × Lo 104-N i Lo 102-P × Lo 103-N oraz linię Lo 110-P, które użyte w programach hodowlanych mogą zwiększać plon ziarna potostwa. Na uwagę zasługują również mieszańce pojedynczy Lo 103-P × Lo 104-N i linia Lo 104-P, które w pierwszej serii uzyskały nieistotne, a w drugiej istotne dodatnie wartości oszacowań efektów GCA. Spośród badanych testerów dodatnie wartości efektów GCA uzyskały testery Lo 202-R i Lo 204-R. Linie Lo 102-P, Lo 103-P, Lo 104-P i Lo 106-P nie wykazują istotnych dodatnich efektów GCA, a niektóre nawet mają wartości ujemne, natomiast ich mieszańce (SC-CMS) uzyskały istotne dodatnie wartości efektów GCA.

Słowa kluczowe: doświadczenia czynnikowe, linie, mieszańce, wartość hodowlana, zdolność kombinacyjna, żyto

Fifty-six rye hybrids obtained by crossing 11 cytoplasmic male sterile lines (CMS) and 3 single crosses with 4 male paternal forms (testers: Lo 201-R, Lo 202-R, Lo 203-R and 204-R) were evaluated in two series of experiments. In the first series the testers were Lo 201-R and Lo 202-R, and the experiments with 28 hybrids were conducted at 8 locations. The second series included 28 hybrids obtained with testers Lo 203-R and 204-R and was carried out at 5 locations. Analyses of variance were performed and the effects of general and specific combining ability (GCA, SCA) were estimated. Two

female parents (SC-CMS) Lo-106-P $\times$ Lo 104-N and Lo 102-P $\times$ Lo 105-N and line Lo 110-P were the best combiners of grain yield. Also promising were single hybrid Lo103-P $\times$ Lo 104-N and line Lo 104-P, which in the second series of experiments gave significant GCA effects. Among the testers, Lo 202-R and Lo 204-R exhibited positive GCA estimates. Lines Lo-102-P, Lo 104-P, Lo 105-P and Lo 106-P did not show significant positive GCA effects, whereas their hybrids (SC-CMS) had significant estimates of GCA effects.

Key words: breeding value, combining ability, factorial experiments, hybrids, lines, rye

WSTĘP

Żyto jest zbożem popularnym w uprawie, szczególnie na glebach lżejszych mniej zasobnych i zakwaszonych. Odmiany mieszańcowe są bardziej wymagające, stąd rosnąca rola hodowli heterozyznej wzmaga potrzebę badania eksperymentalnych mieszańców w licznych środowiskach glebowo-klimatycznych.

Jednym z najważniejszych zadań w hodowli heterozyznej żyta jest realizacja odpowiedniego programu wyprowadzania linii wsobnych, a następnie skutecznego ich testowania pod względem wartości kombinacyjnych (Bujak in., 1995; Grochowski i in., 1994; Węgrzyn i Madej, 1989; Węgrzyn i Śmiałowski, 1993; Wilde i in., 2001). Najczęściej do oceny zdolności kombinacyjnych form rodzicielskich wykorzystuje się potomstwo pochodzące z czynnikowego układu krzyżowań, co jest najbardziej uzasadnione z ekonomicznego punktu widzenia (Kaczmarek i in., 1992; Miedaner i Geiger, 1993; Grochowski i in., 1996). Linie wsobne obok wysokiej ogólnej i swoistej wartości kombinacyjnej powinny przekazywać swojemu potomstwu rolniczą stabilność plonowania. Ocena linii pod kątem tych właściwości daje możliwość lepszej hodowlanej charakterystyki linii wsobnych uczestniczących w programach hodowlanych (Geiger i in., 1995; Wilde, 1996; Thomerius i Geiger, 2001).

Niniejsze badania prowadzono z mieszańcami w dwóch seriach doświadczeń. W pierwszej serii uczestniczyło 28 mieszańców w ośmiu miejscowościach, a w drugiej w pięciu miejscowościach. Celem tych badań było oszacowanie wartości kombinacyjnych linii cytoplazmatycznie męskosterylnych (CMS) i mieszańców pojedynczych (SC-CMS) dla plonu ziarna żyta ozimego oraz wykonanie analizy interakcji zdolności kombinacyjnych ze środowiskiem.

MATERIAŁ I METODY

W roku 2002 założono dwie serie doświadczeń polowych z mieszańcami żyta ozimego. Materiał badawczy stanowiło 56 mieszańców żyta uzyskanych ze skrzyżowania 11 cytoplazmatycznie męskosterylnych linii (CMS) i 3 mieszańców pojedynczych (SC-CMS) z 4 formami ojcowskimi (testery: Lo 201-R, Lo 202-R, Lo 203-R i Lo 204-R). Pierwszą serię doświadczeń założono w ośmiu środowiskach (lokacjach) z 28 mieszańcami uzyskanymi z krzyżowań wszystkich form matecznych z testerami Lo 201-R i Lo 202-R. Drugą serię doświadczeń założono w kolejnych pięciu innych środowiskach z 28 mieszańcami uzyskanymi z krzyżowań form matecznych z testerami Lo 203-R i Lo 204-R. Celem większej liczby lokacji było oszacowanie wielkości interakcji

genotypów ze środowiskiem, natomiast ignorowano problem dopasowania mieszańców do określonego środowiska. Doświadczenia w obu seriach założono w dwóch powtórzeniach na poletkach o wielkości 6 m² w układzie losowanych bloków. Środowisko oznacza doświadczenie założone w jednym roku w danej miejscowości. Obserwowano plon ziarna na poletku.

W celu stwierdzenia istotności różnic efektów środowisk, genotypów i interakcji środowisk z miejscowościami przeprowadzono analizę wariancji dla doświadczeń wielokrotnych. Po odrzuceniu hipotezy o zerowych efektach genotypów i ich interakcji ze środowiskami przeprowadzono analizę wartości kombinacyjnych. Oszacowano efekty ogólnej wartości kombinacyjnej (GCA) form matecznych i ojcowskich, swoistej wartości kombinacyjnej (SCA) mieszańców oraz ich interakcje ze środowiskami. Poszczególne składniki w analizie wariancji testowano testem F w stosunku do średniego kwadratu błędu, co wynika z przyjęcia modelu stałego analizy wariancji, w którym środowiska potraktowano jako czynnik stały. Do wykazania istotności poszczególnych efektów ogólnej i swoistej wartości kombinacyjnej wykorzystano test Studenta.

WYNIKI

W tabeli 1 przedstawiono średnie wartości plonu ziarna mieszańców uzyskanych z przekrzyżowania cytoplazmatycznych linii oraz mieszańców pojedynczych z czterema testerami.

Tabela 1

Średnie plony ziarna mieszańców uzyskanych w dwóch seriach doświadczeń (dt/ha)
Mean yields of hybrids in two series of experiments (dt/ha)

Formy mateczne Mother forms	Testery Testers	Seria 1 — Series 1			Seria 2 — Series 2		
		Lo201-R	Lo202-R	$\bar{X}$	Lo203-R	Lo204-R	$\bar{X}$
Lo 101-P		61,90	68,40	65,15	72,22	83,60	77,91
Lo 102-P		61,54	72,68	67,11	73,26	82,64	77,95
Lo 103-P		61,46	66,91	64,19	72,83	83,44	78,14
Lo 104-P		65,59	68,21	66,90	77,02	82,84	79,93
Lo 105-P		58,61	63,50	61,06	72,82	79,48	76,15
Lo 106-P		61,60	60,72	61,16	73,92	75,70	74,81
Lo 107-P		63,10	69,46	66,28	73,62	79,20	76,41
Lo 108-P		62,70	67,03	64,86	74,32	76,94	75,63
Lo 109-P		67,15	68,09	67,62	74,60	82,66	78,63
Lo 110-P		69,15	74,38	71,77	76,28	87,24	81,76
Lo 111-P		61,58	67,14	64,36	68,82	77,06	72,94
Lo 103-P × Lo 104-N		62,35	68,04	65,19	75,82	88,00	81,91
Lo 106-P × Lo 104-N		63,34	70,94	67,14	76,50	83,08	79,79
Lo 102-P × Lo 103-N		64,49	70,97	67,73	75,96	85,26	80,61
Średnia dla półrodzeństwa pochodzącego od testerów Mean for half-sibs derived from testers		63,18	68,32	65,75	74,14	81,94	78,04

$\bar{X}$ — Średnia dla półrodzeństwa pochodzącego od form matecznych; Mean for half-sibs derived from maternal forms

Analizując dane zawarte w tej tabeli można zauważyć, iż w drugiej serii doświadczeń uzyskano wyższe wartości plonów dla mieszańców niż w serii pierwszej, co może wynikać z lepszych warunków klimatyczno-glebowych miejscowości, w których lokalizowane były doświadczenia.

Analiza wariancji wykonana dla obu serii doświadczeń wykazała istotne zróżnicowanie plonowania badanych mieszańców w każdej serii doświadczeń (tab. 2). Istotny wpływ na plonowanie uzyskanych mieszańców wykazywały również środowiska. Wykazano także interakcję mieszańców ze środowiskiem w każdej serii doświadczeń.

Analizę wariancji dla zdolności kombinacyjnych oraz ich interakcji ze środowiskiem przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 2

Analiza wariancji dla plonu mieszańców żyta ozimego (dt/ha)
Analysis of variance for grain yield of winter rye hybrids (dt/ha)

Zmienność Variability	Seria 1 — Series 1		Seria 2 — Series 2	
	liczba stopni swobody degrees of freedom	średnie kwadraty mean square	liczba stopni swobody degrees of freedom	średnie kwadraty mean square
Środowiska Environments	7	3908,95**	4	4829,88**
Bloki w środowiskach Replications in environments	8	25,05	5	79,78
Mieszańce Hybrids	27	237,03**	27	251,81**
Mieszańce × środowiska Hybrids × environments	189	24,57**	108	41,29**
Błąd — Error	216	14,16	135	15,45

** Istotność na poziomie $\alpha = 0,01$; Significant at $\alpha = 0.01$

Tabela 3

Analiza wariancji dla zdolności kombinacyjnych plonowania form żyta ozimego badanych w seriach doświadczeń
Analysis of variance for combining ability of winter rye forms for grain yield in two series of experiments

Zmienność Variability	Seria 1 — Series 1		Seria 2 — Series 2	
	liczba stopni swobody degrees of freedom	średnie kwadraty mean square	liczba stopni swobody degrees of freedom	średnie kwadraty mean square
GCA matek GCA females	13	169,36**	13	172,20**
GCA ojców GCA males	1	3458,00**	1	3975,13**
SCA	13	56,94**	13	45,02**
GCA matek × środowiska GCA females × environments	91	35,42**	52	41,40**
GCA ojców × środowiska GCA males × environments	7	43,27**	4	242,34**
SCA × środowiska SCA × environments	91	12,29	52	25,71**
Błąd — Error	216	14,16	135	15,45

** Istotność na poziomie $\alpha = 0,01$; Significant at $\alpha = 0.01$

W obydwu seriach doświadczeń stwierdzono istotne zróżnicowanie efektów ogólnej wartości kombinacyjnej form matecznych i ojcowskich, jak również swoistej wartości kombinacyjnej mieszańców. Stwierdzono także istotną interakcję efektów ogólnej wartości kombinacyjnej matek i testerów ze środowiskiem. W drugiej serii doświadczeń interakcja swoistej wartości kombinacyjnej ze środowiskiem była istotna, zaś w pierwszej serii była ona nieistotna. Efekty SCA w pierwszej serii doświadczeń były stabilne tzn. w różnych warunkach środowiska były podobne. Z racji na istotne efekty ogólnej i swoistej wartości kombinacyjnej można stwierdzić, iż w uwarunkowaniu plonu mieszańców żyta istotną rolę odegrały zarówno addytywne, jak i nieaddytywne efekty genów.

Oszacowane efekty ogólnej wartości kombinacyjnej form matecznych z obu serii doświadczeń przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4

Effekty ogólnej wartości kombinacyjnej (GCA) dla plonu ziarna form matecznych i testerów żyta ozimego
Effects of general combining ability (GCA) of maternal forms and testers for grain yield

Wyszczególnienie Entries	Seria 1 Series 1	Seria 2 Series 2
Formy mateczne Mother forms		
Lo 101-P	-0,57	-0,25
Lo 102-P	0,57	0,14
Lo 103-P	-1,63*	1,50
Lo 104-P	0,83	1,85*
Lo 105-P	-4,36**	-1,66
Lo 106-P	-2,89**	-3,89**
Lo 107-P	0,20	-1,21
Lo 108-P	-0,53	-2,17*
Lo 109-P	1,18	-1,64
Lo 110-P	5,30**	3,93**
Lo 111-P	-1,27*	-5,85**
Lo 103-P × Lo 104-N	-0,26	3,90**
Lo 106-P × Lo 104-N	1,61*	2,50**
Lo 102-P × Lo 103-N	1,82**	2,84**
Błąd standardowy Standard error	0,64	0,85
Testery Testers		
Lo 201-R	-2,78**	
Lo 202-R	2,78**	
Lo 203-R		-3,77**
Lo 204-R		3,77**
Błąd standardowy Standard error	0,18	0,23

* Istotność na poziomie $\alpha = 0,05$; Significant at $\alpha = 0.05$

** Istotność na poziomie $\alpha = 0,01$; Significant at $\alpha = 0.01$

Linia Lo 110-P oraz mieszańce pojedyncze Lo 106-P × Lo 104-N i Lo 102-P × Lo 103-N użyte w programach hodowlanych mogą spowodować wzrost plonu u swoich mieszańców, o czym świadczą dodatnie wartości efektów ogólnej wartości kombinacyjnej uzyskane w obydwu seriach doświadczeń. Na uwagę zasługują również mieszańce

pojedynczy Lo 103-P $\times$ Lo 104-N i linia Lo 104-P, które w pierwszej serii uzyskały nieistotne, a w drugiej istotne dodanie wartości oszacowań efektów GCA. Linie Lo 102-P, Lo 103-P, Lo 104-P i Lo 106-P nie wykazują istotnych dodatnich efektów GCA, a niektóre nawet mają wartości ujemne, natomiast ich mieszańce (SC-CMS) uzyskały istotne dodatnie wartości efektów GCA, co świadczy o wysokiej swoistej wartości kombinacyjnej i heterozji ujawnionej u tych mieszańców. Potwierdza to trafny dobór komponentów w tych mieszańcach. Spośród badanych testerów dodatnie wartości oszacowań efektów GCA uzyskały testery Lo 202-R i Lo 204-R, co świadczy o ich wysokiej wartości hodowlanej.

Analizując efekty swoistej wartości kombinacyjnej można wybrać mieszańce żyta ozimego o poprawionych wartościach plonu (tab. 5).

Tabela 5

Efekty swoistej wartości kombinacyjnej (SCA) mieszańców					
Effects of specific combining ability (SCA) of hybrids					
Testery Testers	Lo201-R	Lo202-R	Lo203-R	Lo204-R	
Formy mateczne Mother forms					
Lo 101-P	-0,15	0,15	-1,94*	1,94*	
Lo 102-P	-3,30**	3,30**	-0,90	0,90	
Lo 103-P	0,41	-0,41	-1,08	1,08	
Lo 104-P	1,45*	-1,45*	1,34	-1,34	
Lo 105-P	0,42	-0,42	-0,22	0,22	
Lo 106-P	2,18**	-2,18**	2,03*	-2,03*	
Lo 107-P	-0,32	0,32	0,21	-0,21	
Lo 108-P	0,24	-0,24	2,00*	-2,00*	
Lo 109-P	1,57*	-1,57*	1,69*	-1,69*	
Lo 110-P	0,02	-0,02	-1,79*	1,79*	
Lo 111-P	-0,18	0,18	0,67	-0,67	
Lo 103-P × Lo 104-N	-0,29	0,29	-2,42**	2,42**	
Lo 106-P × Lo 104-N	-1,38*	1,38*	0,97	-0,97	
Lo 102-P × Lo 103-N	-0,68	0,68	-0,56	0,56	
Błąd standardowy Standard error	0,64		0,85		

* Istotność na poziomie $\alpha = 0,05$; Significant at $\alpha = 0,05$

** Istotność na poziomie $\alpha = 0,01$; Significant at $\alpha = 0,01$

Na uwagę zasługuje kilka mieszańców pojedynczych o dodatnich efektach swoistej wartości kombinacyjnej. Uzyskano również dwa mieszańce trójliniowe (Lo 103-P $\times$ Lo 104-N) $\times$ Lo 204-R i (Lo 106-P $\times$ Lo 104-N) $\times$ Lo 202-R, dla których stwierdzono dodatnie wartości oszacowań efektów swoistej wartości kombinacyjnej.

WNIOSKI

1. Stwierdzono istotne zróżnicowanie plonu badanych mieszańców oraz środowisk w obydwu seriach doświadczeń.
2. Na podstawie analizy statystyczno-genetycznej wykazano istotną przewagę addytywnych nad nieaddytywnymi formami działania genów warunkujących plon ziarna.

3. W obydwu seriach doświadczeniach wystąpiła istotna interakcja ogólnej wartości kombinacyjnej form matecznych i testerów oraz swoistej wartości kombinacyjnej mieszańców ze środowiskami. Świadczy to o wrażliwości badanych genotypów na zmienne czynniki glebowo-pogodowe.
4. Oceniając formy rodzicielskie pod względem ogólnej zdolności kombinacyjnej, należy wyróżnić mieszańce pojedyncze Lo 106-P × Lo 104-N i Lo 102-P × Lo 103-N oraz linię Lo 110-P, który użyte w programach hodowlanych podnoszą plon ziarna. Na uwagę zasługują również mieszańce pojedynczy Lo 103-P × Lo 104-N i linia Lo 104-P, które w pierwszej serii uzyskały nieistotne, a w drugiej istotne dodatnie wartości oszacowań efektów GCA. Spośród badanych testerów dodatnie wartości efektów GCA uzyskały testery Lo 202-R i Lo 204-R.
5. Pojedyncze linie wsobne Lo 102-P, Lo 103-P, Lo 104-P i Lo 106-P nie wykazywały istotnych dodatnich efektów GCA, natomiast mieszańce pojedyncze (SC-CMS) jako formy mateczne utworzone z tych linii cechowały się istotnymi dodatnimi efektami ogólnej wartości kombinacyjnej. Potwierdza to trafny dobór komponentów w tych mieszańcach.

LITERATURA

- Bujak H., Kaczmarek J., Kadłubiec W. 1995. Ocena zdolności kombinacyjnej materiałów hodowlanych żyta. Biul. IHAR 195/196: 299 — 306.
- Geiger H. H. 1985. Hybrid breeding in rye (*Secale cereale* L.). Proc. Eucarpia Meeting of the Cereal Section of Rye, Part I, Svalöv, Sweden: 237 — 265.
- Geiger H. H., Yuan Y., Miedaner T., Wilde P. 1995. Environmental Sensitivity of Cytoplasmic Genic Male Sterility (CMS) in *Secale cereale* L. In: Kück U., Wricke G. (eds.). Genetic mechanisms for hybrid breeding. Advances in plant breeding 18: 7 — 17.
- Grochowski L., Kaczmarek J., Kadłubiec W., Bujak H. 1994. Analiza zmienności i zdolności kombinacyjnych wybranych linii wsobnych żyta o żółtym ziarnie. Cz. I. Wstępna ocena wartości hodowlanej linii krzyżowanych z formami SMH 108 i Motto. Biul. IHAR 190: 3 — 8.
- Kaczmarek J., Kadłubiec W., Grochowski L. 1992. Analiza wartości informacyjnej testerów w doświadczeniach topcrossowych żyta. Biul. IHAR 181/182: 3 — 12.
- Miedaner T., Geiger H. H. 1993. Zuchtgarten für den Hybridroggen. Universität Hohenheim, Landessatzzüchtanstalt: 1 — 12.
- Grochowski L., Kaczmarek J., Kadłubiec W., Bujak H. 1996. Genetic analysis of variability and combining ability of rye hybrid cultivars. Plant Breeding and Seed Science 40: 37 — 47.
- Thomerius A. M., Geiger H. H. 2001. Influence of quantitative-genetic and economic parameters on the efficiency of CMS-line development in rye. Proc. Eucarpia Rye Meeting, Radzików, Poland: 33 — 42.
- Wilde P. 1996. Multi-stage selection for combining ability among pollen parents lines in hybrid rye breeding. Vort. Pflanzenzüchtg. 35: 15 — 25.
- Wilde P., Menzel J., Schmiedchen B. 2001. Estimation of general and specific combining ability variances and their implications on hybrid rye breeding. Proc. Eucarpia Rye Meeting, Radzików, Poland: 23 — 30.
- Węgrzyn S., Madej L. 1989. Ogólna i swoista wartość kombinacyjna kilku cech żyta diploidalnego. Zesz. Prob. IHAR Prace Zesp. Hod. Żyta (1988): 13 — 22.
- Węgrzyn S., Śmiałowski T. 1993. Sposoby działania genów u żyta ze szczególnym uwzględnieniem epistazy. Zesz. Nauk. AR Wrocław 223: 91 — 100.