

HALINA GÓRAL¹**STANISŁAW WĘGRZYN**²**LUDWIK SPISS**¹¹ Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa, Akademia Rolnicza w Krakowie² Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Krakowie

Wartość kombinacyjna rodów i odmian pszenżyta jarego oraz efekt heterozji mieszańców F₁*

Combining ability of strains and cultivars of spring triticale and heterosis effect of F₁ hybrids

W dwóch mikrodoświadczeniach polowych, przeprowadzonych w dwóch miejscowościach, różniących się warunkami glebowymi (1999) i w jednej miejscowości (2000) badano plon ziarna i komponenty plonu rodziców oraz mieszańców F₁ i F₂ pszenżyta jarego, otrzymanych w wyniku krzyżowania w układzie czynnikiem siedmiu form matecznych z czterema formami ojcowskimi (1999) i pięciu form matecznych z trzema ojcowskimi (2000). Oceniono efekt heterozji u mieszańców oraz zdolność kombinacyjną form rodzicielskich. Wykazano wysoce istotne zróżnicowanie cech wśród rodziców, mieszańców i kontrastu rodzice-mieszańce F₁. Heterozja plonu ziarna u mieszańców F₁ była powszechna i wysoka. Wahała się od -1,4% do 53,6% dla poszczególnych mieszańców i wynosiła średnio 23,3% w 1999 i 15,4% w 2000 roku ponad wartość lepszego z rodziców. Pokolenie F₂ charakteryzowało się brakiem heterozji. Heterozja plonu ziarna mieszańców F₁ wynikała z heterozji liczby kłosów na poletku, liczby ziaren z kłosa i masy 1000 ziaren. Zależała istotnie od ogólnej i swoistej wartości kombinacyjnej form rodzicielskich.

Słowa kluczowe: heterozja, pszenżyto jare, wartość kombinacyjna

Grain yield and its components were investigated in spring triticale F₁ and F₂ hybrids and in their parental forms in two field microtrials in two locations differing in soil quality in 1999, and in one location in 2000. The hybrids were obtained as a result of two series of crosses conducted in a factorial design: of seven females with four males in 1999 and five females with three males in 2000. The heterosis effect and combining ability of parental forms were determined. Differences within parents, hybrids, and in the contrast of parents vs. hybrids were highly significant. The grain yield heterosis in F₁ hybrids was frequent and high. For individual hybrids the better parent heterosis ranged from -1.4% to 53.6% and averaged 23.3% in 1999 and 15.4% in 2000. No heterosis was observed in the F₂ generation. The heterosis of grain yield resulted from heterosis of the number of ears per plot, number

* Badania wykonano w ramach projektu nr 5 P06A 001 14 finansowanego przez KBN

of grains per ear and 1000 grain weight. It depended significantly on the general and the specific combining ability of parental forms.

Key words: combining ability, heterosis, spring triticale

WSTĘP

Pszenżyto jest zbożem, które łączy korzystne cechy biologii kwitnienia pszenicy i żyta, ułatwiające hodowlę heterozyjną (Spiss, 1990). Badania nad heterozją pszenżyta są już liczne (Behl, 1985; Spiss i Góral, 1990, 1995; Barker i Varughese, 1992; Węgrzyn i Grzesik, 1994, 1995; Węgrzyn i in., 1994, 1995; Grzesik, 1995; Dhindsa i in., 1998; Fossati i in., 1998; Grzesik i Węgrzyn, 1998; Naeem i Darvey, 1998; Oettler i in., 1998; Pfeiffer i in., 1998; Góral i in., 1999), ale w Polsce są prowadzone głównie na formie ozimej. Wobec zainteresowania uprawą formy jarej i znaczącego postępu w polskiej hodowli tego zboża, opracowanie alternatywnej metody hodowli, polegającej na wykorzystaniu efektu heterozji, może mieć duże znaczenie. Odmiany pszenżyta jarego nie są pozbawione pewnych wad np. związanych z opóźnionym dojrzewaniem (Maćkowiak i in., 1993). Hodowla mieszańców heterozyjnych stwarza szansę zwiększenia plonu i poprawienia niektórych cech, dzięki jednolitości pokolenia F_1 . Zbadanie i ewentualne wykorzystanie efektu heterozji mieszańców pszenżyta jarego jest także celowe ze względu na krótki okres wegetacji tego zboża i stresowe warunki uprawy związane z okresami wiosennej suszy. Wpływ tych czynników mógłby być łagodzony przez uprawę mieszańców heterozyjnych, wykazujących przewagę szczególnie w warunkach suszy (Barker i Varughese, 1992).

Autorzy od kilku lat zajmują się badaniem heterozji pszenżyta jarego. Pierwsze wyniki obejmujące ocenę efektu heterozji mieszańców F_1 uzyskanych w wyniku krzyżowania polskich rodów i odmian zamieściliśmy w odrębnej publikacji (Góral i in., 1999). Przedstawiana praca jest kontynuacją poprzednich badań. Obejmuje ocenę efektu heterozji mieszańców F_1 i F_2 , pochodzących z krzyżowania zróżnicowanych pod względem pochodzenia rodów i odmian pszenżyta jarego oraz oszacowanie ogólnej i swoistej zdolności kombinacyjnej tych form.

MATERIAŁ I METODY

W 1998 roku wykonano ręczne krzyżowania w układzie czynnikowym 11 odmian i rodów hodowlanych pszenżyta jarego. Jako formy mateczne użyto: Jago, Mieszko, RAH 1052 i 4 formy meksykańskie: Walrus, Lamb 2, Fahad 7, Peltra 5-1. Formami ojcowskimi były: CHD 194, CHD 42/94, Kargo i MAH 1395. Rody i odmiany pochodziły z Hodowli Roślin Danko i ZDHAR Małyszyn, a formy meksykańskie z kolekcji AR w Lublinie. Krzyżowania wykonano między formami różniącymi się pochodzeniem. Kłosa form matecznych kastrowano ręcznie i zapyłano pod izolatorem. Nasiona F_2 otrzymano z samozapylenia pod izolatorem kilkunastu kłosów z kilku roślin mieszańców F_1 . Nasiona mieszańców i form rodzicielskich wysiano w 1999 roku w dwóch miejscowościach koło Krakowa (Stacji Doświadczalnej Akademii Rolniczej w Prusach i Zakładzie Roślin Zbożowych IHAR w Borku Fałęckim). Punkty różniły się głównie warunkami glebowymi: Prusy — czarnoziem wytworzony z lessu; Borek Fałęcki — bielica zdegradowana. Doświadczenia założono metodą losowanych bloków w czterech

powtórzeniach. Wielkość poletek w obu miejscowościach wynosiła 0,25 m². Nasiona wysiano punktowo co 5 cm, w rzędkach o długości 1 m przy odległości między rzędkami — 25 cm. Na każdym poletku policzono kłosy, wymłócono je i zważono ziarno. Masę 1000 ziaren oceniono na podstawie 4 prób po 100 ziaren, a liczbę ziaren z kłosa otrzymano z przeliczenia.

W 2000 roku w doświadczeniu polowym, założonym tylko w jednej miejscowości (Prusy), badano 15 mieszańców F₁ otrzymanych w wyniku ręcznych zapyleń oraz formy rodzicielskie. Mieszańce pochodziły z krzyżowania pięciu form matecznych: Brumbu, Bogal 7, Papion 4 (formy meksykańskie), CHD 397 i CHD 50/95 z trzema formami ojcowskimi: CHD 42/94, Kargo i MAH 1395. To doświadczenie założono podobnie jak w poprzednim roku z tym, że wielkość poletek wynosiła 1 m². W identyczny sposób oceniono plon i komponenty plonu.

Analizy wariancji i oszacowania efektów ogólnej (OWK) i swoistej (SWK) wartości kombinacyjnej doświadczenia z 1999 roku przeprowadzono według modelu mieszanego, traktując obiekty jako czynnik stały, a miejscowości jako czynnik losowy. Składniki interakcji testowano do błędu, zaś składniki główne przybliżonym testem Snedecora i Cochra (1957). Składnik „miejscowości” testowano do średniego kwadratu z powtórzeń. W roku 2000, z uwagi na jedną miejscowość, składniki główne testowano do błędu. Efekt heterozji i ocenę efektów OWK i SWK w 1999 roku analizowano na podstawie średnich z miejscowości. Efekt heterozji przedstawiono jako odchylenie wartości cech mieszańców od lepszego rodzica, wyrażone w procentach.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wykazano istotne zróżnicowanie plonu ziarna i komponentów plonu wśród rodziców i mieszańców obu pokoleń (F₁ i F₂), badanych w 1999 roku (tab. 1) oraz wśród genotypów badanych w 2000 roku (tab. 2). W przypadku masy 1000 ziaren stwierdzono istotne różnice między miejscowościami, a dla wszystkich cech — występowanie istotnej interakcji genotyp × środowisko (tab. 1). Plon ziarna rodziców i mieszańców F₂ był nieco większy w lepszych warunkach glebowych (Prusy), a mieszańców F₁ podobny w obu miejscowościach (tab. 3). Przeciętna heterozja plonu ziarna i komponentów plonu w pokoleniu F₁ była znaczna (tab. 4, 5), co potwierdził wysoce istotny kontrast rodzice-mieszańce (tab. 1, 2). Podobny, wysoki poziom przeciętnej heterozji dla plonu ziarna i jego komponentów otrzymaliśmy w badaniach nad heterozją i zdolnością kombinacyjną polskich rodów i odmian pszenżyta jarego (Góral i in., 1999) oraz pszenżyta ozimego (Węgrzyn i in., 1994, 1995), zgodny z wynikami badań innych autorów (Barker i Varughese, 1992; Węgrzyn i Grzesik, 1995). Istotne współdziałanie kontrastu rodzice — mieszańce F₁ × miejscowości dla plonu ziarna i liczby kłosów z poletka świadczy o różnym poziomie średniej heterozji tych cech w różnych warunkach środowiska, w przeciwieństwie do wyników otrzymanych przez Barkera i Varughese (1992), którzy stwierdzili stałość przejawiania się heterozji dla plonu w warunkach nawadniania i suszy. Różnica plonu między mieszańcami F₁ i rodzicami była większa w Borku Fałęckim niż w Prusach (tab. 3).

Tabela 1

Analiza wariancji — średnie kwadraty, 1999
Mean squares from the analysis of variance, 1999

Źródło Source	Doświad- czenie ¹ Experi- ment	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Plon Yield g	Kłosa/poletko Ears/plot	Ziarna/ kłos Grains/ear	MTZ ² 1000 grain weight, g
Miejscowości (E) Sites	I	1	3500,08	3003,28	94,60	2849,25**
	II		11558,34	1304,63	195,89	2859,84*
Powtórzenia (miejsc.) Replications (site)	I	6	7982,80**	1087,16**	305,30**	52,38**
	II		6459,05**	1021,44**	339,54**	255,79**
Obiekty (G) Entries	I	38	5603,31**	642,58**	221,62**	142,98**
	II		2316,45**	310,98**	206,85**	88,91**
Rodzice/mieszańce (PH) Parents vs. hybrids	I	1	125149,98**	6195,98**	1776,32**	623,53**
	II		9148,99**	774,49*	317,51*	0,01
Rodzice (P) Parents	I	10	2343,64**	538,28**	203,22**	148,36**
	II		2343,64**	538,28**	203,22**	148,36**
Matki (F) Females	I	6	2009,82**	396,02**	168,24**	191,50**
	II		2009,82*	396,02**	168,24**	191,50**
Ojcowie (M) Males	I	3	746,61	434,83*	78,61*	11,28
	II		746,61	434,83**	78,61	11,28
Matki/ojcowie (FM) Female. vs. Males	I	1	9137,59**	1702,23**	786,95**	300,78**
	II		9137,59**	1702,23**	786,95**	300,78**
Mieszańce (H) Hybrids	I	27	2382,95**	475,53**	170,85**	123,19**
	II		2053,32**	209,62**	204,10**	70,18**
OWK (F) GCA	I	6	3947,62**	1110,97**	433,60**	468,21**
	II		2692,71**	334,95**	400,51**	240,73**
OWK (M) GCA	I	3	2293,86*	1165,08**	437,41**	106,58**
	II		620,60	360,97**	210,09**	94,63**
SWK SCA	I	18	1876,24**	148,79	38,84	10,94**
	II		2078,99**	142,63	137,62**	9,26*
G × E	I	38	1260,44*	171,66*	48,21**	8,27*
	II		1019,85**	161,28**	53,61*	6,64
PH × E	I	1	5798,33**	1294,89**	15,25	2,24
	II		2101,57*	589,26	1,51	2,06
P × E	I	10	1315,80	144,17	83,74**	10,04*
	II		1315,80**	144,17	83,74**	10,04
H × E	I	27	1071,87	140,24	36,27	7,84
	II		870,18*	151,77*	44,38	5,55
GCA (F) × E	I	6	1232,14	171,36	48,08	11,98*
	II		2618,96**	280,63**	92,54**	12,61*
GCA (M) × E	I	3	1648,33	66,80	110,98**	20,63**
	II		271,08	2,04	61,66	4,22
SCA × E	I	18	922,37	142,10	19,88	4,32
	II		387,10	133,77	25,45	3,41
Błąd Error	I	228	801,25	117,13	24,46	5,28
	II		509,31	90,60	31,80	5,63
Średnia Mean	I		147,07	68,92	47,64	44,84
	II		123,75	64,32	45,44	42,59
CV, %	I		19,25	15,70	10,38	5,12
	II		18,24	14,80	12,41	5,57

¹ — Doświadczenie I — rodzice i mieszańce F₁, doświadczenie II — rodzice i mieszańce F₂

¹ — Experiment I — parents and F₁, experiment II — parents and F₂

² — Masa 1000 ziaren; ² — 1000 grain weight

*** — Istotne przy poziomie ufności odpowiednio 0,05 i 0,01

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

Tabela 2

Analiza wariancji — średnie kwadraty, 2000
Mean squares from the analysis of variance, 2000

Źródło Source	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Plon Yield g	Kłosa/poletko Ears/plot	Ziarna/ kłos Grains/ear	MTZ ¹ 1000 grain weight, g
Obiekty Entries	22	8686,38**	782,56**	26,91**	10,51**
Rodzice/mieszańce Parents vs. hybrids	1	96948,18**	2017,82**	116,35**	28,57**
Rodzice Parents	7	3993,19**	445,56*	22,03**	11,12**
Mieszańce Hybrids	14	4728,56**	862,83**	22,96**	8,92**
Matki (GCA) Female (GCA)	4	3585,86*	1099,30**	35,07**	24,23**
Ojcowie (GCA) Male (GCA)	2	385,58	848,25**	48,77**	1,96*
Matki × ojcowie (SCA) Female × male (SCA)	8	6385,65**	748,23**	10,46**	3,00**
Błąd Error	65	1010,46	163,06	3,71	0,46
Średnia Mean		664,21	256,81	59,54	43,54
CV, %		4,79	4,97	3,24	1,56

¹ — Masa 1000 ziaren¹ — 1000 grain weight

*** — Istotne przy poziomie ufności odpowiednio 0,05 i 0,01

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

Tabela 3

Plon ziarna rodziców i mieszańców, (g/m²)
Grain yield of parents and hybrids

Środowisko Site	Matki Females	Ojcowie Males	F ₁	F ₂
1999				
Borek	382,4	484,8	636,0	490,4
Prusy	477,2	543,6	641,2	526,4
2000				
Prusy	555,8	607,9	713,1	

Heterozja plonu ziarna u mieszańców badanych w 1999 roku, mierzona odchyleniem wartości cech mieszańców F₁ od lepszego rodzica, była większa w Borku Fałęckim (30,0%) niż w Prusach (15,3%). Wahala się od -1,4% do 53,6% u poszczególnych mieszańców i wynosiła średnio z miejscowości 23,3% (tab. 5). Największą heterozję plonu ziarna wykazały mieszańce Jago × CHD 194 (53,6%) i Walrus × Kargo (51,9%), przy czym dla obu była większa w gorszych warunkach glebowych (Borek Fałęcki). Barker i Varughese (1992) także stwierdzili większą heterozję w gorszym środowisku (brak nawadniania) w porównaniu z korzystnym (nawadnianie). Występowanie heterozji w warunkach stresowych lub na słabej glebie może być motywacją dla podjęcia hodowli heterozyjnej. Kilka mieszańców wykazało podobny efekt heterozji w obu miejsco-

wościach, a mieszańiec Jago $\times$ MAH 1395 wykazał 44,0% heterozji w Prusach i nieznaczną heterozję w Borku Fałęckim (5,3%). Wśród mieszańców badanych w 2000 roku efekt heterozji wahał się od -13,1% do 34,1% i wynosił średnio 15,4%. Największą heterozję wykazywały mieszańce Brumbu $\times$ Kargo (33,8%), Bogal 7 $\times$ Kargo (34,0%), i CHD 50/95 $\times$ CHD 42/94 (34,1%). W porównaniu z efektem heterozji plonu ziarna heterozja komponentów plonu była niewielka (tab. 5), co jest zgodne z ogólną tendencją do występowania większej heterozji dla cech bardziej kompleksowych, będących wypadkową cech prostych.

Kontrast rodzice-mieszańce F_2 był istotny w przypadku plonu ziarna, liczby kłosów i liczby ziaren z kłosa i nieistotny dla masy 1000 ziaren, która u mieszańców F_2 była pośrednia w stosunku do form rodzicielskich (tab. 1, 4). Mieszańce F_2 charakteryzowały się większym plonem ziarna od średniej rodziców, ale średnio nie wykazywały efektu heterozji mierzonej w stosunku do lepszego z rodziców (tab. 4, 5). Plon ziarna u tych mieszańców wahał się od -48,4% do 21,7% w stosunku do lepszego rodzica. Spadek heterozji u mieszańców F_2 w stosunku do mieszańców F_1 był większy niż można było się spodziewać na podstawie teoretycznych założeń. Dotyczyło to także komponentów plonu, dla których w pokoleniu F_2 nie stwierdzono heterozji.

Tabela 4

Średnie wartości cech rodziców i mieszańców
Mean performance of parents and hybrids

Cecha Trait	Matki Females	Ojcowie Males	F_1	F_2
1999				
Plon Yield, g/m ²	429,8	514,2	638,6	507,8
Kłosa/m ² Ears/m ²	234,0	270,4	284,4	261,2
Ziarna/kłos Grains/ear	41,6	47,8	49,1	46,1
MTZ ¹ , g, 1000 grain weight, g	44,0	40,1	45,7	42,6
2000				
Plon, Yield, g/m ²	555,8	607,9	713,1	
Kłosa/m ² Ears/m ²	230,5	266,5	263,7	
Ziarna/kłos Grains/ear	57,2	55,1	61,2	
MTZ ¹ , g, 1000 grain weight, g	42,2	41,6	44,4	

¹ — Masa 1000 ziaren

¹ — 1000 grain weight

Regresja poziomu heterozji plonu ziarna — Y (wyrażonej jako odchylenie plonu mieszańców F_1 od lepszego z rodziców) względem heterozji komponentów plonu była wysoce istotna. Heterozja liczby kłosów (x_1), liczby ziaren z kłosa (x_2) i masy 1000 ziaren (x_3) w 82,0% (1999) i w 79,3% (2000) determinowały wielkość heterozji plonu ziarna.

Tabela 5

Efekt heterozji w stosunku do lepszego rodzica (%)
Percentage high-parent heterosis

Cecha Trait	F ₁		F ₂	
	Zakres Range	Średnia Mean	Zakres Range	Średnia Mean
<u>1999</u>				
Plon Yield	-1,4 — 53,6	23,3	-48,4 — 21,7	-1,7
Kłosy/poletko Grains/plot	-14,1 — 22,4	4,8	-23,8 — 16,0	-4,3
Ziarna/kłos Grains/ear	-21,0 — 18,9	2,3	-34,3 — 12,3	-4,2
MTZ ¹ 1000 grain weight	-6,3 — 15,0	2,3	-16,5 — 5,5	-4,7
<u>2000</u>				
Plon Yield	-13,1 — 34,1	15,4		
Kłosy/poletko Grains/plot	-29,5 — 16,1	-1,1		
Ziarna/kłos Grains/ear	-6,1 — 15,8	4,7		
MTZ ¹ 1000 grain weight	-4,1 — 12,1	1,4		

¹ — Masa 1000 ziaren¹ — 1000 grain weight

Współczynnik korelacji wielokrotnej wyniósł 0,91 i 0,89 odpowiednio w dwóch latach badań. Dowodzi to, że poziom heterozji komponentów plonu wpływał w decydującym stopniu na poziom heterozji plonu ziarna. Podobne zależności otrzymano w wcześniejszych badaniach (Góral i in., 1999). Równania regresji wielokrotnej heterozji plonu ziarna, wyznaczone względem heterozji komponentów plonu (x_1 , x_2 , x_3) miały postać:

$$1999: Y = 83,26 + 1,21x_1 + 10,07x_2 + 9,91x_3$$

$$2000: Y = 69,77 + 2,47x_1 + 7,48x_2 + 18,73x_3$$

Analizując te równanie można podać, o ile zmieni się heterozja plonu ziarna mieszańców, jeżeli heterozja którejś z cech przy stałym poziomie innych zmieni się o jednostkę. W celu porównania, w jakim stopniu efekt heterozji każdego z komponentów wpływał na wielkość heterozji plonu ziarna, współczynniki regresji cząstkowej wyrażono jako standaryzowane cząstkowe współczynniki regresji tzn. wyrażone w jednostkach stosunku odchyłeń standardowych zmiennej y i odpowiednich zmiennych x (Elandt, 1964). Otrzymano następujące współczynniki:

$$1999: b'_1(x_1) = 0,42; b'_2(x_2) = 0,68; b'_3(x_3) = 0,35$$

$$2000: b'_1(x_1) = 0,88; b'_2(x_2) = 0,38; b'_3(x_3) = 0,45,$$

z których wynika że na efekt heterozji plonu ziarna mieszańców F_1 badanych w 1999 roku w największym stopniu wpływała heterozja liczby ziaren z kłosa, a badanych w 2000 roku - heterozja liczby kłosów z poletka. Efekt heterozji plonu ziarna wynikał

z heterozji wszystkich komponentów plonu, a stopień związku heterozji plonu ziarna i heterozji komponentów plonu był różny w zależności od genotypu badanych mieszańców.

Wariancja ogólnej zdolności kombinacyjnej (OWK) form matecznych i ojcowskich była istotna dla wszystkich cech i obu pokoleń z wyjątkiem wariancji OWK form ojcowskich dla plonu ziarna w pokoleniu F₂ (tab. 1, 2). Wariancja swoistej zdolności kombinacyjnej (SWK) była istotna tylko dla plonu ziarna, masy 1000 ziaren w obu pokoleniach i liczby ziaren z kłosa w pokoleniu F₂. Spośród badanych rodów i odmian najlepszymi komponentami rodzicielskimi pod względem plonu ziarna były odmiany Jago, Walrus i Kargo (1999) wykazując istotną, dodatnią ogólną wartość kombinacyjną (tab. 6).

Tabela 6

Efekty ogólnej (GCA) i swoistej (SCA) wartości kombinacyjnej form rodzicielskich oraz heterozji (H) mieszańców F₁ (% ponad wartość lepszego rodzica) dla plonu ziarna, 1999
Effect of general (GCA) and specific combining ability of parental forms and heterosis (H) of F₁ hybrids (% above the better parent) for grain yield, 1999

Matki Females (f)	Ojcowie Males (m)					
	Efekty GCA (m) GCA (f)	Efekty	CHD 194 -8,1	CHD 42/94 -26,3*	Kargo 34,7**	MAH 1395 -0,3
Jago	50,9**	SCA H	48,8 53,6**	27,0 36,7**	-96,6** 23,1*	20,9 25,1*
Mieszko	36,5	SCA H	60,6 33,5**	18,8 22,5*	-84,7** 14,6	5,3 19,8
RAH 1052	-23,5	SCA H	-29,4 21,6	-8,7 14,9	67,4* 40,7**	-29,7 3,0
Walrus	52,2**	SCA H	-140,0** 14,2	13,2 34,2**	49,6 51,9**	77,2* 35,2**
Lamb 2	-44,7*	SCA H	24,4 28,5*	12,6 14,9	-8,5 21,6	-28,5 -0,4
Fahad 7	-28,5	SCA H	20,6 31,1**	-48,7 6,0	37,8 33,8**	-9,7 5,7
Peltra 5-1	-42,8*	SCA H	15,0 26,9*	-14,3 9,9	34,6 30,4**	-35,4 -1,4

*, ** — Istotne odpowiednio przy poziomie 0,05 i 0,01

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

Odmiany te mogą być wykorzystane w hodowli konwencjonalnej, ponieważ będą przekazywać cechę dobrego plonowania potomstwu. Mieszańce F₁ otrzymane z krzyżowania tych odmian wykazywały istotną heterozję plonu ziarna (od 23,1% do 51,9% w stosunku do lepszego rodzica), co wskazuje, że te odmiany mogą być także wartościowymi komponentami rodzicielskimi w hodowli heterozyznej. Spośród rodziców badanych w 2000 roku najlepszym okazał się ród CHD 50/93 o istotnej dodatniej ogólnej wartości kombinacyjnej, warunkującej wobec nieistotnych efektów OWK form ojcowskich heterozję mieszańców (tab. 7). Mimo istotnego zróżnicowania wariancji swoistej zdolności kombinacyjnej dla plonu ziarna tylko dwie kombinacje par rodzicielskich w 1999 roku: RAH 1052 × Kargo i Walrus × MAH 1395 wykazywały dodatni, istotnie różny od zera efekt SWK (tab. 6). Dzięki temu heterozja plonu mieszańców F₁ tych par rodziców

(odpowiednio 40,7% i 35,2%) była większa niż można było się spodziewać po przeciwnych efektach ogólnej wartości kombinacyjnej tych form. W 2000 roku kombinacje Brumbu × Kargo, Papion 4 × MAH 1395, CHD 397 × CHD 42/94 i CHD 50/95 × CHD 42/94 charakteryzowały się dodatnimi efektami swoistej wartości kombinacyjnej, dając istotne efekty heterozji u mieszańców (tab. 7).

Tabela 7

Efekty ogólnej (GCA) i swoistej (SCA) wartości kombinacyjnej form rodzicielskich oraz heterozji (H) mieszańców F₁ (% ponad wartość lepszego rodzica) dla plonu ziarna, 2000
Effects of general (GCA) and specific combining ability SCA of parental forms and heterosis (H) of F₁ hybrids (% above the better parent) for grain yield, 2000

Matki Females (f)	Ojcowie Males (m)				
	Efekty GCA (m) GCA (f)	Efekty	CHD 42/94 5,5	Kargo -10,1	MAH 1395 4,6
Brumbu	7,5	SCA H	-23,4 13,8**	67,2** 33,8**	-43,8 4,8
Bogal 7	16,1	SCA H	22,4 22,6**	31,2 34,0**	-53,6* 4,6
Papion 4	-32,0*	SCA H	-121,3** -13,1**	24,3 6,9	97,0** 20,4**
CHD 397	-37,0*	SCA H	58,7* 19,9**	-59,5* 8,3*	0,8 4,8
CHD 50/95	45,5**	SCA H	63,7** 34,1**	-63,2** 19,4**	-0,5 17,3**

*, ** — Istotne odpowiednio przy poziomie 0,05 i 0,01

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

Analiza regresji wielokrotnej wykazała, że na wielkość efektu heterozji plonu ziarna mieszańców istotny wpływ miała ogólna i swoista wartość kombinacyjna form rodzicielskich, przeciwnie niż to miało miejsce we wcześniejszych badaniach, gdzie wykazano istotny wpływ SWK na wielkość heterozji mieszańców, natomiast nie udowodniono istotnego wpływu OWK matek i ojców (Góral i in., 1999). Może to wynikać z badania różnych genotypów form rodzicielskich. W przedstawianej pracy zmienne objaśniające (efekty OWK i SWK) w 78,3% (1999) i 85,8% (2000) determinowały efekt heterozji plonu ziarna mieszańców F₁, a współczynniki korelacji wielokrotnej wynosiły odpowiednio $R = 0,88$ i $R = 0,93$. Równania regresji przyjęły postać:

$$1999: Y = 118,92 + 0,89x_1 + 0,83x_2 + 0,97x_3,$$

$$2000: Y = 94,7 + 1,24x_1 + 1,03x_3,$$

gdzie Y — heterozja w odchyleniach od lepszego rodzica (g/m^2), x_1 - efekty OWK matek (g/m^2), x_2 - efekty OWK ojców (g/m^2), x_3 - efekty SWK (g/m^2). W 2000 roku nie było istotnego wpływu OWK form ojcowskich (x_2) na wielkość heterozji mieszańców, dlatego równanie nie uwzględnia tej zmiennej. Standaryzowane cząstkowe współczynniki regresji wynosiły:

$$1999: b'_1(x_1) = 0,52; b'_2(x_2) = 0,26; b'_3(x_3) = 0,67$$

$$2000: b'_1(x_1) = 0,50; b'_3(x_3) = 0,78$$

Porównując je można wnioskować, że największy wpływ na efekt heterozji plonu ziarna mieszańców F_1 w obu latach badań miała swoista wartość kombinacyjna form rodzicielskich.

Z przeprowadzonych badań wynika, że heterozja plonu ziarna u mieszańców F_1 między różnymi formami pszenżyta jarego była powszechna i stosunkowo wysoka. U niektórych mieszańców sięgała kilkudziesięciu procent ponad wartość lepszego z rodziców. Wynikała z większych wartości wszystkich trzech komponentów plonu w porównaniu do rodziców. W pokoleniu F_2 heterozja nie występowała. Na wielkość heterozji plonu ziarna mieszańców F_1 istotnie wpływała ogólna i swoista wartość kombinacyjna form rodzicielskich. Przedstawiane wnioski oparte są o wyniki uzyskane z mikrodoświadczeń polowych, z konieczności zakładanych na małych lub bardzo małych poletkach, ponieważ dysponowano niewielką ilością nasion mieszańcowych uzyskiwanych z ręcznych krzyżowań. Na tego typu poletkach prowadzi się wstępną ocenę genotypów we wczesnych etapach hodowli twórczej. Wyniki z małych poletek mogą nie w pełni odpowiadać wynikom uzyskanym z poletek większych. Jednak takie badania są bardzo potrzebne by na licznej próbie mieszańców F_1 określić skalę występowania zjawiska heterozji, wybrać genotypy do dalszych badań i ewentualnej hodowli. Warunki wegetacji na poletkach, choćby jednorzędkowych są bardziej zbliżone do warunków w łanie niż przy wysadzaniu roślin pojedynczo w szerokiej rozstawie. Plon i elementy struktury plonu ocenione na podstawie kilkudziesięciu roślin z małego poletka wydają się być bardziej zbliżone do plonu z większej powierzchni niż oceniane na podstawie pojedynczych roślin. W przedstawianej pracy poziom ocenionej heterozji był ogólnie większy w porównaniu z heterozją ocenianą na poletkach większych (Pfeiffer i in., 1998; Fossati i in. 1998; Oettler i in., 1998) i mniejszy niż przy ocenie bazującej na pojedynczych roślinach (Dhindsa i in., 1998). Otrzymane wyniki przemawiają za celowością dalszych badań nad możliwością hodowli heterozyjnej pszenżyta jarego. Wysoce istotna wariancja ogólnej zdolności kombinacyjnej plonu ziarna i komponentów plonu stwarza także duże możliwości podniesienia plonowania tego zboża metodami selekcji.

WNIOSKI

1. Wykazano wysoce istotne zróżnicowanie cech rolniczych wśród badanych rodów i odmian pszenżyta jarego, mieszańców F_1 i kontrastu rodzice-mieszańce.
2. Stwierdzono występowanie efektu heterozji plonu ziarna u mieszańców F_1 pszenżyta jarego, która wynikała z większych wartości cech struktury plonu mieszańców w porównaniu z rodzicami. Średnio w pokoleniu F_2 heterozja nie występowała.
3. Heterozja mieszańców F_1 zależała istotnie od ogólnej i swoistej wartości kombinacyjnej form rodzicielskich.

LITERATURA

- Barker T. C., Varughese G. 1992. Combining ability and heterosis among eight complete spring hexaploid triticales lines. *Crop Sci.* 32: 340 — 344.
- Behl R. K. 1985. Heterosis for important characters in hexaploid triticales. *Wheat Inf. Serv.* 60: 10 — 14.
- Dhindsa G. S., Maini G., Nanda G. S., Singh G. 1998. Combining ability and heterosis for yield and its components in triticales. *Proc. of the 4th Intern. Triticale Symp.* Canada, Alberta 26–31 July 1998: 116 — 118.
- Elandt R. 1964. *Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczeń rolniczych*. PWN, Warszawa.
- Fossati D., Jaquiere R., Fossati A. 1998. Agronomical performance of triticales F₁ hybrids. *Proc. 4th Intern. Triticale Symp.* Canada, Alberta 26–31 July 1998: 124 — 126.
- Grzesik H. 1995. Badania nad karłowymi mutantami pszenżyta ozimego (*X Triticosecale* Witt.). Część II Efekt heterozji mieszańców F₁ pszenżyta ozimego. *Hod. Rośl. Aklim.* 39: 21 — 39.
- Grzesik H., Węgrzyn S. 1998. Heterosis and combining ability in some varieties of triticales. *Proc. 4th Intern. Triticale Symp.* Canada, Alberta 26–31 July 1998: 129 — 133.
- Góral H., Węgrzyn S., Spiss L. 1999. Heterosis and combining ability in spring triticales (*X Triticosecale* Wittm.). *Plant Breed. Seed Sci.* 43/1: 25 — 34.
- Maćkowiak W., Paizert K., Mazurkiewicz L., Woś H. 1993. Osiągnięcia i problemy hodowli pszenżyta w Polsce. *Biul. IHAR* 187: 143 — 165.
- Naeem H.A., Darvey N.L. 1998. Heterosis for yield and quality in hexaploid triticales. *Proc. 4th Intern. Triticale Symp.* Canada, Alberta 26–31 July 1998: 143 — 149.
- Oettler G., Becker H.C., Hoppe G., Wahle G. 1998. Heterosis for yield and yield components in multi-location trials of winter triticales. *Proc. 4th Intern. Triticale Symp.* Canada, Alberta 26–31 July 1998: 151 — 155.
- Pfeiffer W. H., Sayre K. D., Mergoum M. 1998. Heterosis in spring triticales hybrids. *Proc. 4th Intern. Triticale Symp.* Canada, Alberta 26–31 July 1998: 86 — 90.
- Snedecor G. W., Cochran W. G. 1957. *Statistical methods applied to experiments in agriculture and biology*. Ed. 5, Ames, Iowa.
- Spiss L., 1990. Perspektywy wyhodowania heterozyjnych mieszańców pszenżyta. *Hod. Rośl. Nasien.* 2/3:1 — 3.
- Spiss L., Góral H., 1990. Effect of heterosis in hybrids with dwarf mutants of triticales. *Hod. Rośl. Aklim.* 34: 33 — 37.
- Spiss L., Góral H. 1995. Efekt heterozji u pszenżyta. *Acta Agr. Silv. Ser. Agr.* 33: 27 — 34.
- Węgrzyn S., Grzesik H., 1994. Heterozja i zdolność kombinacyjna pszenżyta. *Zesz. Nauk. AR w Szczec. Rol.* 162: 267 — 272.
- Węgrzyn S., Grzesik H. 1995. Zdolność kombinacyjna i heterozja cech użytkowych kilku odmian pszenżyta ozimego. *Biul. IHAR* 195/196: 13 — 19.
- Węgrzyn S., Góral H., Spiss L. 1994. Oszacowanie zdolności kombinacyjnej odmian i rodów pszenżyta ozimego. *Zesz. Nauk AR w Szczec. Rol.* 162: 261 — 265.
- Węgrzyn S., Góral H., Spiss L. 1995. Zdolność kombinacyjna pszenżyta ozimego. *Biul. IHAR*, 195/196: 5 — 11.