

IRENA KOLASIŃSKA<sup>1</sup>  
WALDEMAR BRUKWIŃSKI<sup>2</sup>  
JACEK JAGODZIŃSKI<sup>1</sup>  
MICHAŁ MATERKA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Zakład Genetyki i Hodowli Roślin, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB

<sup>2</sup> Danko Hodowla Roślin Sp. z o.o.

<sup>3</sup> Poznańska Hodowla Roślin Sp. z o.o.

## Zdolność kombinacyjna wybranych form rodzicielskich żyta

### Combining ability of parental genotypes of winter rye

Badano zdolność kombinacyjną wybranych komponentów matecznych i ojcowskich wytworzonych 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 doświadczeniu przeprowadzonym w 2009 r. oceniano 45 mieszańców F<sub>1</sub> pochodzących z krzyżowania 9 męskosterylnych mieszańców pojedynczych (CMS-SC) z 5 populacjami przywracającymi płodność (restorerami). Doświadczenie prowadzone w 2010 roku zawierało 35 mieszańców F<sub>1</sub> uzyskanych poprzez krzyżowanie 7 męskosterylnych mieszańców pojedynczych (CMS-SC) z 5 restorerami płodności. Doświadczenia polowe zostały założone metodą bloków niekompletnych w 3 miejscowościach (Choryń, Nagradowice, Radzików) i w 3 powtórzeniach. Wielkość poletka wynosiła 5 m<sup>2</sup>, a gęstość siewu 250 kielkujących ziaren/m<sup>2</sup>. Analizowano następujące cechy: plon ziarna, masa 1000 ziaren, wysokość roślin, termin kłoszenia, intensywność pylenia, porażenie rdzą brunatną i stopień wylegania. 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 doświadczenia przeprowadzonego w 2009 roku pod względem wszystkich cech użytkowych. Stwierdzono istotną zmienność ogólnej zdolności kombinacyjnej komponentów matecznych i ojcowskich pod względem większości cech. Zmienność swoistej zdolności kombinacyjnej okazała się istotna głównie dla porażenia rdzą brunatną. Mieszańce oceniane w doświadczeniu przeprowadzonym w 2010 roku także były istotnie zróżnicowane pod względem większości cech użytkowych. Komponenty mateczne i ojcowskie różniły się istotnie pod względem ogólnej zdolności kombinacyjnej większości cech. Zmienność swoistej zdolności kombinacyjnej była znacząca tylko dla intensywności pylenia. Oszacowano wielkość i istotność efektów GCA wszystkich komponentów matecznych i ojcowskich średnio w trzech miejscowościach oraz w poszczególnych miejscowościach. Spośród genotypów ocenianych w latach 2009 i 2010, wyodrębniono komponenty mateczne oraz ojcowskie o dobrej zdolności kombinacyjnej plonu ziarna i innych cech użytkowych do wykorzystania w programie hodowli mieszańców.

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

General (GCA) and specific (SCA) combining abilities of several rye genotypes were determined in two experiments performed in the seasons 2008/2009 and 2009/2010. The first experiment included 45 F<sub>1</sub> hybrids produced by crossing nine female components (CMS-SC) with five male components (restorers) in a factorial mating design. The second experiment included 35 F<sub>1</sub> hybrids derived by crossing seven CMS single crosses to five restorers. Parental components were created in three plant breeding companies: Danko Plant Breeders Ltd., Poznan Plant Breeders Ltd., Smolice Plant Breeding Ltd. F<sub>1</sub> hybrids were produced in spatial isolation fields. Hybrid seed were sown in field trials (3 locations, 3 replicates, plot size - 5m<sup>2</sup>, sowing density - 250 viable kernels/m<sup>2</sup>). The following traits were assessed: grain yield, heading date, pollen shedding, plant height, lodging, resistance to brown rust and 1000 grain weight. Statistical analyses were made with the Eksplan computer package. Significant variation was observed among hybrids for all traits in the first experiment. In the second experiment genotype variation proved to be significant for all the traits except for lodging. General combining ability of both males and females was significant for majority traits in both experiments. Significant specific combining ability was detected mainly for the resistance to brown rust in the first experiment and for pollen shedding in the second one. The tests allowed to select CMS single crosses and restorers with significant favourable GCA effects for breeding programme of rye hybrids.

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

#### WSTĘP

Najważniejszym zadaniem w programie hodowli odmian mieszańcowych żyta jest wyprowadzenie dużej liczby linii wsobnych, wytworzenie odpowiednich komponentów rodzicielskich oraz ocena ich zdolności kombinacyjnej. W początkowych etapach tego programu jest prowadzona ocena ogólnej zdolności kombinacyjnej (GCA) dużej liczby komponentów rodzicielskich, krzyżowanych z odpowiednimi testerami w układzie topcross. Do oceny zdolności kombinacyjnej męskosterylnych komponentów matecznych, najczęściej używa się testerów w postaci syntetyków restorerów (Syn-R). Zdolność kombinacyjna komponentów ojcowskich jest oceniana poprzez krzyżowanie ich z męskosterylnymi mieszańcami pojedynczymi jako testerami (CMS-SC). W dalszych etapach programu hodowlanego jest prowadzona ocena ogólnej (GCA) i swoistej zdolności kombinacyjnej (SCA) wybranych komponentów matecznych i ojcowskich krzyżowanych ze sobą w układzie czynnikowym. Najbardziej efektywną metodą umożliwiającą zarówno ocenę zdolności kombinacyjnej rodziców, jak i wnioskowanie o genetycznym uwarunkowaniu cech jest analiza statystyczno-genetyczna mieszańców uzyskanych poprzez krzyżowanie określonej liczby genotypów matecznych i ojcowskich w układzie czynnikowym — North Carolina II (Snedecor i Cochran, 1991; Węgrzyn, 1996).

Znajomość zdolności kombinacyjnej genotypów wytworzonych w puli matecznej i ojcowskiej umożliwia wytworzenie różnego typu mieszańców o pożądanym 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. W literaturze nie ma jednoznacznych poglądów o genetycznym uwarunkowaniu cech ilościowych żyta. Te niejednoznaczne wnioski są wynikiem prowadzenia badań z wykorzystaniem różnych genotypów oraz różnych metod krzyżowania, zakładania doświadczeń i obliczeń statystycznych. Nieliczne i niepełne są opracowania dotyczące dziedziczenia cech ilościowych form żyta posiadających sterylizującą cytoplazmę Pampa.

Wyniki dotychczasowych badań (Kolasińska i Węgrzyn, 2001; Kolasińska, 2009) wskazują na konieczność prowadzenia oceny wytworzonych mieszańców w zróżnicowanych warunkach środowiska ze względu na występowanie istotnej interakcji składników głównych ze środowiskiem — mieszańiec  $\times$  środowisko, a często także GCA  $\times$  środowisko i SCA  $\times$  środowisko.

Celem badań było określenie zdolności kombinacyjnej najnowszej generacji genotypów, wybranych z puli komponentów matecznych i ojcowskich, w zróżnicowanych warunkach środowiska.

#### MATERIAŁ I METODYKA

Materiał badań stanowiło 45 mieszańców  $F_1$ , pochodzących z krzyżowania 9 komponentów matecznych z 5 komponentami ojcowskimi (grupa 1), oraz 35 mieszańców  $F_1$ , uzyskanych poprzez krzyżowanie 7 komponentów matecznych z 5 komponentami ojcowskimi (grupa 2). Te dwie grupy mieszańców oraz odmiany wzorcowe badano w doświadczeniach polowych przeprowadzonych odpowiednio w sezonach wegetacyjnych 2008/2009 i 2009/2010. Komponentami matecznymi były męskosterylne mieszańce pojedyncze (CMS-SC), wytworzone w wyniku krzyżowania linii męskosterylnych (linie P) z liniami dopełniającymi sterylność (linie N) w tunelach foliowych. Komponenty ojcowskie to populacje syntetyczne przywracające płodność (Syn-R) uzyskane poprzez krzyżowanie linii restorerów. Komponenty rodzicielskie wytworzonych mieszańców 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. Mieszańce  $F_1$  wytworzono w wyniku krzyżowania komponentów matecznych z ojcowskimi w warunkach przestrzennej izolacji polowej (topcross R) w wymienionych firmach hodowlanych.

Doświadczenia polowe zostały założone metodą bloków niekompletnych w 3 miejscowościach (Choryń, Nagradowice, Radzików) i w 3 powtórzeniach. Wielkość poletka wynosiła 5 m<sup>2</sup>, a gęstość siewu 250 kiełkujących ziaren/m<sup>2</sup>). Oceniono następujące cechy: plon ziarna, masa 1000 ziaren (MTZ), wysokość roślin (WYS), wczesność kłoszenia (LDK) mierzona liczbą dni od 1.05 do początku kłoszenia roślin, intensywność pylenia (PYL), porażenie rdzą brunatną (RBR), wyleganie (WYL). Dwie ostatnie cechy oceniono w skali 1–9°, przy czym 9° — najlepszy). 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 interakcję ze środowiskiem.

#### WYNIKI I DYSKUSJA

Mieszańce  $F_1$  uzyskane poprzez krzyżowanie 9 komponentów matecznych z 5 populacjami ojcowskimi oceniane w doświadczeniu przeprowadzonym w 2008/2009 roku były istotnie zróżnicowane pod względem wszystkich cech (tab. 1).

Tabela 1

**Średnie kwadraty z analizy wariancji mieszańców F<sub>1</sub> żyta ocenianych w 2009 roku: Choryń (CHD), Nagradowice (NAD), Radzików (RAH)**  
**Mean squares from the analysis of variance of rye hybrids evaluated in 2009: Choryń (CHD), Nagradowice (NAD), Radzików (RAH)**

Źródło zmienności Source of variation	St. sw. Df	Plon Yield			Kłoszenie Heading			Pylenie Pollen shedding			Wysokość Height			Rdza brunatna Brown rust			Wyleganie Lodging			Masa 1000 ziaren 1000 grain weight		
		CHD	NAD	RAH	CHD	NAD	RAH	CHD	NAD	RAH	CHD	NAD	RAH	CHD	NAD	RAH	CHD	NAD	RAH	CHD	NAD	RAH
Bloki Blocks	20	44,9	248,4	142,6	0,3	0,6	1,3	1,1	0,4	1,3	76,6	256,1	106,3	1,6	0,6	2,9	2,3	2,9	10,3	8,2	10,5	13,1
Obiekty Entries	48	80,2*	155,0*	73,8*	0,5*	1,1*	0,8*	3,3*	0,4*	1,2*	52,1*	85,8*	58,5*	1,2*	0,9*	4,1*	1,8*	1,4*	4,5*	12,6*	12,4*	13,4*
GCA matek GCA of females	8	158,2*	257,6*	42,7*	0,3	0,8	2,2*	13,1*	0,3*	2,1*	134,4*	115,7*	86,5*	1,5*	0,4	4,8*	3,9*	4,2*	7,8*	34,5*	17,3*	34,4*
GCA ojców GCA of males	4	259,9*	526,1*	406,4*	1,2*	2,0*	0,9*	2,2*	0,1	1,0*	130,9*	161,1*	156,4*	1,8*	0,8	5,0*	6,8*	4,1*	26,5*	9,8*	11,6*	17,7*
SCA SCA	32	26,1	89,6	26,3	0,2	0,9*	0,3	0,5	0,4*	0,5	7,6	28,4*	13,6	0,6*	1,1*	2,3*	0,5	0,4	1,1	1,1	2,7	1,1
Błąd Error	78	17,1	87,5	21,1	0,2	0,4	0,3	0,4	0,2	0,4	7,1	18,0	9,8	0,2	0,5	0,6	0,4	0,4	1,6	1,6	1,7	0,8

\* Istotne na poziomie  $\alpha = 0,05$ ; Significant at the 0.05 probability level

Wykazano istotną zmienność ogólnej zdolności kombinacyjnej zarówno komponentów macecznych jak i ojcowskich dla większości cech użytkowych. Zmienność swoistej zdolności kombinacyjnej okazała się istotna głównie dla porażenia rdzą brunatną. Stwierdzono nieistotną zmienność SCA par rodzicielskich dla plonu ziarna, wylegania i masy 1000 ziaren. Natomiast zmienność SCA pod względem pozostałych cech użytkowych (kłoszenie, pylenie, wysokość) najczęściej była istotna tylko w jednej z miejscowości. Oszacowane średnie efekty GCA komponentów macecznych i ojcowskich ocenianych w tym doświadczeniu przedstawiono odpowiednio w tabelach 2 i 3. W grupie komponentów macecznych na uwagę zasługuje CSIN 119, który wykazał istotnie różne od zera korzystne efekty GCA ważnych cech użytkowych (tab. 2). Jego potomstwo charakteryzowało się istotnie wcześniejszym kłoszeniem, niższą wysokością roślin, większą odpornością na wyleganie, ale niestety także niższą masą 1000 ziaren w porównaniu ze średnią ogólną pierwszej grupy mieszańców (tab. 2).

Tabela 2

Średnie efekty GCA komponentów macecznych ocenianych w 2009  
Mean GCA effects of female components evaluated in 2009

Matka Female	Plon Yield	Kłoszenie Heading	Pylenie Pollen shedding	Wysokość Height	Rdza brunatna Brown rust	Wyleganie Lodging	Masa 1000 ziaren 1000 grain weight
CSIN 90	<b>4,69</b>	0,07	<b>-0,21</b>	<b>-0,31</b>	0,06	0,34	<b>1,26</b>
CSIN 119	3,72	-0,25*	-0,10	-2,89*	<b>-0,06</b>	0,40**	-0,77**
CSIN 120	1,31	-0,14	<b>-0,62</b>	<b>-0,61</b>	<b>0,67</b>	0,16	-2,01*
CSIN 203	<b>0,28</b>	<b>-0,21</b>	<b>-0,45</b>	-0,51	0,13	-1,35*	-0,95**
NSIN 0538	-1,54	0,03	<b>0,30</b>	-2,63*	-0,37	-0,35*	0,52
NSIN 0516	-1,72	-0,11	<b>0,53</b>	<b>2,43</b>	-0,26	0,57	1,53**
CSIN 211	-1,84	0,44*	-0,23	4,35**	0,20	-0,20	<b>-1,91*</b>
NSIN 0536	-1,86	<b>0,29</b>	0,12	<b>-1,63</b>	<b>-0,25</b>	0,05	<b>0,81</b>
NSIN 0517	-3,03	<b>-0,10</b>	<b>0,67</b>	<b>1,81</b>	-0,11	0,39	<b>1,53*</b>

\*, \*\* 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  $\times$  location interaction

Pozostałe cechy jego półrodzeństwa były zbliżone (różnice nieistotne) do średniej ogólnej kombinacji. Warto podkreślić stabilność tej formy macecznej, o czym świadczy brak istotnej interakcji jej zdolności kombinacyjnej ze środowiskiem dla wszystkich cech z wyjątkiem porażenia rdzą brunatną. Komponenty maceczne NSIN 0516 i NSIN 0517 miały istotne dodatnie efekty GCA dla masy 1000 ziaren i można je wykorzystać do tworzenia mieszańców o zwiększonej masie ziaren. Jednak w tym przypadku należy się liczyć z możliwością obniżenia plonu ziarna, gdyż komponenty te wykazały nieistotne efekty GCA plonu. Wszystkie komponenty maceczne wykazały średnie efekty GCA plonu ziarna nieistotnie różne od zera. Jednak oszacowanie efektów GCA w doświadczeniach przeprowadzonych w poszczególnych miejscowościach wskazuje, że dwa z nich (CSIN 119 i CSIN 90) można wykorzystać do tworzenia wysokoplennych mieszańców. Stwierdzono istotną interakcję efektów GCA większości komponentów macecznych ze środowiskiem dla wysokości roślin i intensywności pylenia. Natomiast najbardziej stabilna

okazała się zdolność kombinacyjna matek pod względem odporności na wyleganie. Spośród komponentów ojcowskich tej grupy dobrą zdolnością kombinacyjną plonu ziarna wyróżniły się restorery 18R i 19R (istotne dodatnie efekty GCA). Ponadto restorer 18R przekazał potomstwu dużą masę 1000 ziaren i odporność na wyleganie w połączeniu z wyższą wysokością roślin (tab. 3). Restorer 19R zwiększył zdolność plonowania półrodzeństwa, przy zachowaniu pozostałych cech użytkowych na poziomie średniej ogólnej kombinacji w wykonanym układzie krzyżowania. Żaden z komponentów ojcowskich nie wykazał istotnie różnych od zera efektów GCA dla wczesności kłoszenia i intensywności pylenia. Szczegółowa analiza efektów GCA komponentów matecznych i ojcowskich w doświadczeniach przeprowadzonych w poszczególnych miejscowościach (dane nieprzedstawione w pracy) potwierdza powyższe wnioski oparte o średnie z trzech miejscowości.

Tabela 3

Średnie efekty GCA komponentów ojcowskich ocenianych w 2009  
Mean GCA effects of male components evaluated in 2009

Ojciec Male	Plon Yield	Kłoszenie Heading	Pylenie Pollen shedding	Wysokość Height	Rdza brunatna Brown rust	Wyleganie Lodging	Masa 1000 ziaren 1000 grain weight
18R	5,36*	0,13	-0,14	4,17**	<b>-0,08</b>	<b>0,96*</b>	0,69*
19R	2,63*	0,26*	-0,17	-0,63	0,12	-0,05	-0,07
20R	<b>-1,93</b>	0,07	0,00	-2,16*	<b>0,08</b>	<b>-0,98</b>	-1,24**
17R	-2,53	-0,29	<b>0,28</b>	<b>0,15</b>	-0,07	0,09	0,19
5R	-3,53	-0,17	0,03	-1,52*	<b>-0,06</b>	-0,01	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  $\times$  location interaction

W sezonie wegetacyjnym 2009/2010 skoncentrowano się na ocenie zdolności kombinacyjnej siedmiu specjalnie wytworzonych komponentów matecznych (WSIN 11, WSIN 12, WSIN 13, WSIN 14, WSIN 15, WSIN 16, WSIN 17) poprzez krzyżowanie wybranych linii męskosterylnych z liniami dopełniającymi pochodzącymi z różnych firm hodowlanych oraz pięciu zróżnicowanych populacji ojcowskich (19R, 22R, 23R, WM19, WM20). Analiza wariancji wykazała istotne zróżnicowanie mieszańców we wszystkich miejscowościach pod względem plonu ziarna, intensywności pylenia i porażenia rdzą brunatną (tab. 4). Ponadto w większości miejscowości mieszańce istotnie różniły się także wczesnością kłoszenia. Stwierdzono istotną zmienność ogólnej zdolności kombinacyjnej komponentów matecznych i ojcowskich pod względem większości cech użytkowych. We wszystkich miejscowościach wystąpiło wczesne (wkrótce po fazie kłoszenia) i bardzo silne wyleganie roślin mieszańców, które zostało spowodowane silnymi burzami z ulewnym deszczem. W tych warunkach nie obserwowano istotnego zróżnicowania mieszańców, a następnie ogólnej zdolności kombinacyjnej form rodzicielskich pod względem wylegania. Wczesne i silne wyleganie roślin wpłynęło także na obniżenie masy 1000 ziaren wszystkich mieszańców i mogło spowodować nieistotne zróżnicowanie genotypów.

Tabela 4

Średnie kwadraty z analizy wariancji mieszańców F<sub>1</sub> żyta ocenianych w 2010 roku: Choryń (CHD),  
Nagradowice (NAD), Radzików (RAH)

Mean squares from the analysis of variance of rye hybrids evaluated in 2010: Choryń (CHD),  
Nagradowice (NAD), Radzików (RAH)

Źródło zmienności Source of variation	St. sw. Df	Plon Yield			Kłoszenie Heading			Pylenie Pollen shedding		Rdza brunatna Brown rust			Wyleganie Lodging		Masa 1000 ziaren 1000 grain weight	
		CHD	NAD	RAH	CHD	NAD	RAH	NAD	RAH	CHD	NAD	RAH	CHD	NAD	NAD	RAH
Bloki Blocks	17	52,7	87,9	140,0	0,6	0,9	1,1	1,5	0,5	0,7	2,0	0,5	0,4	4,0	20,0	4,5
Obiekty Entries	35	89,8**	90,8**	88,1**	0,3	1,8**	1,0**	1,7**	0,7**	1,0**	2,3**	0,7**	0,4	0,4	7,2	3,5**
GCA matek GCA of females	6	230,4**	247,9**	168,1**	0,4	1,3**	1,5**	1,0*	1,1**	0,6	2,6**	1,2**	0,3	0,1	20,1*	5,1**
GCA ojców GCA of males	4	169,9**	72,7*	236,0**	1,0**	6,8**	3,3**	1,9**	0,5**	3,5**	5,6**	1,5**	0,7	0,0	1,5	5,2**
SCA SCA	24	23,8	42,3	29,7**	0,2	1,2**	0,4	1,7**	0,3*	0,2	1,7**	0,4	0,3	0,5	5,0	1,0
Błąd Error	55	17,1	27,7	13,1	0,3	0,2	0,4	0,4	0,1	0,3	0,5	0,3	0,3	0,5	7,9	0,7

\*, \*\* Istotnie odpowiednio na poziomie  $\alpha = 0,05$  i  $\alpha = 0,01$ ; Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

Tabela 5

Średnie efekty GCA komponentów matecznych ocenianych w 2010  
Mean GCA effects of female components evaluated in 2010

Matka Female	Plon Yield	Kłoszenie Heading	Pylenie Pollen shedding	Rdza brunatna Brown rust	Wyleganie Lodging	Masa 1000 ziaren 1000 grain weight
WSIN 13	4,65*	<b>-0,30</b>	<b>-0,24</b>	0,30	-0,01	<b>0,44</b>
WSIN 11	4,10*	0,17	<b>0,08</b>	0,06	0,08	<b>1,21</b>
WSIN 12	1,69	-0,17	<b>-0,28</b>	-0,15	0,04	<b>0,98</b>
WSIN 14	<b>0,82</b>	<b>-0,27</b>	-0,16	-0,28	<b>-0,23</b>	-0,15
WSIN 15	-1,69*	0,21	<b>0,21</b>	0,26	-0,06	<b>-0,50</b>
WSIN 16	-3,88**	0,08	0,41*	<b>0,09</b>	0,04	-0,67*
WSIN 17	-5,70	0,29	-0,03	-0,26	0,13	-0,77**

\*, \*\* 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 effect  $\times$  location interaction

Stąd oszacowanie efektów GCA komponentów rodzicielskich dla tej cechy było możliwe tylko w doświadczeniu przeprowadzonym w Radzikowie. Średnie efekty GCA komponentów macecznych i ojcowskich ocenianych w tym doświadczeniu przedstawiono odpowiednio w tabelach 5 i 6. Wszystkie formy maceczne tej grupy wykazały nieistotnie różne od zera efekty GCA dla wczesności kłoszenia, porażenia rdzą brunatną i odporności na wyleganie (tab. 5). Dwa spośród komponentów macecznych – WSIN 13 i WSIN 11 mają zdolność tworzenia wysokoplennego potomstwa, o czym świadczą istotne średnie efekty GCA, a także efekty GCA w poszczególnych miejscowościach. Te dwa komponenty maceczne wykazały także istotnie różne od zera dodatnie efekty GCA dla masy 1000 ziaren i odporności na rdzę brunatną w doświadczeniu przeprowadzonym w Radzikowie (dane nieprzedstawione w pracy). Stwierdzono istotną interakcję zdolności kombinacyjnej niektórych matek ze środowiskiem, szczególnie dla intensywności pylenia i masy 1000 ziaren. Komponenty ojcowskie tej grupy różniły się nieistotnie pod względem zdolności kombinacyjnej wczesności kłoszenia, przywracania płodności, wylegania i masy 1000 ziaren (tab. 6).

Tabela 6

Średnie efekty GCA komponentów ojcowskich ocenianych w 2010  
Mean GCA effects of male components evaluated in 2010

Ojciec Male	Plon Yield	Kłoszenie Heading	Pylenie Pollen shedding	Rdza brunatna Brown rust	Wyleganie Lodging	Masa 1000 ziaren 1000 grain weight
19R	3,72*	0,22	<b>0,21</b>	0,72*	0,02	-0,25
WM19	1,25	0,26	<b>-0,11</b>	<b>0,41</b>	0,01	<b>-0,17</b>
23R	<b>-0,55</b>	<b>-0,62</b>	<b>0,18</b>	<b>-0,65*</b>	-0,26	<b>0,24</b>
WM20	<b>-1,06</b>	<b>0,32</b>	<b>-0,09</b>	<b>-0,17</b>	0,14	0,15
22R	-3,37*	-0,17	-0,19	<b>-0,31</b>	0,09	<b>0,02</b>

\*, \*\* 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  $\times$  location interaction

Spośród komponentów ojcowskich na wyróżnienie zasługuje 19R, który przekazywał potomstwu zdolność plonowania i odporność na rdzę brunatną. Pozostałe cechy jego półrodzeństwa były zbliżone (różnice nieistotne) do średniej ogólnej kombinacji w wykonanym układzie krzyżowania. Stwierdzono istotne interakcje efektów GCA ojców ze środowiskiem szczególnie w przypadku takich cech jak: intensywność pylenia, porażenie rdzą brunatną i masa 1000 ziaren. Wariancja swoistej zdolności kombinacyjnej (SCA) okazała się istotna tylko dla intensywności pylenia w dwóch miejscowościach (NAD, RAH) oraz dla plonu, wczesności kłoszenia i porażenia rdzą brunatną w jednej z miejscowości. Istotne dodatnie efekty SCA dla plonu ziarna wykazały kombinacje mieszańcowe WSIN 11 $\times$ 23R i WSIN 16 $\times$ 19R (tab. 7). Mieszańce WSIN 13 $\times$ WM20 i WSIN 16 $\times$ WM19 wyróżniły się intensywnością pylenia spośród pozostałych kombinacji tych form rodzicielskich.

Badania przeprowadzone w sezonach wegetacyjnych 2008/2009 i 2009/2010 pozwoliły na oszacowanie ogólnej i swoistej zdolności kombinacyjnej dwóch grup komponentów macecznych i ojcowskich wybranych spośród genotypów wytworzonych w firmach



hodowlanych: Danko Hodowla Roślin Sp. z o.o., Poznańska Hodowla Roślin Sp. z o.o., Hodowla Roślin Smolice Sp. z o. o. Uzyskane wyniki umożliwią tworzenie różnego typu mieszańców żyta o pożądanych cechach użytkowych. Doświadczenia przeprowadzone w sezonie 2009/2010 były mniej precyzyjne niż w poprzednim roku ze względu na silne porażenie pleśnią śniegową w niektórych miejscowościach oraz bardzo wczesne wyleganie spowodowane silnymi burzami z obfitymi opadami. W tej sytuacji w żadnej miejscowości nie określono wysokości roślin, a w doświadczeniu prowadzonym w Choryni nie oceniono intensywności pylenia i masy 1000 ziaren. W obu doświadczeniach stwierdzono istotne efekty interakcji GCA  $\times$  środowisko dla większości cech użytkowych. Testowanie takich interakcji pozwala lepiej ocenić przydatność tych genotypów do tworzenia nowych wartościowych mieszańców. Celowe byłoby testowanie interakcji składników głównych ze środowiskiem w większej liczbie zróżnicowanych warunków środowiska.

Tabela 7

**Efekty SCA par rodzicielskich w doświadczeniu przeprowadzonym w Radzikowie w 2010 roku**  
**SCA effects for parental pairs in the experiment conducted in Radzików, in 2010**

Kombinacja mieszańcowa Hybrid combination	Plon Yield	Pylenie Pollen shedding
WSIN11 $\times$ WM19	-5,18**	0,07
WSIN11 $\times$ 19R	-3,87*	0,02
WSIN11 $\times$ 22R	1,55	-0,08
WSIN11 $\times$ 23R	5,11**	-0,17
WSIN13 $\times$ WM20	0,76	0,61**
WSIN13 $\times$ 19R	-0,41	-0,37
WSIN13 $\times$ 22R	0,59	-0,55**
WSIN14 $\times$ 19R	-4,07*	-0,25
WSIN14 $\times$ 23R	-2,14	0,17
WSIN15 $\times$ WM20	-0,85	-0,38*
WSIN15 $\times$ 19R	2,85	0,13
WSIN15 $\times$ 22R	-5,36**	0,26
WSIN16 $\times$ WM19	-1,36	0,39*
WSIN16 $\times$ WM20	0,45	-0,48**
WSIN16 $\times$ 19R	4,78**	0,12
WSIN16 $\times$ 23R	-2,27	-0,22

\*, \*\* 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

Badania wykazały istotną wariancję ogólnej zdolności kombinacyjnej ocenianych komponentów matecznych i ojcowskich dla większości cech użytkowych. Znaczącą rolę swojej zdolności kombinacyjnej stwierdzono tylko u par rodzicielskich dla odporności na rdzę brunatną w 2009 roku (tab. 1) i dla przywracania płodności w 2010 roku (tab. 4). Najczęściej zmienność SCA mieszańców była istotna tylko w pojedynczych miejscowościach przeprowadzonych doświadczeń. Wyniki niniejszej pracy są zgodne z wynikami badań większości autorów, prowadzonych z udziałem heterozygotycznych materiałów hodowlanych żyta, które wskazują na główną rolę addytywnego działania genów lub przewagę tego typu działania genów w warunkowaniu większości cech ilościowych (Grochowski i in., 1994a; 1994b; Grochowski i in., 1996; Kolasińska i Węgrzyn 2001; Bujak, 2003). W badaniach, prowadzonych z wykorzystaniem linii wsobnych i populacji

żyta, wykazano większe znaczenie nieaddytywnego działania genów w dziedziczeniu cech ilościowych, szczególnie plonu ziarna i niektórych jego komponentów (Łapiński, 1976; Ruebenbauer i in., 1981; 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, przy stosunkowo małym udziale addytywnych efektów genetycznych. Interesujące są wyniki badań opartych na współczesnych materiałach hodowlanych żyta. Wilde i in. (2003) stwierdzili, że ogólna zdolność kombinacyjna odgrywa większą rolę w przypadku materiałów zróżnicowanych, a swoista zdolność kombinacyjna u materiałów spokrewnionych. Podobnie Melchinger i Gumber (1998) uważają, że zmienność efektów 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. Konieczne jest prowadzenie dalszych badań z udziałem dużej liczby zróżnicowanych i spokrewnionych genotypów w celu poznania sposobu działania genów warunkujących cechy użytkowe u żyta.

#### WNIOSKI

1. Stwierdzono istotne zróżnicowanie mieszańców  $F_1$  uzyskanych w wyniku krzyżowania wybranych genotypów żyta pod względem większości cech użytkowych.
2. Wykazano istotną wariancję ogólnej zdolności kombinacyjnej wśród ocenianych komponentów matecznych i ojcowskich dla większości cech użytkowych.
3. Swoista zdolność kombinacyjna okazała się istotna głównie dla porażenia rdzą brunatną i intensywności pylenia.
4. Poznanie zdolności kombinacyjnej komponentów matecznych i ojcowskich oraz jej interakcji ze środowiskiem umożliwia wykorzystanie ich do tworzenia kombinacji mieszańcowych o pożądanym cechach użytkowych.

#### 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. Nasien.* 39, 6: 95 — 102.
- 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. 1994b. 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. Nasien.* 29, 5/6: 61 — 68.
- Kolasińska I., Węgrzyn S. 2001. Combining ability for selected quantitative characters in winter rye (*Secale cereale* L.). *Cereal Res. Com.* 29, 1-2: 69 — 76.

- Kolasińska I. 2009. Genetyczno-hodowlane aspekty wykorzystania systemu CMS-Pampa w hodowli heterozyjnej żyta. Monografie i Rozprawy Naukowe nr 31, IHAR Radzików.
- 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.
- 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.
- Ruebenbauer T., Kubara-Szpunar Ł., Łoś T. 1981. Genes controlling quantitative traits in rye (*Secale cereale* L.). Genet. Pol. 22, 4: 397 — 410.
- Snedecor G. W., Cochran. W. G. 1991. Statistical methods applied to experiments in agriculture and biology. 5<sup>th</sup> ed. Iowa State Univ. Ames.: 362 pp.
- Węgrzyn S. 1996. Teoretyczne oszacowania komponentów wariancji genetycznych w czynnikiem modelu krzyżowania. Biul. IHAR 200: 7 — 13.
- 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.