

IRENA KOLASIŃSKA¹
WALDEMAR BRUKWIŃSKI²
JACEK JAGODZIŃSKI¹
BARBARA KOZBER²
RENATA KRYSZTOFIK²
MICHAŁ MATERKA³

¹ Zakład Genetyki i Hodowli Roślin Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Radzikowie

² Danko Hodowla Roślin Sp. z o.o.

³ Poznańska Hodowla Roślin Sp. z o.o.

Określenie zdolności kombinacyjnej komponentów matecznych do tworzenia mieszańców żyta

Estimation of combining ability of female components for rye hybrids creation

Badano zdolność kombinacyjną 21 wybranych komponentów matecznych, będących męskosterylnymi mieszańcami pojedynczymi (CMS-SC), wytworzonymi w wyniku krzyżowania linii męskosterylnych o cytoplazmie Pampa (linie P) z liniami dopełniającymi sterylność (linie N). W charakterze komponentów ojcowskich (testerów) wykorzystano 5 zróżnicowanych populacji syntetycznych przywracających płodność (Syn-R): SR13, WM18, 18R, 19R, 20R. Komponenty rodzicielskie (mateczne i ojcowskie) tworzonych mieszańców żyta zostały wyhodowane w firmach hodowlanych: Danko Hodowla Roślin Sp. z o.o., Poznańska Hodowla Roślin Sp. z o.o., Hodowla Roślin Smolice Sp. z o.o. Krzyżowanie komponentów matecznych z ojcowskimi wykonano w układzie topcross na polach przestrzennie izolowanych. W roku 2010/2011 oceniono ogółem 105 mieszańców F₁ typu CMS-SC×Syn-R w trzech doświadczeniach. Doświadczenia polowe zostały założone metodą bloków niekompletnych w 3 miejscowościach i w 3 powtórzeniach. Wielkość poletka wynosiła 5m², a gęstość siewu 250 kiełkujących ziaren/m². Analizowano następujące cechy: plon ziarna, masa 1000 ziaren, wysokość roślin, termin kłoszenia, intensywność pylenia, porażenie rdzą brunatną i stopień wylegania. Obliczenia statystyczne wykonano za pomocą programu komputerowego Eksplan. Przeprowadzono analizę wariancji zdolności kombinacyjnej, oszacowano efekty ogólnej zdolności kombinacyjnej rodziców (GCA) i swoistej zdolności kombinacyjnej par rodzicielskich (SCA) oraz ich współdziałanie ze środowiskiem. Analiza wariancji wykazała istotne zróżnicowanie mieszańców pod względem prawie wszystkich cech użytkowych. Stwierdzono istotną zmienność ogólnej zdolności kombinacyjnej komponentów matecznych i ojcowskich dla większości cech. Zmienność swoistej zdolności kombinacyjnej okazała się znacząca głównie dla wczesności kłoszenia. Oszacowano wielkość i istotność średnich efektów GCA komponentów matecznych z trzech miejscowości i dodatkowo w poszczególnych miejscowościach. Ponadto testowano istotność interakcji GCA komponentów matecznych i SCA par rodzicielskich ze środowiskiem. Wyodrębniono komponenty mateczne o dobrej i stabilnej ogólnej zdolności kombinacyjnej oraz pary rodzicielskie wyróżniające się

istotnymi korzystnymi efektami SCA, które mogą być wykorzystane w hodowli odmian mieszańcowych żyta.

Słowa kluczowe: dziedziczenie ilościowe, hodowla odmian mieszańcowych, *Secale cereale* L., zdolność kombinacyjna, żyto

General (GCA) combining ability of several female and male components for rye hybrids and specific combining ability (SCA) of parental pairs were determined in three experiments performed in season 2010/2011. Parental components were created in three plant breeding companies: Danko Plant Breeders Ltd., Poznań Plant Breeders Ltd. and Smolice Plant Breeding Ltd. 105 F₁ hybrids were produced by crossing 21 female components (single male sterile hybrids) to five male components (testers) in spatially isolated fields. Each experiment included 35 F₁ hybrids produced by crossing seven female components (CMS-SC) with five male components (restorers). In the season 2010/2011 rye hybrids were evaluated in three field trials (3 locations, 3 replicates, plot size - 5m², sowing density - 250 viable kernels/m²). The following traits were assessed: grain yield, 1000 grain weight, plant height, heading date, pollen shedding, resistance to brown rust and lodging. Statistical analyses were made with the Eksplan computer package. Significant variation was found among experimental hybrids for almost all traits. General combining ability of both females and males was significant for majority traits in the experiments. Significant specific combining ability was detected mainly for the heading date. The tests allowed to select female components with significant favourable GCA effects and valuable parental pairs for utilization in rye hybrid breeding.

Key words: combining ability, hybrid breeding, quantitative inheritance, rye, *Secale cereale* L.

WSTĘP

Współcześnie uprawiane odmiany mieszańcowe żyta zostały wytworzone poprzez krzyżowanie komponentów matecznych, którymi są męskosterylne mieszańce pojedyncze (CMS-SC) z komponentami ojcowskimi będącymi populacjami syntetycznymi przywracającymi płodność (Syn-R). Zdaniem Geigera (1985) tylko taki złożony mieszaniec (topcross hybrid), o formule CMS-SC×Syn-R (A×B)×C, umożliwia osiągnięcie optymalnego połączenia poziomu i stabilności plonowania z genetycznymi, technicznymi i ekonomicznymi aspektami produkcji nasion. Całkowicie sterylny komponent mateczny (A×B), tworzony poprzez krzyżowanie linii męskosterylnej (A) z linią dopełniającą sterylność (B), zapewnia wysoki plon nasion handlowych o dobrej jakości siewnej. Populacja syntetyczna (C), najczęściej utworzona z dwóch linii wsobnych, powinna charakteryzować się wystarczającą zdolnością przywracania płodności, wysoką produktywnością pyłku oraz długim okresem pylenia. Główną zaletą tego typu mieszańca handlowego jest tańsza i bardziej stabilna produkcja nasion o mniejszym ryzyku dla hodowcy. W programie hodowli mieszańców istnieje konieczność określenia zdolności kombinacyjnej (GCA) dużej liczby komponentów rodzicielskich. Zdolność kombinacyjna męskosterylnych komponentów matecznych jest oceniana poprzez ich krzyżowanie z kilkoma testerami, którymi najczęściej są populacje syntetyczne przywracające płodność (Syn-R). Znajomość zdolności kombinacyjnej form rodzicielskich umożliwia wytworzenie różnego typu mieszańców o pożądanych cechach użytkowych. Ponadto określenie udziału ogólnej zdolności kombinacyjnej (GCA) form rodzicielskich i swoistej zdolności kombinacyjnej (SCA) par rodzicielskich w zmienności genetycznej mieszańców wskazuje na model genetycznego uwarunkowania cech ilościowych.

Celem badań było określenie zdolności kombinacyjnej nowo wytworzonych komponentów matecznych w zróżnicowanych warunkach środowiska.

MATERIAŁ I METODY

Przeprowadzono ocenę zdolności kombinacyjnej 21 komponentów matecznych poprzez krzyżowanie ich z 5 zróżnicowanymi populacjami ojcowskimi. Komponentami matecznymi były męskosterylne mieszańce pojedyncze (CMS-SC), wytworzone w wyniku krzyżowania linii męskosterylnych o cytoplazmie Pampa (linie P) z liniami dopełniającymi sterylność (linie N) w tunelach foliowych. Komponentami ojcowskimi (testerami) były populacje syntetyczne przywracające płodność (Syn-R) oznaczone jako: SR13, WM18, 18R, 19R, 20R. Komponenty rodzicielskie (mateczne i ojcowskie) tworzonych mieszańców żyta zostały wyhodowane w firmach hodowlanych: Danko Hodowla Roślin Sp. z o.o., Poznańska Hodowla Roślin Sp. z o.o., Hodowla Roślin Smolice Sp. z o.o. W 2009/2010 roku wykonano krzyżowanie komponentów matecznych z ojcowskimi w układzie topcross na polach przestrzennie izolowanych w tych trzech firmach hodowlanych. W wyniku krzyżowania wytworzono 105 eksperymentalnych mieszańców pokolenia F₁. W sezonie wegetacyjnym 2010/2011 mieszańce te oceniono w trzech doświadczeniach polowych przeprowadzonych w 3 następujących miejscowościach: D01_11 — Choryń, Nagradowice, Radzików; D02_11 — Laski, Radzików, Wierzenica; D03_11 — Radzików, Sobiejuchy, Wierzenica. Wszystkie doświadczenia polowe zostały założone metodą bloków niekompletnych w 3 powtórzeniach. Wielkość poletka wynosiła 5m², a gęstość siewu 250 kielkujących ziaren/m²). Oceniono następujące cechy: plon ziarna, masa 1000 ziaren, wysokość roślin, wczesność kłoszenia mierzona liczbą dni od 1.05 do początku kłoszenia roślin, intensywność pylenia, porażenie rdzą brunatną i wyleganie. Trzy ostatnie cechy oznaczono w skali 1–9°, przy czym 9°— najlepszy. Wszystkie cechy z wyjątkiem masy 1000 ziaren oznaczono w każdej miejscowości przeprowadzonych doświadczeń. Natomiast masa 1000 ziaren była analizowana tylko w dwóch miejscowościach doświadczeń D01_11 i D03_11. Obliczenia statystyczne wykonano za pomocą programu komputerowego Eksplan, które obejmowały: analizę wariancji, analizę zdolności kombinacyjnej, oszacowanie efektów ogólnej zdolności kombinacyjnej rodziców (GCA) i swoistej zdolności kombinacyjnej par rodzicielskich (SCA) oraz ich interakcji ze środowiskiem (Krajewski i in., 2006; Mądry i in. 2010).

WYNIKI

Mieszańce F₁ uzyskane poprzez krzyżowanie 14 komponentów matecznych z 5 populacjami ojcowskimi, oceniane w doświadczeniach D01_11 i D02_11, były istotnie zróżnicowane pod względem prawie wszystkich cech użytkowych (tab. 1, tab. 2). Mieszańce te różniły się nieistotnie tylko pod względem pylenia i odporności na wyleganie w jednej z miejscowości.

Tabela 1

**Średnie kwadraty z analizy wariancji mieszańców F₁ żyta ocenianych w 2011 roku: Choryń (CHD),
Nagradowice (NAD), Radzików (RAH)**

**Mean squares from the analysis of variance of rye hybrids evaluated in 2011: Choryń (CHD),
Nagradowice (NAD), Radzików (RAH)**

Źródło zmienności Source of variation	St. sw. Df	Plon Yield			Kłoszenie Heading			Pylenie Pollen shedding		
		CHD	NAD	RAH	CHD	NAD	RAH	CHD	NAD	RAH
Bloki Blocks	17	462,3	1474,2	560,9	0,84	3,14	1,72	0,32	0,23	0,99
Obiekty Entries	35	69,1*	100,5*	67,7**	1,65**	2,89**	1,84**	0,89**	0,30	0,95**
GCA matek GCA of females	6	19,9	67,4	74,1*	1,08**	1,52	1,29**	1,13**	0,48	3,37**
GCA ojców GCA of males	4	191,3**	254,6**	181,7**	8,85**	10,34**	7,94**	4,29**	0,79*	0,42
SCA SCA	24	49,8	93,2	47,2	0,59**	2,17**	1,02**	0,25	0,17	0,45**
Błąd Error	55	40,9	62,7	33,2	0,13	0,75	0,34	0,32	0,27	0,20

Źródło zmienności Source of variation	St. sw. Df	Wysokość Height			Rdza brunatna Brown rust			Wyleganie Lodging			Masa 1000 ziaren 1000 grain weight	
		CHD	NAD	RAH	CHD	NAD	RAH	CHD	NAD	RAH	NAD	RAH
Bloki Blocks	17	79,40	60,50	145,7	0,68	0,26	4,86	1,61	3,04	4,46	15,94	3,72
Obiekty Entries	35	32,1**	95,9**	62,9**	0,44*	0,50**	1,44**	1,34**	0,32	1,28**	7,42**	6,27**
GCA matek GCA of females	6	67,7**	174,2**	142,4**	0,48	0,41	2,56**	2,19**	0,51	2,70**	9,62**	7,35**
GCA ojców GCA of males	4	91,1**	125,2**	218,0**	1,57**	1,02**	5,82**	4,19**	0,37	3,10**	31,96**	18,44**
SCA SCA	24	10,2*	81,2**	16,7**	0,27	0,48**	0,62	0,61**	0,30	0,67*	2,90	0,87
Błąd Error	55	5,10	1,97	7,3	0,24	0,23	0,61	0,26	0,37	0,36	2,16	0,95

*, ** Istotne odpowiednio na poziomie $\alpha = 0,05$ i $\alpha = 0,01$

*, ** Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

Mieszańce F₁ oceniane w doświadczeniu D03_11 istotnie różniły się plonem ziarna, wczesnością kłoszenia i masą 1000 ziaren we wszystkich miejscowościach (tab. 3). Jednak istotne zróżnicowanie tych mieszańców pod względem pozostałych cech użytkowych stwierdzono tylko w pojedynczych miejscowościach doświadczenia.

Badania wykazały istotną zmienność ogólnej zdolności kombinacyjnej komponentów matecznych dla większości cech użytkowych w większości przeprowadzonych doświadczeń (tab. 1, tab. 2, tab. 3). Komponenty mateczne najczęściej różniły się nieistotnie pod względem intensywności pylenia oraz odporności na wyleganie w doświadczeniach przeprowadzonych w Nagradowicach i w Wierzenicy. Jest to wynikiem niewielkiej zmienności mieszańców pod względem tych cech. Oszacowane średnie efekty

GCA komponentów matecznych ocenianych w doświadczeniach D01_11, D02_11 i D03_11 przedstawiono odpowiednio w tabelach 4, 5 i 6.

Tabela 2

Średnie kwadraty z analizy wariancji mieszańców F₁ żyta ocenianych w 2011 roku: Laski (LAD), Radzików (RAH), Wierzenica (WID)

Mean squares from the analysis of variance of rye hybrids evaluated in 2011: Laski (LAD), Radzików (RAH), Wierzenica (WID)

Źródło Zmienności Source of variation	St. sw. Df	Plon Yield			Kłoszenie Heading			Pylenie Pollen shedding			Wysokość Height		
		LAD	RAH	WID	LAD	RAH	WID	LAD	RAH	WID	LAD	RAH	WID
Bloki Blocks	17	163,8	452,6	34,2	3,12	1,31	1,19	0,82	0,61	0,13	20,7	73,4	31,9
Mieszańce Hybrids	35	151,4**	54,4*	133,2**	2,23**	2,44**	1,47**	2,53**	0,96**	0,27	50,4**	13,9**	49,0*
GCA-matka GCA of females	6	152,8**	102,9**	177,5**	6,46**	5,54**	0,63	5,75**	2,45**	0,33	53,3**	8,7	62,0*
GCA-ojciec GCA of males	4	417,0**	49,0	93,3**	7,32**	7,35**	3,0**	11,74**	0,75**	0,10	273,6**	60,2**	67,3*
SCA SCA	24	83,3	49,5	101,5**	0,46	0,88**	1,47**	0,29	0,52**	0,29	13,8	5,9	34,9*
Błąd Error	55	50,1	30,3	6,1	0,69	0,30	0,30	0,20	0,19	0,26	10,9	6,9	14,5

Źródło Zmienności Source of variation	St. sw. Df	Rdza brunatna Brown rust			Wyleganie Lodging			MTZ		
		LAD	RAH	WID	LAD	RAH	WID	LAD	RAH	WID
Bloki Blocks	17	0,87	1,60	0,44	8,53	10,68	3,40	12,23	24,06	6,22
Mieszańce Hybrids	35	0,64*	0,59*	0,42*	8,88**	1,53**	0,63	13,75**	12,3**	2,10*
GCA-matka GCA of females	6	1,45**	0,89*	0,27	14,9**	5,78**	0,29	39,14**	36,37**	1,29
GCA-ojciec GCA of males	4	0,79	1,05*	0,18	24,58**	0,70	0,71	37,99**	26,68**	6,31**
SCA SCA	24	0,36	0,46	0,50**	2,89	0,65	0,64	1,57	2,09	1,22
Błąd Error	55	0,39	0,35	0,23	2,65	0,43	0,97	2,01	1,24	1,24

*, ** Istotne odpowiednio na poziomie $\alpha = 0,05$ i $\alpha = 0,01$

*, ** Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

W grupie komponentów matecznych ocenianych w doświadczeniu D01_11 na uwagę zasługują CSIN 264 i NSIN 0825. Pierwszy przekazał potomstwu wysoką zdolność plonowania (istotny dodatni efekt GCA) z jednoczesnym obniżeniem wysokości roślin (istotny ujemny efekt GCA) i opóźnieniem terminu kłoszenia (tab. 4). Pozostałe cechy jego półrodzeństwa były zbliżone (różnice nieistotne) do średniej ogólnej kombinacji w wykonanym układzie krzyżowania. Komponent mateczny CSIN 264 wyróżnił się także stabilnością, o czym świadczy brak istotnej interakcji jego zdolności kombinacyjnej ze środowiskiem dla wszystkich cech z wyjątkiem wylegania. NSIN 0825 warunkował

wysoki plon ziarna i nieco późniejsze kłoszenie potomstwa przy zachowaniu pozostałych cech na poziomie średniej ogólnej doświadczenia.

Tabela 3

Średnie kwadraty z analizy wariancji mieszańców F₁ żyta ocenianych w 2011 roku: Radzików (RAH), Sobiejuchy (SOH), Wierzenica (WID)
Mean squares from the analysis of variance of rye hybrids evaluated in 2011: Radzików (RAH), Sobiejuchy (SOH), Wierzenica (WID)

Źródło zmienności Source of variation	St. sw. Df	Plon Yield			Kłoszenie Heading			Pylenie Pollen shedding		
		RAH	SOH	WIE	RAH	SOH	WIE	RAH	SOH	WIE
Bloki Blocks	17	1102,1	113,0	113,7	2,08	2,63	1,40	1,36	3,28	0,22
Mieszańce Hybrids	35	49,8**	60,2**	132,7**	3,60**	3,19**	1,50**	1,08**	4,11**	0,25
GCA matek GCA of females	6	93,6**	27,5	153,8**	7,88**	6,44**	1,37**	4,08**	4,41**	0,16
GCA ojców GCA of males	4	64,8*	209,9**	271,3**	14,56**	11,19**	1,91**	0,53	18,67**	0,22
SCA SCA	24	36,5	24,2	115,8**	0,67*	0,88*	1,50**	0,29	1,40**	0,26
Błąd Error	55	25,6	16,8	6,9	0,39	0,52	0,44	0,23	0,51	0,24

Źródło zmienności Source of variation	St. sw. Df	Wysokość Height			Rdza brunatna Brown rust			Wyleganie Lodging			Masa 1000 ziaren 1000 grain weight	
		RAH	SOH	WIE	RAH	SOH	WIE	RAH	SOH	WIE	RAH	WIE
Bloki Blocks	17	376,8	90,2	23,3	5,38	2,19	0,26	5,57	1,04	0,14	28,38	6,93
Mieszańce Hybrids	35	24,2**	17,9	81,8	2,23**	0,79	0,59**	0,99**	0,57	0,28	8,43**	4,48*
GCA matek GCA of females	6	68,2**	18,3	45,0	6,39**	1,27	0,21*	2,14**	1,36*	0,41	14,49**	6,69*
GCA ojców GCA of males	4	55,6**	71,5**	137,4	2,36*	0,76	0,39**	3,83**	0,74	0,21	29,66**	5,52
SCA SCA	24	8,2	7,2	80,3	1,26	0,69	0,66**	0,25	0,38	0,27	1,45	3,60
Błąd Error	55	7,5	15,6	0,0	0,90	0,75	0,08	0,45	0,53	0,26	1,72	2,50

*, ** Istotne odpowiednio na poziomie $\alpha = 0,05$ i $\alpha = 0,01$

*, ** Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

Zdecydowana większość komponentów macecznych ocenianych w doświadczeniu D02_11 wykazała nieistotnie różne od zera efekty GCA cech użytkowych (tab. 5). Ponadto stwierdzono istotną interakcję GCA większości komponentów macecznych tej grupy z miejscowością dla wczesności kłoszenia, intensywności pylenia i masy 1000 ziaren. Komponent maceczny WCSIN 258 wyróżnił się dobrą zdolnością kombinacyjną plonowania (istotny, dodatni efekt GCA). Jego efekty GCA pozostałych cech różniły się nieistotnie od zera, a dla trzech z nich (wysokość, kłoszenie, pylenie) stwierdzono istotną interakcję ze środowiskiem.

Tabela 4

Średnie efekty GCA komponentów matecznych ocenianych w 2011 (D01_11)
Mean GCA effects of female components evaluated in 2011 (D01_11)

Matka Female	Plon Yield	Kłoszenie Heading	Pylenie Pollen shedding	Wysokość Height	Rdza brunatna Brown rust	Wyleganie Lodging	Masa 1000 ziaren 1000 grain weight
NSIN 0825	2,77*	0,19*	0,09	2,22	0,12	-0,02	0,41
CSIN 264	1,66*	0,47*	-0,03	-2,54*	-0,28	-0,15	0,62
WSIN 30	-0,11	-0,13	-0,17	1,12	0,16	0,31	0,38
NSIN 0832	-0,47	-0,34	-0,04	1,97	0,19	-0,40**	-0,56
NSIN 0831	-0,92	0,16	0,25	3,37*	0,15	0,33*	-1,32
WSIN 27	-1,09	-0,30	-0,01	-0,73	0,03	0,13	0,91
NSIN 0836	-1,83	-0,05	-0,10	-5,40**	-0,36	-0,60**	-0,43

*, ** Istotnie różne od zera odpowiednio na poziomie $\alpha = 0,05$ i $0,01$; Significantly different from zero at the 0.05 and 0.01 levels of significance, respectively

Pogrubiona czcionka — istotna interakcja GCA ze środowiskiem; **In bold** — significant GCA × environment interaction

Tabela 5

Średnie efekty GCA komponentów matecznych ocenianych w 2011 (D02_11)
Mean GCA effects of female components evaluated in 2011 (D02_11)

Matka Female	Plon Yield	Kłoszenie Heading	Pylenie Pollen shedding	Wysokość Height	Rdza brunatna Brown rust	Wyleganie Lodging	Masa 1000 ziaren 1000 grain weight
WCSIN 258	4,03**	-0,78	-0,22	-0,88	-0,02	-0,40	0,17
SIN 22	1,14	-0,34*	0,25	-2,08*	-0,01	-0,03	0,45
WNSIN 0803	0,83	-0,21	0,00	0,88	-0,23	0,26	0,87
WNSIN 0801	0,35	0,38	-0,08	-0,74	0,00	-0,34	-1,24
SIN 23	-1,88	0,60	0,24	1,83**	0,09	0,23	0,43
SIN 24	-2,19	0,35	-0,66	0,28	-0,09	1,08	1,47
WCSIN 249	-2,28	0,00	0,47	0,72	0,26	-0,80	-2,16

*, ** Istotnie różne od zera odpowiednio na poziomie $\alpha = 0,05$ i $0,01$; Significantly different from zero at the 0.05 and 0.01 levels of significance, respectively

Pogrubiona czcionka — istotna interakcja GCA ze środowiskiem; **In bold** — significant GCA × environment interaction

Tabela 6

Średnie efekty GCA komponentów matecznych ocenianych w 2011 (D03_11)
Mean GCA effects of female components evaluated in 2011 (D03_11)

Matka Female	Plon Yield	Kłoszenie Heading	Pylenie Pollen shedding	Wysokość Height	Rdza brunatna Brown rust	Wyleganie Lodging	Masa 1000 ziaren 1000 grain weight
WCSIN 259	1,75	-0,60	-0,03	0,39	0,02	-0,06	0,13
WNSIN 0806	1,74	0,13	-0,24	0,59	0,05	0,37*	0,85
WCSIN 286	0,16	-0,10	0,16	0,72	-0,60	0,07	0,17
SIN 26	0,12	-0,67*	0,37	-2,28	-0,05	0,21	0,97*
WNSIN 0804	0,03	0,64	-0,40	0,09	-0,08	0,07	-0,85*
SIN 25	-1,54	0,59*	-0,03	-1,50	0,20	-0,29*	0,30
WCSIN 250	-2,26	0,01	0,17	2,00	0,47	-0,37	-1,56

*, ** Istotnie różne od zera odpowiednio na poziomie $\alpha = 0,05$ i $0,01$; Significantly different from zero at the 0.05 and 0.01 levels of significance, respectively

Pogrubiona czcionka — istotna interakcja GCA ze środowiskiem; **In bold** — significant GCA × environment interaction

Komponent maticzny SIN 22 wpłynął na zmniejszenie wysokości roślin i przyspieszenie terminu kłoszenia potomstwa (istotne, ujemne efekty GCA). Pozostałe cechy jego półrodzeństwa różniły się nieistotnie od średniej wszystkich mieszańców w wykonanym układzie krzyżowania. Wszystkie komponenty maticzne oceniane w doświadczeniu D03_11 miały nieistotnie różne od zera średnie efekty GCA następujących cech: plon ziarna, wysokość roślin, pylenie i porażenie rdzą brunatną. Ponadto wykazano istotną interakcję większości efektów GCA ze środowiskiem. Spośród komponentów tej grupy tylko dwa WNSIN 0806 i SIN 26 korzystnie wpłynęły na potomstwo zwiększając odpowiednio jego odporność na wyleganie i masę 1000 ziaren. Jednak analiza efektów GCA komponentów oszacowanych w doświadczeniu przeprowadzonym w Radzikowie umożliwiła wstępną ocenę ich przydatności do tworzenia mieszańców (tab. 7).

Tabela 7

Średnie efekty GCA komponentów maticznych ocenianych w 2011 (D03_11) w Radzikowie
Mean GCA effects of female components evaluated in 2011 (D03_11) at Radzików

Matka Female	Plon Yield	Kłoszenie Heading	Pylenie Pollen shedding	Wysokość Height	Rdza brunatna Brown rust	Wyleganie Lodging	Masa 1000 ziaren 1000 grain weight
WCSIN 259	4,50**	-1,08**	-0,69**	0,24	0,17	-0,15	0,15
WCSIN 250	1,29	0,11	0,76**	4,40**	1,04**	-0,66**	-1,87**
SIN 26	1,23	-0,53**	0,08	-3,70**	0,10	0,45**	1,03**
WNSIN 0806	0,03	-0,48**	-0,51**	-0,62	-0,13	0,45*	1,51**
WCSIN 286	-1,74	0,12	0,48**	0,67	-1,15**	0,21	-0,02
SIN 25	-2,49	0,75**	0,42**	-1,39	0,49	-0,39*	0,09
WNSIN 0804	-2,82*	1,12**	-0,55**	0,41	-0,51*	0,09	-0,89**

*, ** Istotnie różne od zera odpowiednio na poziomie $\alpha = 0,05$ i $0,01$

*, ** Significantly different from zero at the 0.05 and 0.01 levels of significance, respectively

Wykorzystanie komponenta maticznego WCSIN 259 może spowodować zwiększenie plenności i wczesności mieszańców z jednoczesnym obniżeniem intensywności pylenia. Na uwagę zasługuje komponent SIN 26, który łączył istotne korzystne efekty czterech cech: kłoszenie, wysokość (istotne ujemne), odporność na wyleganie, masa 1000 ziaren (istotne dodatnie). Ponadto jego półrodzeństwo pod względem pozostałych cech różniło się nieistotnie od średniej mieszańców tego doświadczenia. W przeprowadzonych doświadczeniach wystąpiły liczne istotne interakcje efektów GCA z miejscowością (tab. 4, tab. 5, tab. 6). Najwięcej takich interakcji wykryto dla intensywności pylenia (14,2%), wysokości roślin (9,5%) i wczesności kłoszenia (8,5%). Najbardziej stabilną ogólną zdolnością kombinacyjną charakteryzowały się komponenty maticzne oceniane w doświadczeniu D01_11, a szczególnie SIN 264, WSIN 27, WSIN 30 i NSIN 0832. Spośród pozostałych komponentów maticznych stabilnością GCA wyróżniły się SIN 22, SIN 23, SIN 25, WCSIN 286. Populacje ojcowskie będące testerami GCA komponentów maticznych wykazały istotne zróżnicowanie ogólnej zdolności kombinacyjnej wszystkich cech we wszystkich lub w prawie wszystkich miejscowościach przeprowadzonych doświadczeń (tab. 1, tab. 2, tab. 3). W niektórych miejscowościach stwierdzono jednak

nieistotną zmienność GCA komponentów ojcowskich głównie pod względem intensywności pylenia i wylegania.

Tabela 8

Efekty SCA kombinacji mieszańcowych ocenianych w trzech świadczeniach w 2011 roku
SCA effects for parental pairs in three experiments conducted in 2011

Lp	Mieszańiec Hybrid	Plon Yield	Kłoszenie Heading	Pylenie Pollen shedding	Wysokość Height	Rdza brun. Brown rust	Wyleganie Lodging	MTZ TGW
D01_11								
1	WSIN_27×18R	-1,06*	0,41	-0,06	1,55	-0,15	-0,23	-0,90
2	WSIN_27×20R	-1,56	-0,51	0,03	0,06	-0,09**	0,09	-0,79
3	WSIN_30×18R	5,93**	0,26	-0,01	1,37	0,07	0,03	0,31
4	CSIN_264×WM18	0,66	-0,06	0,18	-2,05	0,28*	-0,15	-0,33
5	CSIN_264×19R	-4,95*	0,43	0,00	2,46	0,09	0,24	-0,18
6	NSIN_0825×18R	1,30	-0,36	-0,17	0,96**	0,30	-0,01	0,41
7	NSIN_0831×WM18	1,94	0,38*	-0,003	-2,64	0,25	0,01	0,68
8	NSIN_0831×18R	-2,45	-0,12	0,05	-2,35	-0,37*	-0,06	0,55
9	NSIN_0831×20R	1,94	0,26	0,18	0,89**	0,18	-0,05	-0,24
10	NSIN_0832×SR13	-2,34	-0,42**	0,11	0,36	0,005	0,01	-0,68
11	NSIN_0836×18R	-2,75	-0,22*	0,00	1,33	0,41	0,004	-0,56
12	NSIN_0836×19R	2,94	0,05	0,02	-2,88	0,24*	0,23*	0,79
13	NSIN_0836×20R	1,89	0,13	-0,23*	-3,83**	-0,17	0,46	0,87
D02_11								
1	WCSIN_258×SR13	0,50	-0,05	-0,01	0,75*	0,02	0,11	-0,60
2	WCSIN_258×18R	-2,77	-0,17	0,32	-0,34	-0,21	0,35	-0,16*
3	WCSIN_258×20R	6,97	-0,20	0,11	0,91	0,39	0,28*	0,29
4	WNSIN_0801×SR13	-1,48	0,29	0,08**	-1,27	0,20	-0,07	-0,20
5	WNSIN_0801×18R	1,26	-0,28	0,13**	1,45	0,11	0,06	-0,32*
6	WNSIN_0803×SR13	2,28**	-0,41	0,07	-2,77	0,31	0,26	-0,05
7	WNSIN_0803×19R	0,98	0,00	-0,07	-0,09	0,03	-0,27	0,44*
8	SIN_22×WM18	0,39	0,46*	-0,21	-1,77	0,30	-0,75	-0,50
9	SIN_22×18R	2,68	-0,28	0,07	2,26**	-0,23*	0,23	-0,03
10	SIN_22×19R	0,24	-0,04	0,11	0,00	-0,22	0,44**	0,24
11	SIN_23×WM18	2,12	-0,41*	0,41**	0,59	0,26*	0,46	0,54
12	SIN_23×18R	-2,44	0,54	-0,43	-1,98*	0,00	-0,39	0,90
13	SIN_23×19R	1,40	-0,24	0,11	-1,32	-0,14	-0,30	-0,98*
14	SIN_24×SR13	-2,48	-0,25	-0,07	1,93	-0,56*	-0,27	0,71
15	SIN_24×18R	-5,63*	-0,03	0,28	-1,27	0,36	-0,08	-0,11
16	SIN_24×20R	5,02**	0,23	-0,13	-2,02	-0,02	-0,29	-0,86
D03_11								
1	WCSIN_259×18R	2,17*	-0,18	-0,24	-1,17*	0,20	0,30	0,93
2	WCSIN_259×20R	-0,89	0,52	0,19	0,36	-0,26	-0,17**	-0,10
3	WCSIN_250×18R	6,07*	0,15*	-0,06	-2,03	-0,42	0,00	0,01
4	WCSIN_28×18R	-1,15	0,09	0,37*	-0,58	-0,15	-0,23	-1,40
5	WNSIN_0804×WM18	1,32*	-0,16	0,64	-1,30	-0,12	-0,16	-0,23
6	WNSIN_0804×19R	1,72	-0,19	-0,26	-1,10	0,62*	-0,34	0,41
7	WNSIN_0804×20R	-3,41*	0,18	0,18	-3,17	-0,36	0,34	-0,44
8	WNSIN_0806×18R	0,08	-0,42**	-0,18	-1,92	0,15	-0,21*	-0,09
9	SIN_25×WM18	1,59	-0,93**	-0,06	2,11	-0,04	0,01	0,16
10	SIN_26×20R	3,84	-0,30	0,10	-1,49	0,59**	0,12	0,13

*, ** Istotnie różne od zera odpowiednio na poziomie $\alpha = 0.05$ i 0.01 ; Significantly different from zero at the 0.05 and 0.01 levels of significance, respectively

Pogrubiona czcionka — istotna interakcja efektów SCA ze środowiskiem; **In bold** — significant SCA×environment interaction

Zmienność swoistej zdolności kombinacyjnej była znacząca głównie dla wczesności kłoszenia. W większości doświadczeń istotna okazała się zmienność SCA dla wysokości roślin. W żadnym doświadczeniu natomiast nie stwierdzono istotnej zmienności SCA par rodzicielskich pod względem masy 1000 ziaren. Ponadto w większości doświadczeń zmienność SCA była nieistotna dla plonu ziarna, rdzy brunatnej, wylegania i pylenia. W tabeli 8 przedstawiono mieszańce z istotnie różnymi od zera efektami SCA przynajmniej jednej cechy. Spośród 105 badanych kombinacji mieszańcowych tylko sześć wykazało istotne dodatnie efekty SCA dla plonu ziarna: WCSIN 259×18R, WSIN 30×18R, WNSIN 0803×SR13, SIN 24×20R, WCSIN 250×18R, WNSIN 0804×WM18. W przeprowadzonych doświadczeniach średnio u 19% par rodzicielskich stwierdzono istotną interakcję efektów SCA z miejscowością. Najczęściej wykazano ją dla takich cech jak: wysokość roślin (36,2%), wczesność kłoszenia (29,5%) i plon ziarna (22,9%). Najbardziej stabilne okazały się kombinacje mieszańcowe oceniane w doświadczeniu D01_11. Interakcja SCA z miejscowością dla plonu, pylenia i masy 1000 ziaren była istotna tylko u 5,7% mieszańców. Natomiast w pozostałych doświadczeniach interakcja ta dla plonu, pylenia i masy 1000 ziaren okazała się istotna odpowiednio u 31,4, 18,6 i 15,7% mieszańców.

DYSKUSJA

Badania przeprowadzone w 2011 roku pozwoliły na oszacowanie zdolności kombinacyjnej 21 komponentów macecznych wytworzonych w trzech firmach hodowlanych. W charakterze testerów użyto 5 zróżnicowanych genetycznie populacji syntetycznych. Uzyskane wyniki umożliwią wykorzystanie wybranych komponentów macecznych do tworzenia różnego typu mieszańców żyta o pożądanym cechach użytkowych. Badania wykazały istotną wariancję ogólnej zdolności kombinacyjnej ocenianych komponentów macecznych i ojcowskich dla większości cech użytkowych. Jest to zgodne z wynikami badań innych autorów prowadzonych z udziałem heterozygotycznych materiałów hodowlanych żyta. Wyniki te wskazują na główną rolę addytywnego działania genów lub przewagę tego typu działania genów w warunkowaniu większości cech ilościowych (Grochowski i in., 1994a; 1994 b; Grochowski i in., 1996; Kolasińska i Węgrzyn, 2001; Bujak, 2003, Kolasińska, 2009; Kolasińska i in., 2011). Znaczącą rolę swoistej zdolności kombinacyjnej stwierdzono tylko dla wczesności kłoszenia. Zmienność SCA par rodzicielskich dla wysokości roślin była istotna w większości doświadczeń. Jednak zmienność SCA mieszańców dla pozostałych cech użytkowych okazała się istotna tylko w pojedynczych doświadczeniach. Zmienność SCA jednak odegrała większą rolę w zmienności genetycznej mieszańców omawianych w tej pracy niż u mieszańców opisanych we wcześniejszej publikacji (Kolasińska i in., 2011). Wyniki badań prowadzonych z wykorzystaniem współczesnych materiałów hodowlanych żyta wskazują, że ogólna zdolność kombinacyjna odgrywa większą rolę w przypadku materiałów zróżnicowanych, a swoista zdolność kombinacyjna u materiałów spokrewnionych (Wilde i in., 2003). Podobnie Melchinger i Gumber (1998) uważają, że zmienność GCA jest ważniejsza niż SCA u mieszańców pochodzących z krzyżowania rodziców należących do różnych puli genowych. Natomiast zmienność SCA odgrywa większą rolę

u mieszańców z krzyżowania rodziców pochodzących z tej samej puli genowej. We wcześniej prowadzonych badaniach z wykorzystaniem linii wsobnych i populacji żyta wskazywano na duże znaczenie nieaddytywnego działania genów w dziedziczeniu cech ilościowych, a szczególnie plonu ziarna i niektórych jego komponentów, (Łapiński, 1976; Kaczmarek i Kadłubiec, 1985; Bujak i in., 1995; Węgrzyn i Śmiałowski, 1995). Zdaniem tych autorów istotną rolę w dziedziczeniu cech żyta spełnia dominacja i epistaza z niewielkim udziałem addytywnych efektów genetycznych. Poznanie sposobu działania genów warunkujących cechy użytkowe u żyta wymaga prowadzenia dalszych badań z udziałem dużej liczby zróżnicowanych i spokrewnionych genotypów. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują na duże znaczenie interakcji ogólnej i swoistej zdolności kombinacyjnej ze środowiskiem. We wszystkich trzech doświadczeniach stwierdzono istotne interakcje efektów GCA komponentów matecznych z miejscowością dla większości cech użytkowych. Istotne interakcje najczęściej wykryto dla takich cech jak: intensywność pylenia, wysokość roślin i wczesność kłoszenia. Stwierdzono także znaczny udział par rodzicielskich o istotnej interakcji efektów SCA ze środowiskiem głównie dla wysokości roślin, wczesności kłoszenia i plonu ziarna. Testowanie takich interakcji pozwala lepiej ocenić przydatność tych genotypów do tworzenia nowych wartościowych mieszańców. Stąd celowe jest prowadzenie oceny zdolności kombinacyjnej i testowania interakcji składników głównych ze środowiskiem w większej liczbie zróżnicowanych warunków środowiska.

WNIOSKI

1. Wykazano istotne zróżnicowanie mieszańców eksperymentalnych pokolenia F₁ żyta uzyskanych w wyniku krzyżowania komponentów matecznych z wybranymi populacjami ojcowskimi pod względem większości cech użytkowych.
2. Zmienność ogólnej zdolności kombinacyjnej wśród ocenianych komponentów matecznych i ojcowskich była istotna dla większości cech użytkowych. Swoista zdolność kombinacyjna okazała się znacząca głównie dla wczesności kłoszenia.
3. Spośród komponentów matecznych dobrą i stabilną zdolnością kombinacyjną plonu ziarna wyróżniły się CSIN 264, NSIN 0825 i WCSIN 258.
4. Stwierdzono liczne istotne interakcje efektów GCA komponentów matecznych z miejscowością głównie dla intensywności pylenia, wysokości roślin i wczesności kłoszenia.

LITERATURA

- Bujak H. 2003. Studia nad wartością hodowlaną żółtoziarnistych form żyta ozimego. Rozprawy CC. Zesz. Nauk. AR Wrocław, nr 465.
- Bujak H., Kaczmarek J., Kadłubiec W. 1995. Dialleliczna analiza zdolności kombinacyjnej oraz efekty działania genów cech ilościowych żyta. Hod. Rośl. Aklim. 39, 6: 95 — 102.
- Geiger H. H. 1985. Hybrid breeding in rye (*Secale cereale* L.). Proc. Eucarpia Meeting of the Cereal Section on Rye, Svalöv, Sweden: 237 — 265.

- Grochowski L., Kaczmarek J., Kadłubiec W., Bujak H. 1994 a. Analiza zmienności i zdolności kombinacyjnych 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.
- Grochowski L., Kaczmarek J., Kadłubiec W., Bujak H. 1994 b. Analiza zmienności i zdolności kombinacyjnych linii wsobnych żyta o żółtym ziarnie. Cz. II. Ocena hodowlana linii krzyżowanych z populacją CHDM 16. Biul. IHAR 190: 9 — 15.
- Grochowski L., Kaczmarek J., Kadłubiec W., Bujak H. 1996. Genetic analysis of variability and combining ability of rye hybrid cultivars. Plant Breed. Seed Sci. 40: 37 — 47.
- Kaczmarek J., Kadłubiec W. 1985. Oszacowanie efektów wartości kombinacyjnej 7 linii wsobnych żyta (*Secale cereale* L.) w diallelicznym krzyżowaniu. Hod. Rośl. Aklim. 29, 5/6: 61 — 68.
- Kolasieńska I., Węgrzyn S. 2001. Combining ability for selected quantitative characters in winter rye (*Secale cereale* L.). Cereal Res. Commun. 29, 1–2: 69 — 76.
- Kolasieńska I. 2009. Genetyczno-hodowlane aspekty wykorzystania systemu CMS-Pampa w hodowli heterozyjnej żyta. Monografie i Rozprawy Naukowe nr 31, IHAR Radzików.
- Kolasieńska I., Waldemar Brukwiński, Jacek Jagodziński, Michał Materka. 2011. Zdolność kombinacyjna wybranych form rodzicielskich żyta. Biul. IHAR 260/261: 229 — 239.
- Krajewski P., Kaczmarek Z., Czajka S. 2006. EKSPLAN (wersja 2) — Planowanie i analiza statystyczna doświadczeń hodowlanych. IGR PAN w Poznaniu.
- Łapiński M. 1976. Estimates of heterosis effects and combining ability of seven inbred lines of rye (*Secale cereale* L.) in diallel crosses. Genet. Pol. 17, 3: 293 — 308.
- Mądry W., Mańkowski D., Kaczmarek Z., Krajewski P., Stadnicki M. 2010. Metody statystyczne oparte na modelach liniowych w zastosowaniach do doświadczalnictwa, genetyki i hodowli roślin. Monografie i Rozprawy Naukowe nr 34, IHAR Radzików.
- Melchinger A. E., Gumber R. K. 1998. Overview of heterosis and heterotic groups in agronomic crops. In: Concepts and breeding of heterosis in crop plants. Lamkey K. R. and Staub J. S. (eds). CSSA Publication, Madison, 25: 29 — 44.
- Węgrzyn S., Śmiałowski T. 1995. Sposoby działania genów epistatycznych, dominujących i addytywnych kontrolujących ważne cechy użytkowe w odmianach populacyjnych żyta. Biul. IHAR 195/196: 273 — 281.
- Wilde P., Menzel J., Schmiedchen B. 2003. Estimation of general and specific combining ability variances and their implications on hybrid rye breeding. Plant Breed. Seed Sci. 47: 89 — 98.