

HALINA GÓRALKatedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa
Akademia Rolnicza, Kraków

Mieszańce F₁ pszenżyta ozimego z cytoplazmą *Triticum timopheevi**

Hybrid winter triticales with *Triticum timopheevi* cytoplasm

Mieszańce F₁ w sterylizującej cytoplazmie *Triticum timopheevi* charakteryzowały się pośrednim plonem ziarna w stosunku do form rodzicielskich. Siedem mieszańców na 36 badanych wykazało efekt heterozji plonu ziarna w stosunku do lepszego rodzica zawierający się w granicach 10–21%. Został on dla części mieszańców potwierdzony w drugim roku badań. Heterozja plonu ziarna zależała istotnie od efektu heterozji liczby kłosów z poletka i liczby ziaren z kłosa. Wykazano istotną wariancję ogólnej i swoistej zdolności kombinacyjnej męskosterylnych linii i form ojcowskich. Efekt heterozji plonu ziarna mieszańców był determinowany ogólną i swoistą wartością kombinacyjną form rodzicielskich. Nie stwierdzono wyraźnych różnic efektu heterozji w zależności od warunków glebowych i gęstości siewu.

Słowa kluczowe: heterozja, ogólna i swoista wartość kombinacyjna, pszenżyto, *Triticum timopheevi*

F₁ hybrids with sterilizing *Triticum timopheevi* cytoplasm showed intermediate grain yield in relation to parental forms. Seven hybrids out of thirty six exhibited heterosis effect in grain yield, in relation to better parental form, ranging from 10 to 21%. For a part of hybrids this effect was confirmed in the second year. Grain yield heterosis was significantly dependent on the heterosis of head number per plot and kernel number per head. Significant variation of general and specific combining ability of male sterile and male parental lines was found. Heterosis effect of the hybrid yield was determined by general and specific combining ability of parental forms. There was no significant difference of the heterosis effect in response to soil conditions and sowing density.

Key words: general and specific combining ability, heterosis, triticales, *Triticum timopheevi*

WSTĘP

Badania nad możliwością hodowli heterozyjnej pszenżyta wykazały występowanie efektu heterozji oraz istotność wariancji ogólnej i swoistej zdolności kombinacyjnej rodów i odmian (Barker i Varughese, 1992; Węgrzyn i Grzesik, 1994, 1995; Węgrzyn i in., 1994, 1995; Grzesik 1995; Spiss i Góral, 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). Prowadzi się także hodowlę linii męskosterylnych i przywracających płodność (Nalepa, 1990; Spiss i Góral, 1994;

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

Warzecha i in., 1998, Góral i in. 1999). Pierwsze odmiany mieszańcowe były testowane w oficjalnych doświadczeniach w kilku krajach (Fossati i in., 1998; Weissmann i in., 2000). Otrzymywanie nasion mieszańcowych pszenżyta może się odbywać poprzez kastrację form męskosterylnych za pomocą gametocydów (Fossati i in., 1998; Pfeiffer i in., 1998; Weissmann i Jaquiéry, 2000) lub użycie do tego celu sterylizującej cytoplazmy obcego pochodzenia (Cauderon i in., 1985; Nalepa, 1990; Spiss i Góral, 1994; Góral i Spiss, 1997; Góral, 1999; Warzecha i in., 1998).

Celem pracy było zbadanie efektu heterozji mieszańców F_1 pszenżyta ozimego, pochodzących z krzyżowania męskosterylnych linii w cytoplazmie *Triticum timopheevi* z odmianami oraz ocena wartości kombinacyjnej form rodzicielskich.

MATERIAŁ I METODY

W mikradoświadczeniu polowym, przeprowadzonym w 1999 roku w Stacji Doświadczalnej AR w Prusach koło Krakowa badano formy rodzicielskie: 5 matek (linie dopełniające form męskosterylnych: Salvo 15/1, Malno 58/1, CHD 464/2, Tm 105/6 i Purdy 5), 6 form ojcowskich (Bolero, Ugo, Moreno, Tornado, Vero i Nemo) oraz 36 mieszańców F_1 z cytoplazmą *Triticum timopheevi*, otrzymanych w 1998 roku w wyniku zapyleń w izolowanych szkółkach męskosterylnych linii wymienionymi odmianami (Góral, 1999). Doświadczenie założono w układzie bloków niekompletnych w 4 powtórzeniach, na poletkach o powierzchni 1 m², na których wysiano po 200 ziaren w rzędy o rozstawie 20 cm. Zanotowano termin kłoszenia, w czasie kwitnienia utrwalono pylniki do oceny ich długości i żywotności pyłku, a przed zbiorem zmierzono wysokość roślin (3 pomiary na poletku) i długość kłosa (4 losowo wybrane kłosa z poletka). Na każdym poletku policzono kłosa i oceniono plon ziarna. Masę 1000 ziaren oceniono na podstawie 4 prób po 100 ziaren, liczbę ziaren z kłosa otrzymano z przeliczenia masy ziaren z kłosa i masy 1000 ziaren. Żywotność pyłku badano za pomocą barwienia 2% roztworem acetokarminu. Heterozję przedstawiono jako odchylenie wartości cech mieszańców od lepszego rodzica, wyrażone w procentach.

Analizy wariancji ogólnej i swoistej zdolności kombinacyjnej przeprowadzono według modelu stałego dla czynnikowego układu krzyżowań. W celu wykazania zależności heterozji plonu ziarna (Y_1) od heterozji komponentów plonu oraz heterozji plonu ziarna (Y_2) od efektów ogólnej i swoistej wartości kombinacyjnej form rodzicielskich zastosowano rachunek regresji wielokrotnej. Tu heterozję wyrażono jako różnicę wartości cechy mieszańca i lepszego rodzica w jednostkach badanej cechy.

W 2000 roku założono doświadczenia w dwóch miejscowościach, różniących się warunkami glebowymi: w Prusach (czarnoziem wytworzony z lessu) i w Mydlnikach (gleba brunatna, wylugowana na piasku słabogliniastym). Zastosowano trzy gęstości siewu: G1 — 100 ziaren/m², G2 — 200 ziaren/m² i G3 — 400 ziaren/m² w celu zbadania ewentualnego wpływu tego czynnika na poziom heterozji mieszańców. Badano cztery mieszańce: cms Salvo 15/1 × Tornado, cms Malno 53/1 × Tornado, cms Salvo 15/1 × Moreno, cms Malno 53/1 × Moreno, które w 1999 roku wykazały przynajmniej 10% heterozji oraz formy rodzicielskie. Nasiona dwóch pierwszych mieszańców pochodziły ze zbioru 1998 roku (przechowywane w 4° C), nasiona dwóch kolejnych — z roku zbioru. Nasiona wysiano w układzie zależnym, gdzie

podblok stanowiły gęstości siewu, a w obrębie podbloku rozlosowano mieszańce i formy rodzicielskie. Wielkość poletek wynosiła 1 m², długość rzędów — 1 m, a rozstawa — 20 cm. Analizy wariancji przeprowadzono oddzielnie dla miejscowości.

WYNIKI I DYSKUSJA

Plon ziarna i komponenty plonu mieszańców z wyjątkiem masy 1000 ziaren były pośrednie między formami rodzicielskimi lub na poziomie gorszych od form ojcowskich — form matecznych, którymi były linie dopełniające form męskosterylnych (tab. 1).

Tabela 1

Średnie wartości cech rodziców i mieszańców oraz średnia heterozja w stosunku do lepszego rodzica (H%), 1999

Traits of parents and hybrids and heterosis in relation to the better parent (H%), 1999

Cecha Trait	Średnia Mean			H%	
	matki females	ojcowie males	F ₁	średnia mean	zakres range
Plon ziarna g/m ² Grain yield g/m ²	865,4	1007,8	955,7	-6,0	-36,7 — 21,2
Liczba kłosów na m ² Number of ears/m ²	437,5	457,7	424,9	-7,7	-31,3 — 9,4
Żywotność pyłku (%) Pollen viability (%)	97,0	97,7	96,5	-1,5	-6,3 — 0,6
Osadzenie ziaren (%) Seed set (%)	78,6	85,0	79,9	-6,3	-24,1 — 2,9
Liczba ziaren z kłosa Number of grains per ear	39,9	44,9	39,7	-15,5	-39,1 — -4,6
Masa 1000 ziaren (g) 1000 grain weight (g)	50,2	50,5	56,2	5,6	-7,3 — 17,7
Długość pylników (mm) Anther length (mm)	5,0	5,1	6,1	15,2	1,1 — 31,4
Długość źdźbła (cm) Culm length (cm)	97,6	106,3	107,2	-2,9	-25,1 — 8,8
Długość kłosa (mm) Ear length (mm)	102,8	106,5	114,7	5,2	-4,9 — 16,3
Kłoszenie od 1 maja Heading from May 1 ¹⁾	22,9	21,7	20,6	-4,5	-14,5 — 5,0

¹⁾ — Za lepszego rodzica uznano tego, który kłosił się wcześniej

¹⁾ — Better parental form was recognized, which was heading earlier

Żywotność pyłku, osadzenie ziaren i liczba ziaren z kłosa mieszańców, będące miarą przywrócenia płodności u mieszańców były na poziomie linii dopełniających, długość źdźbła mieszańców — na poziomie form ojcowskich. Mieszańce kłosiły się wcześniej niż formy rodzicielskie. Długość kłosa i masa 1000 ziaren mieszańców była większa niż u form rodzicielskich. Mieszańce miały także dłuższe pylniki niż formy rodzicielskie. Średnio mieszańce F₁ nie wykazywały heterozji plonu ziarna, liczby kłosów i ziaren w kłosie, natomiast wykazały heterozję masy 1000 ziaren (5,6%) i długości pylników (15,2%).

Brak potwierdzenia poziomu heterozji plonu ziarna w obecnej pracy z cytowanymi we wstępie wynikami własnymi i innych autorów, gdzie u pszenżyta wykazano powszechny i

wysoki efekt heterozji, wynika prawdopodobnie z zastosowania sterylizującej cytoplazmy do tworzenia mieszańców, która może obniżać efekt heterozji plonu ziarna mieszańców, głównie z powodu niepełnego przywrócenia płodności. Podobne wyniki otrzymano wcześniej (Góral i Spiss, 1998) oraz w badaniach Warzechy i wsp. (1998), gdzie oceniano heterozję mieszańców pszenżyta wytworzonych na bazie cytoplazmy *Triticum timopheevi*. Sama cytoplazma *Triticum timopheevi* nie ma niekorzystnego wpływu na cechy rolnicze (Góral i Spiss, 2000). Wykazano to badając męskopłodne linie z tą cytoplazmą i porównując je z liniami w cytoplazmie *Triticum aestivum*.

Siedem mieszańców na 36 badanych wykazało efekt heterozji plonu ziarna mieszczący się w granicach 10,0–21,2% ponad wartość lepszego rodzica (tab. 2). Trzy spośród nich stanowiły mieszańce z udziałem linii cms Malno 58/1 o niepełnej męskiej sterility, co wskazuje na fakt, że nasiona zebrane z tej linii miały charakter mieszańcowy. Największy efekt heterozji pod względem plonu ziarna wynosił 21,2% i wystąpił u mieszańca cms Purdy 5 × Tornado. Mieszaniec cms Malno 58/1 × Tornado wykazywał heterozję plonu ziarna (10,2%), liczby kłosów z poletka (8,7%) i masy 1000 ziaren (13,7%).

Analiza regresji wielokrotnej wykazała, że komponenty plonu, z wyjątkiem masy 1000 ziaren, miały istotny wpływ na wysokość heterozji plonu ziarna. Równanie regresji przyjęło postać:

$$Y_1 = 164,78 + 2,70x_1 + 19,23x_2,$$

gdzie Y_1 — heterozja plonu (odchylenie od lepszego rodzica, g),

x_1 — heterozja liczby kłosów z poletka,

x_2 — heterozja liczby ziaren z kłosa.

Współczynnik korelacji wielokrotnej wynosił $R = 0,831$, a determinacji $R^2 = 69,1\%$. Standaryzowane współczynniki regresji cząstkowej wynosiły odpowiednio: 0,855 i 0,482 wskazując, że na efekt heterozji plonu ziarna u badanych mieszańców większy wpływ miała heterozja liczby kłosów niż heterozja liczby ziaren z kłosa. Istotny wpływ heterozji liczby ziaren z kłosa na heterozję plonu ziarna wydaje się oczywisty, ponieważ był to komponent krytyczny ze względu na przywracanie płodności u mieszańców.

Stwierdzono istotną wariancję ogólnej (GCA) i swoistej (SCA) zdolności kombinacyjnej plonu ziarna i komponentów plonu u badanych linii i form ojcowskich. Linia cms Malno 58/1 i cms Purdy 5 charakteryzowała się dodatnią, istotnie różną od zera ogólną wartością kombinacyjną dla plonu ziarna, a linia cms Salvo 15/1 — dla liczby kłosów z poletka i masy 1000 ziaren (tab. 3). Linia cms Tm 105/6 była najgorszym komponentem matecznym (ujemne efekty ogólnej wartości kombinacyjnej). Najlepszą formą ojcowską była odmiana Tornado, przekazując potomstwu zdolność wydawania wysokiego plonu ziarna i liczby kłosów z poletka. Odmiany Bolero i Moreno zwiększały u potomstwa liczbę ziaren z kłosa, a Ugo i Vero — masę 1000 ziaren. Heterozja plonu u mieszańców cms Malno 58/1 × Ugo i cms Malno 58/1 × Moreno, wobec przeciwnych efektów ogólnej wartości kombinacyjnej rodziców wynikała ze swoistej zdolności kombinacyjnej tych par rodzicielskich (tab. 2, 3).

Tabela 2

Średnie wartości cech niektórych rodziców i mieszańców oraz efekt heterozji w stosunku do lepszego rodzica (H%), 1999

Traits of some parental and hybrid forms and heterosis effect in relation to the better parent (H%), 1999

Genotyp Genotype	Plon g/m ² Yield g/m ²		Liczba kłosów Number of spikes		Ziarna /kłos Grains/ear		MTZ 1000 grain weight, g	
	średnia mean	H %	średnia mean	H %	średnia mean	H %	średnia mean	H %
Salvo 15/1 (S)	918,1		456,8		37,6		50,50	
Malno 58/1 (M)	1018,0		424,5		51,6		45,64	
Purdy 5 (P)	958,6		436,0		35,8		61,20	
Ugo	1032,8		465,8		41,0		55,86	
Moreno	894,4		440,2		45,0		47,76	
Tornado	964,8		461,2		46,3		46,53	
Nemo	988,4		426,8		45,3		52,21	
cms S × Moreno	1034,5	12,7	430,8	-5,7	40,0	-11,1	59,42	17,7
cms S × Tornado	1084,6	12,4	498,2	8,0	37,4	-19,2	58,19	15,2
cms M × Ugo	1188,8	15,1	474,5	1,9	41,4	-19,8	53,72	-3,8
cms M × Moreno	1119,4	10,0	474,5	7,8	45,8	-11,2	50,74	6,2
cms M × Tornado	1121,6	10,2	501,2	8,7	43,8	-15,1	52,92	13,7
cms P × Tornado	1169,2	21,2	436,0	-5,5	43,2	-6,7	56,72	-7,3
cms P × Nemo	1100,5	11,3	477,0	9,4	39,8	-12,1	57,10	-6,7
NRI _(0,05)	133,9		70,1		4,3		3,51	
LSD _(0,05)								

Tabela 3

Efekty ogólnej (GCA) i swoistej SCA) wartości kombinacyjnej linii i odmian
General (GCA) and specific (SCA) combining ability effects

Plon ziarna Grain yield (g/m ²)							
Matki Females	ojcowie males	Bolero	Ugo	Moreno	Tornado	Vero	Nemo
	GCA	-1,2	-41,6*	-3,2	102,0**	-116,8**	60,9**
SCA							
cms Salvo	29,7	57,2	-124,9**	59,4	4,4	5,2	-1,3
cms Malno	63,6**	-42,8	218,3**	110,4**	7,5	-187,5**	-105,9**
cms Tm	-156,6**	-38,4	-69,4	22,6	-28,9	71,3	42,8
cms CHD	-35,4	76,2	-58,2	-82,2*	-3,0	-4,8	72,0
cms Purdy	98,7**	-52,3	34,2	-110,2**	20,0	115,8**	-7,6
Liczba kłosów Number of ears/m ²							
Matki Females	ojcowie males	Bolero	Ugo	Moreno	Tornado	Vero	Nemo
	GCA	-15,9	-27,2*	-5,5	39,3**	-6,2**	15,4
SCA							
cms Salvo	28,8**	8,7	-50,4*	-12,4	10,2	46,7*	-2,9
cms Malno	27,9**	-22,9	54,0*	32,2	14,1	-65,1**	-12,2
cms Tm	-47,8**	-8,2	-24,8	28,6	29,1	-28,4	3,7
cms CHD	-28,3**	3,8	-2,8	5,7	-10,7	14,8	-10,8
cms Purdy	19,5	18,5	24,1	-54,1**	-42,7*	32,0	22,2

Liczba ziaren z kłosa Number of grains per ear							
Matki Females	ojcowie males	Bolero	Ugo	Moreno	Tornado	Vero	Nemo
	GCA	3,89**	-1,29*	2,01**	0,39	-5,29**	0,29
	SCA						
cms Salvo	-2,56**	0,34	1,82	0,82	-0,16	-3,88**	1,04
cms Malno	1,64*	2,14	1,32	2,42	2,04	-4,68**	-3,26*
cms Tm	0,54	1,04	-0,38	-2,08	-4,16**	5,92**	-0,36
cms CHD	-0,01	-0,11	-2,23	-0,63	-0,41	0,17	3,19*
cms Purdy	0,40	-3,42**	-0,54	-0,54	2,68*	2,46	-0,62
Masa 1000 ziaren 1000 grain weight, (g)							
Matki Females	ojcowie males	Bolero	Ugo	Moreno	Tornado	Vero	Nemo
	GCA	-2,28**	2,04**	-1,17*	-0,88	1,73**	0,55
	SCA						
cms Salvo	1,78**	-0,42	-1,83	2,45*	0,94	-1,72	0,57
cms Malno	-1,89**	-0,37	-2,79**	-2,56*	-0,67	3,06**	3,34**
cms Tm	-4,25**	-1,88	0,77	1,35	1,24	0,69	-2,16*
cms CHD	1,66**	2,42*	3,59**	-4,30**	-0,06	-2,42*	0,76
cms Purdy	2,70**	0,25	0,26	3,06**	-1,45	0,39	-2,51*

*, ** — Efekty istotnie różne od zera odpowiednio dla 0,05 lub 0,01

*, ** — Significant effects at 0.05 and 0.01 level, respectively

Analiza regresji wielokrotnej pozwoliła wykazać istotny wpływ ogólnej wartości kombinacyjnej matek i ojców oraz swoistej wartości kombinacyjnej na wielkość efektu heterozji mieszańców. Równanie regresji przyjęło postać:

$$Y_2 = -67,50 + 0,92x_1 + 1,64x_2 + 0,97x_3,$$

gdzie Y_2 — heterozja plonu ziarna (odchylenie od lepszego rodzica),

x_1 - efekt ogólnej wartości kombinacyjnej matek,

x_2 — efekt ogólnej wartości kombinacyjnej ojców,

x_3 — efekt swoistej wartości kombinacyjnej.

Współczynnik korelacji wielokrotnej wynosił $R = 0,964$, a determinacji $R^2 = 92,9\%$. Dla przykładu zwiększenie efektu GCA ojców o 1 g przy stałych efektach GCA matek i SCA par rodzicielskich powinno zwiększyć heterozję plonu ziarna o 1,64 g.

Efekt heterozji plonu ziarna mieszańców uzyskanych z krzyżowania linii cms Malno i cms Salvo z odmianą Moreno, otrzymany w 1999 roku został potwierdzony w dwóch doświadczeniach przeprowadzonych w 2000 roku (tab. 4). W obu miejscowościach, różniących się warunkami glebowymi mieszańce wykazywały różny efekt heterozji, wahający się w zależności od genotypu, miejscowości i gęstości siewu w granicach 0,6–24,9%. Mieszaniec cms Malno × Moreno wykazywał większy efekt heterozji w gorszych warunkach siedliskowych (Mydlniki) i przy rzadszym siewie, a mieszaniec cms Salvo × Moreno — mniejszy efekt heterozji przy najmniejszej gęstości siewu.

Tabela 4

**Średnie wartości plonu ziarna (g/m²) i efekt heterozji w stosunku do lepszego rodzica (H%)
w zależności od gęstości siewu (G) i miejscowości, 2000**
**Average grain yield (g/m²) and heterosis effect in relation to the better parent (H%) in response
to sowing density (G) and location, 2000**

Gęstość Density ¹	Genotyp Genotype	Mydlniki		Prusy		Średnia — Mean	
		średnia mean	H	średnia mean	H	średnia mean	H
G ₁	matki — females						
	Salvo (S)	592,5		1182,5		887,5	
	Malno (M)	556,2		1072,5		814,4	
	ojcowie — males						
	Moreno	581,2		1213,8		897,5	
	Tornado	597,5		1303,8		950,6	
	F ₁						
	cms S × Moreno	596,2	0,6	1296,2	6,8	946,2	5,4
	cms S × Tornado	651,2	9,0	1210,0	-7,2	930,6	-2,1
	cms M × Moreno	726,2	24,9	1377,5	13,5	1051,9	17,2
G ₂	matki — females						
	Salvo (S)	736,2		1273,8		1005,0	
	Malno (M)	788,8		1195,0		991,9	
	ojcowie — males						
	Moreno	776,2		1192,5		984,4	
	Tornado	833,8		1327,5		1080,6	
	F ₁						
	cms S × Moreno	927,5	19,5	1366,2	7,3	1146,9	14,1
	cms S × Tornado	902,5	8,2	1302,5	-1,9	1102,5	2,0
	cms M × Moreno	936,2	18,7	1350,0	13,0	1143,1	15,2
G ₃	matki — females						
	Salvo (S)	722,5		1287,5		1005,0	
	Malno (M)	781,2		1250,0		1015,6	
	ojcowie — males						
	Moreno	683,8		1297,5		990,6	
	Tornado	812,5		1387,5		1100,0	
	F ₁						
	cms S × Moreno	786,2	8,8	1507,5	16,2	1146,9	14,1
	cms S × Tornado	946,2	16,5	1378,8	-0,6	1162,5	5,7
	cms M × Moreno	866,2	10,9	1361,2	4,9	1113,8	9,7
Średnia Mean (G ₁ -G ₂)	matki — females						
	Salvo (S)	683,8		1247,9		965,8	
	Malno (M)	708,8		1172,5		940,6	
	ojcowie — males						
	Moreno	680,4		1234,6		957,5	
	Tornado	747,9		1339,6		1043,8	
	F ₁						
	cms S × Moreno	770,0	12,6	1390,0	11,4**	1080,0	11,8*
	cms S × Tornado	833,3	11,4	1297,1	-3,2	1065,2	2,1
	cms M × Moreno	842,9	18,9*	1362,9	10,4**	1102,9	15,2**
NRI _(0,05) LSD _(0,05)		90,0		72,2		97,7	

¹ — G₁ = 100 ziaren/m²; 100 grains/m² G₂ = 200 ziaren/m²; 200 grains/m² G₃ = 400 ziaren/m²; 400 grains/m²
 *, ** — efekty istotne odpowiednio przy 0,05 i 0,01 *, ** — significant effects at 0.05 and 0.01 level, respectively

Tabela 5

Średnie wartości cech mieszańców i efekt heterozji w stosunku do lepszego rodzica (H %) w zależności od miejscowości i gęstości siewu, 2000

Average values of traits of hybrids and heterosis effect in relation to the better parent (H %) in response to location and sowing density, 2000

Cecha Trait	Gęstość Density	Mydlniki		Prusy		Średnia Mean	
		średnia mean	H, %	średnia mean	H, %	średnia mean	H, %
Plon ziarna Grain yield g/m ²	G ₁	632,4	6,9	1303,7	3,8	968,1	4,9
	G ₂	894,7	11,0	1340,0	4,8	1117,4	7,8
	G ₃	837,4	7,2	1437,8	7,2	1137,6	8,0
NRI _(0,05)		172,3		NS			
LSD _(0,05)							
Liczba kłosów Number of ears	G ₁	292,8	0,7	497,6	-5,0	395,2	-4,3
	G ₂	416,6	-2,2	586,2	-7,7	501,4	-4,1
	G ₃	485,3	-0,0	751,2	-1,5	618,2	0,2
NRI _(0,05)		58,2		40,5			
LSD _(0,05)							
Ziarna/kłos Grains/ear	G ₁	38,6	-5,5	46,8	0,9	42,7	-2,2
	G ₂	39,5	-5,6	42,4	-3,2	40,9	-2,3
	G ₃	32,7	-4,9	37,3	-9,5	35,0	-7,4
NRI _(0,05)		4,2		3,0			
LSD _(0,05)							
MTZ ² 1000 grain weight, g	G ₁	55,6	4,8	56,3	6,0	56,0	5,4
	G ₂	54,5	3,0	54,2	6,0	54,4	5,0
	G ₃	52,2	1,5	51,5	5,6	51,8	3,8
NRI _(0,05)		1,0		1,3			
LSD _(0,05)							

¹ — G₁ — 100 ziaren/m²; 100 grains/m²

¹ — G₂ — 200 ziaren/m²; 200 grains/m²

¹ — G₃ — 400 ziaren/m²; 400 grains/m²

² — Masa 1000 ziaren

² — 1000 grain weight

Ns — Nie istotne

Ns — Not significant

Mieszaniec cms Salvo × Tornado wykazał efekt heterozji tylko na słabszej glebie (Mydlniki), największy przy gęstości siewu 400 ziaren/m². Nie potwierdzono efektu heterozji mieszańca cms Malno × Tornado. Nie można wykluczyć wpływu wieku nasion dwóch ostatnich mieszańców na brak efektu heterozji. W doświadczeniach w 1999 roku wysiano nasiona tych mieszańców zebrane w 1998 roku. Nasiona dwóch pierwszych mieszańców potwierdzających efekt heterozji pochodziły z roku zbioru. Ogólnie, większy efekt heterozji otrzymano przy gęstszym siewie (200 i 400 ziaren/m²) niż przy siewie rzadkim (100 ziaren/m²). W obu miejscowościach nie stwierdzono istotnych różnic w przeciętnym plonie ziarna wszystkich genotypów przy gęstości siewu 200 i 400 ziaren/m², a w Prusach — żadna z zastosowanych gęstości nie zwiększała istotnie plonu. Średni plon mieszańców w lepszych warunkach glebowych (Prusy) był o 72,6% większy niż w Mydlnikach, a efekt heterozji nieco większy w gorszych warunkach glebowych

(Mydlniki). Na podstawie tych doświadczeń mimo niewielkiej liczby badanych genotypów można wnioskować, że w badaniach efektu heterozji, gdy dysponuje się ograniczoną ilością nasion mieszańcowych można stosować siew 200 ziaren/m² i otrzymać wyniki porównywalne ze stosowaną gęstością, tj. 400 ziaren/m².

Brak różnic w plonie mieszańców w zależności od gęstości siewu należy przypisać wzajemnej kompensacji elementów struktury plonu. Przy większej gęstości siewu na poletkach było więcej kłosów, ale o mniejszej liczbie ziaren w kłosie i masie 1000 ziaren (tab. 5). Szczególnie wyraźnie zależność ta wystąpiła na żyzniejszej glebie (Prusy). Poszczególne mieszańce wykazywały efekt heterozji masy 1000 ziaren przy braku heterozji liczby kłosów z poletka i liczby ziaren z kłosa.

W przedstawianych badaniach wykazano dość często występującą heterozję, choć nie tak powszechną jak w przypadku mieszańców z „własną” cytoplazmą. Przyjmuje się, że efekt heterozji wynoszący 10% może być ekonomicznie opłacalny. Najlepsze mieszańce wykazywały heterozję plonu ziarna rzędu kilkunastu procent w stosunku do aktualnie uprawianych odmian pszenżyta. Mieszańce te zasługują na badanie w doświadczeniach w kilku miejscowościach i na większych poletkach. Aktualny stan badań pozwala wnioskować, że jest możliwe i może być opłacalne prowadzenie hodowli heterozyjnej pszenżyta z wykorzystaniem źródła męskiej sterility, jakie wnosi cytoplazma *Triticum timopheevi*.

WNIOSKI

1. Niektóre mieszańce F₁ pszenżyta ozimego otrzymane z wykorzystaniem męskiej sterility wykazywały heterozję plonu ziarna w granicach 10 – 21% w stosunku do lepszego rodzica.
2. Efekt heterozji plonu ziarna zależał istotnie od heterozji liczby kłosów z poletka i liczby ziaren z kłosa.
3. Heterozja plonu ziarna mieszańców F₁ była determinowana ogólną i swoistą wartością kombinacyjną form rodzicielskich.
4. Nie stwierdzono wyraźnego wpływu warunków glebowych i gęstości siewu na efekt heterozji plonu ziarna i komponentów plonu

LITERATURA

- Barker T. C., Varughese G. 1992. Combining ability and heterosis among eight complete spring hexaploid triticale lines. Crop Sci. 32: 340 — 344.
- Cauderon Y., Cauderon A., Gay G., Roussel J. 1985. Alloplasmic lines and nucleo-cytoplasmic interactions in triticale. Eucarpia meeting „Genetics and breeding of triticale”. Clermont-Ferrand, France, 2–5 July 1984: 177 — 191.
- Dhindsa G. S., Maini G., Nanda G. S., Singh G. 1998. Combining ability and heterosis for yield and its components in triticale. Proc. of the 4th Intern. Triticale Symp., Canada, Alberta 26–31 July 1998: 116 — 118.
- Fossati D., Jaquiere R., Fossati A. 1998. Agronomical performance of triticale F₁ hybrids. Proc. of the 4th Intern. Triticale Symp. Canada, Alberta 26–31 July 1998: 124 — 126.
- Góral H., Spiss L. 1997. Wykorzystanie cytoplazmatycznej męskiej sterility do wytwarzania mieszańców pszenżyta. Zesz. Nauk. AR Szczec. Ser. Rol. 175: 109 — 114.

- Góral H., Spiss L. 1998. Wpływ sterylizującej cytoplazmy *T. timopheevi* na cechy rolnicze mieszańców pszenżyta ozimego. Biul. IHAR 205/206: 157 — 161.
- Góral H. 1999. Efektywność zapylania męskosterylnych linii pszenżyta ozimego (*X Triticosecale* Wittm.). Biul. IHAR 211: 139 — 147.
- 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.
- Góral H., Spiss L. 2000. Wpływ cytoplazmy na cechy rolnicze pszenżyta ozimego (*X Triticosecale* Wittm.). Fol. Univ. Agric. Stetin 206/82: 67 — 72.
- Grzesik H. 1995. Badania nad karłowymi mutantami pszenżyta ozimego (*X Triticosecale* Witt.). Część II. Efekt heterozji mieszańców F₁ pszenżyta ozimego. Hod. Rośl. Aklim. 39/3: 21 — 39.
- Grzesik H., Węgrzyn S. 1998. Heterosis and combining ability in some varieties of triticales. Proc. of the 4th Intern. Triticales Symp. Canada, Alberta 26–31 July 1998: 129 — 133.
- Naeem H. A., Darvey N. L. 1998. Heterosis for yield and quality in hexaploid triticales. Proc. of the 4th Intern. Triticales Symp. Canada, Alberta 26–31 July 1998: 143 — 149.
- Nalepa S. 1990. Hybrid triticales: present and future. Proc. of the Second Intern. Triticales Symposium, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil, 1–5 October 1990: 402 — 407.
- Oettler G., Becker H. C., Hoppe G., Wahle G. 1998. Heterosis for yield and yield components in multi-location trials of winter triticales. Proc. of the 4th Intern. Triticales Symp., Canada, Alberta 26–31 July 1998: 151 — 155.
- Pfeiffer W.H., Sayre K.D., Mergoum M. 1998. Heterosis in spring triticales hybrids. Proc. of the 4th Intern. Triticales Symp., Canada, Alberta 26–31 July 1998: 86 — 90.
- Spiss L., Góral H. 1994. Hodowla form męskosterylnych i przywracających płodność u pszenżyta. Zesz. Nauk. AR Szczec. Ser. Rol. 162 /58: 243 — 246.
- Spiss L., Góral H. 1995. Efekt heterozji u pszenżyta. Acta Agr. Silv., Ser. Agr. 33: 27 — 34.
- Warzecha R., Salak-Warzecha K., Staszewski Z. 1998. Development and use of triticales cms system in hybrid breeding. Proc. of the 4th Intern. Triticales Symp., Canada, Alberta 26–31 July 1998: 79 — 85.
- Weissmann E. A., Jaquiéry R. 2000. Einsatz von Gametoziden bei der Produktion von Hybridtriticales. Vortr. Pflanzenzüchtg. 49: 49 — 52.
- Weissmann E.A., Werner A.K., Weissmann S. 2000. Leistungsvergleich von Liniensorten und F₁-Hybriden bei Wintertriticales in amtlichen Prüfungen der Jahre 1998–2000. Vortr. Pflanzenzüchtg. 49: 39 — 48.
- Węgrzyn S., Góral H., Spiss L. 1994. Oszacowanie zdolności kombinacyjnej odmian i rodów pszenżyta ozimego. Zesz. Nauk. AR Szczec. Ser. Rol. 162/58: 261 — 265.
- Węgrzyn S., Góral H., Spiss L. 1995. Zdolność kombinacyjna pszenżyta ozimego. Biul. IHAR, 195/196: 5 — 11.
- Węgrzyn S., Grzesik H. 1994. Heterozja i zdolność kombinacyjna pszenżyta. Zesz. Nauk. AR Szczec., Ser. Rol. 162/58: 267 — 272.
- Węgrzyn S., Grzesik H. 1995. Zdolność kombinacyjna i heterozja cech użytkowych kilku odmian pszenżyta ozimego. Biul. IHAR 195/196: 13 — 19.