

BOGUSŁAW ŁAPIŃSKI**JACEK MATUSIAK**Krajowe Centrum Roślinnych Zasobów Genowych
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Radzików

Ocena nowych materiałów do hodowli heterozyjnej heksaploidalnego pszenżyta ozimego z żytnią cytoplazmą typu Pampa

Assessment of new materials for hybrid breeding of winter triticale with rye cytoplasm of the Pampa type

W doświadczeniu polowym, założonym metodą losowanych bloków na poletkach 5 m², zbadano poziom plonowania, masę 1000 ziaren, ciężar objętościowy i indeks restoracji u 29 mieszańców F₁ uzyskanych po pierwszym cyklu wytwarzania materiałów wyjściowych do hodowli mieszańcowej heksaploidalnego pszenżyta ozimego w systemie CMS Pampa, przeniesionym z hodowli żyta. Indeks restoracji wahał się w granicach 4,9–91,3%, plon od 25,9 do 91,7% plonu wzorca Moderato (wynoszącego średnio 3,1 kg/5 m²), masa 1000 ziarniaków zmieniała się od 24,3 do 38,5 g (dla Moderato 27,7 g) a ciężar objętościowy od 56,1 do 68,1 kg/hl (dla Moderato 63,03 kg/hl). Przedyskutowano przydatność wybranych linii żeńskich i męskich do następnego cyklu krzyżowań i selekcji oraz metodykę dalszych prac nad uzyskaniem genotypów zapewniających wyższy poziom heterozji i tolerancji cytoplazmy Pampa przez pszenżyto.

Słowa kluczowe: ciężar objętościowy, CMS Pampa, hodowla heterozyjna, indeks restoracji, masa 1000 ziarniaków, plon, pszenżyto ozime

Yield level, thousand kernels weight (TKW), test weight (TW) and restoration index (IR) were investigated in a field experiment (5 m² plots, 4 randomized blocks) with 29 F₁ hybrids obtained after the first pre-breeding cycle of winter triticale with the Pampa CMS cytoplasm, transferred from rye. The IR ranged from 4.9% to 91.3%, the yield varied between 25.9% and 91.7% of the Moderato cultivar control (3.1 kg/5 m²), the TKW was within the scope 24.3g–38.5g (27.7 g for Moderato) and the TW ranged from 56.1 kg/hl to 68.1 kg/hl (63.03 kg/hl for Moderato). Usefulness of the best selected female and male lines for the next breeding cycle is analyzed and methods are discussed for creation of new cross components ensuring higher levels of heterosis and tolerance of the Pampa cytoplasm.

Key words: CMS Pampa, hybrid breeding, restoration index, test weight, thousand kernels weight, winter triticale, yield

WSTĘP

System cytoplazmatycznej męskiej sterility (CMS) typu Pampa sprawdził się w hodowli heterozyznej żyta i stanowi podstawę nasiennictwa jego odmian mieszańcowych (Geiger, Miedaner, 2009). Ważną cechą cytoplazmy tego typu jest wysoki i stabilny efekt sterylizacji pręcikowia (Geiger i in., 1995). Ta zaleta systemu CMS Pampa nie została dotychczas wykorzystana w hodowli heterozyznych odmian pszenżyta (*X Triticosecale* Wittmack). Stosowany u tej rośliny system kontroli płodności męskiej, oparty na cytoplazmie dzikiego gatunku pszenicy *Triticum timopheevi*, nie był pod tym względem w pełni zadawalający. Dlatego w 2000 roku, w ośrodku IHAR w Radzikowie, rozpoczęto prace mające na celu przeniesienie do pszenżyta męsko-sterylizującej żytniej cytoplazmy Pampa oraz dobór genotypów linii żeńskich i męskich odpowiednio reagujących na tę cytoplazmę. Zasadniczą rolę w tych pracach odegrało (i odgrywa nadal) pszenżyto tetraploidalne (4x) jako forma pomostowa łatwo krzyżująca się zarówno z żytem jak i pszenżytem heksaploidalnym (Łapiński, 2003; Łapiński i Fryczkowska, 2006.). Wymiana genów między pulami genowymi żyta i pszenżyta wydaje się, w dalszej perspektywie, istotna m. in. ze względu na możliwość wykorzystania żyta jako źródła genów do dalszej poprawy poziomu heterozji i funkcjonowania systemu Pampa u pszenżyta. Wprowadzając do pszenżyta cytoplazmę żytnią można było spodziewać się także poprawy wigoru i wczesności rozwoju (Gordei i in., 2002), a także lepszego wypełnienia ziarna, co zauważono w porównaniach tetraploidalnych form pszenżyta z cytoplazmami pszenicy i żyta (Łapiński, 2002). Celem niniejszej pracy było zbadanie poziomu plonowania, restoracji płodności męskiej i podstawowych wskaźników jakości ziarna (masa ziarniaka, masa objętościowa) u mieszańców F₁ po pierwszym cyklu krzyżówkowo-selekcyjnym inicjującym wytwarzanie materiałów wyjściowych do hodowli pszenżyta z cytoplazmą Pampa.

MATERIAŁ I METODYKA

W roku 2007 materiał liczył 112 linii żeńskich CMS pszenżyta heksaploidalnego (6x) z żytnią cytoplazmą Pampa (*X Secalotriticum* — zwane też „żytnicą”) i ich męskopłodnych analogów. Otrzymano je wykorzystując zmienność 21 odmian i rodów ozimego pszenżyta 6x oraz ozimych form *Secalotriticum* 4x jako dawców cytoplazmy Pampa (cP) i cytoplazmy żytniej niesterylizującej (cN). Linie żeńskie wyprowadzono wykorzystując w charakterze partnerów wypierających istniejące odmiany lub linie hodowlane albo mieszańce ze złożonych krzyżowań wstecznych, w których dawcą cytoplazmy cN było *Secalotriticum* 4x, a genotyp pochodził z rekombinacji różnych form pszenżyta 6x (stosowano równoległe wyprowadzanie linii MS i dopełniających, Łapiński, 2005). Z puli mieszańców między 19 rodami i odmianami pszenżyta 6x oraz liniami *Secalotriticum* 4x cP wytworzono 50 linii męskich z cytoplazmą Pampa. W 2008 roku otrzymano ziarno do założenia pierwszych trzech doświadczeń polowych z 29 heksaploidalnymi mieszańcami F₁. Komponentami tych mieszańców było 26 linii żeńskich, uzyskanych z 14 kombinacji krzyżowań i 5 linii męskich (z 5 krzyżowań). Osiemnaście linii żeńskich biorących udział

w doświadczeniu wyprowadzono z segregujących wczesnych pokoleń z 11 kombinacji krzyżowań, natomiast formami dopełniającymi 11 pozostałych linii były odmiany Beta i Krakowiak oraz ustalony ród Mo21268. Szczegółowe dane o pochodzeniu wykorzystanych linii zawierają tabele 1 i 2.

Tabela 1

Pochodzenie linii żeńskich z 2007 r. S4cP i S4cN oznaczają tetraploidalne formy *Secalotriticum* z cytoplazmami Pampa i niesterylizującą. Oznaczenie ² stosowane dla powtórzonego krzyżowania z tą samą formą

Parentages for the female lines from 2007. The S4cP and S4cN indicate tetraploid *Secalotritica* with the rye cytoplasm Pampa and non-sterilizing one, respectively. The ² indicates repeated cross with the same form

Linia Line	Pochodzenie linii CMS + dopełniającej	Parentage of the CMS + maintainer lines
Beta.1	S4cP × Krakowiak ² × Beta + Beta (cytopl. pszenicy wheat cytoplasm)	
D7162.9	S4cP × Tornado × Kitaro × (5S × Bogo × Kitaro ²) + S4cN × Bogo × Kitaro × M10947 ²	
K7143.22, K7143.61, K7143.64	S4cP × Krakowiak ² + S4cN × Fidelio × Witon × M10947 × Krakowiak	
K7144.14	S4cP × Krakowiak ² + S4cN × Tornado × Prego × M10947 × Krakowiak	
Ki117.2 Ki117.4	S4cP × Tornado × Kitaro × (5S × Bogo × Kitaro ²) + S4cN × Bogo × Kitaro ²	
Kr132.21, Kr132.24, Kr132.25, Kr132.29 Kr133.21, Kr133.22, Kr133.4	S4cP × Krakowiak ² + Krakowiak (cytopl. pszenicy; wheat cytoplasm)	
Kr139.6	S4cP × Tornado × Krakowiak ² + S4cN × Pinokio × Bogo × Krakowiak ²	
Kr140.5	S4cP × Tornado × Krakowiak ² + S4cN × M10947 × Krakowiak ²	
KW153.1	S4cP × Krakowiak ² + Krakowiak × (S4cN × Bogo × Woltario ²) (cytopl. Pszenicy; wheat cytoplasm)	
Mo21268	S4cP × Tornado × Bogo × Krakowiak × Mo21268 + Mo21268 = pszenica Chok-Wang × D. Złote toler. Al+++ × pszenżyto (cytopl. pszenicy; wheat cytoplasm)	
Pd148.10	S4cP × Tornado × Kitaro × (S4cN × Bogo × Kitaro ²) + S4cN × Fidelio × Prado ²	
U15.0.2	S4cP × Tornado × Prado × (S4cP × Tornado × Presto) + S4cN × Fidelio × Prado ²	
U35.1.7	S4cP × Tornado × Prado × Todan + S4cN × M10947 × Krakowiak ²	
Vs269.4, Vs270.231 Vs270.254, Vs270.255	S4cP × Tornado × Prado × (Vero × SDB) ² + Vero × (SDB=triticale 4×) (cytopl. pszenicy; wheat cytoplasm)	

W doświadczeniach przeprowadzonych w układzie losowanych bloków, na poletkach 5 m², przy gęstości siewu 26 ± 1 g/m², zbadano poziom plonowania, restorację płodności, masę tysiąca ziaren (MTZ, średnia z 2 × 200 nasion) i masę objętościową w stanie zsypanym (MO). Indeks restoracji (IR) wyliczono jako średni udział procentowy kłosów płodnych z 30-kłosowych prób z każdego poletka. Plon i jego wskaźniki jakości odniesiono do odmiany wzorcowej Moderato. Do doświadczeń 1 i 2 włączono również linie męskie, które brały udział w tworzeniu mieszańców. Grupy jednorodne (oznaczone w tabelach jako

grupy SNK) wyodrębniono testem Studenta-Newmana-Keulsa przy poziomie istotności $p = 0,05$, po zastosowaniu transformacji Blissa dla indeksu restoracji.

Tabela 2

Pochodzenie i cechy mieszańców F₁ dla różnych linii męskich
Parentages and F₁ traits for the male parental lines

Linia Line	Wyszczególnienie Specification	Plon Yield (kg/p)	MTZ TKW (g)	CO TW (kg/hl)	IR (%)
ToPa	(S4cP × Tornado) × Pawo średnia z 10 F ₁ * average from 10 F ₁ -s	2,37	29,9	63,2	62,4
	różnica z linią męską difference with male parent	+0,39	+5,6	-1,0	-37,6
To11	(S4cP × Tornado) × MAH11399-2 średnia z 5 F ₁ * average from 5 F ₁ -s	2,05	31,2	60,8	36,7
	różnica z linią męską difference with male parent	-0,32	+2,5	+2,0	-63,3
BWWi	[(S4cP × Bogo) × Woltario] × Witon średnia z 7 F ₁ * average from 7 F ₁ -s	1,98	30,3	59,5	47,4
	różnica z linią męską difference with male parent	+0,30	+4,4	+1,3	-52,6
ToTo	(S4cP × Tornado) × Tornado średnia z 2 F ₁ average from 2 F ₁ -s	1,86	32,3	59,5	35,0
	różnica z linią męską difference with male parent	-0,06	+2,5	-0,02	-65,0
ToWi	(S4cP × Tornado) × Witon średnia z 5 F ₁ average from 5 F ₁ -s	1,28	33,6	60,0	27,6
	różnica z linią męską difference with male parent	+0,10	+1,8	-3,3	-71,6

*) Z uwzględnieniem różnic między doświadczeniami 1 lub 2, i 3, przy założeniu że różnice te są proporcjonalne do wartości obiektów względem wzorca w doświadczeniu 3

*) Considering differences between the experiments 1 or 2, and 3, on the assumption that the differences are proportional to the objects relative values (in relation to the Moderato standard) from the experiment 3

WYNIKI

Zgodnie z wynikami zamieszczonymi w tabeli 3, najlepiej plonował wzorzec Moderato (2,72–3,32 kg/5 m²), a trzy mieszańce F₁ nie różniły się od niego istotnie (2,66–2,86 kg/5 m²). Najwyższe plony mieszańców osiągnięto, gdy formami żeńskimi były linie Beta.1 (otrzymane z rumuńskiej odmiany pszenżyta), Vs269.4, Vs270.231 (z prawie 50% udziałem odmiany Vero) oraz Kr139.6 (z 75% udziałem odmiany Krakowiak).

Tabela 3

Plonowanie, masa 1000 ziaren i ciężar objętościowy mieszańców F1 pszenżyta z cytoplazmą Pampa oraz ich form ojcowskich. (Radzików, 2009)

Yield, TKW and TW of the F1 hybrids and their male parents (Radzików, 2009)

Matka Mother line	Ojciec Father line	Średni plon z poletka Average yield per plot			Masa tysiąca ziaren TKW			Masa objętościowa TW		
		ranking	% wzorca % of standard	grupy SNK groups*	ranking	g	grupy SNK groups*	ranking	kg/hl	grupy SNK groups*
Doświadczenie 1 (4 bloki) — Experiment 1 (4 blocks)										
Moderato (standard)		1	3,32kg 100%	A	15	27,3	AB	8	63,3	AB
KrD139.6	- ToPa	2	88,6	B	6	30,9	AB	7	63,9	AB
Beta.1	- To11	3	83,4	BC	2	34,6	A	4	64,1	AB
U35.1.7	- ToPa	4	80,1	BCD	4	31,2	AB	5	64	AB
Kr132.21	- ToPa	5	75,9	CDE	3	33,6	A	1	66,1	A
	To11	6	71,4	CDE	10	28,7	AB	10	62,4	AB
Kr132.25	- ToPa	7	70,8	CDE	7	30,1	AB	2	64,6	AB
Kr133.21	- ToPa	8	68,4	CDEF	13	28,3	AB	13	61,7	ABC
VsD270#255	- To11	9	68,1	CDEF	1	34,9	A	12	62,1	AB
Kr133.22	- ToPa	10	67,8	CDEF	12	28,6	AB	11	62,2	AB
Mo21268	- ToPa	11	63,6	EF	5	31,1	AB	6	64	AB
Kr132.29	- ToPa	12	60,8	EF	11	28,6	AB	14	61,3	BC
K7143.22	- ToPa	13	60,5	EF	8	29,9	AB	9	62,9	AB
	ToPa	14	59,6	EF	16	24,3	B	3	64,2	AB
K7143.64	- To11	15	52,7	F	9	29,2	AB	15	61	BC
KiD117.4	- To11	16	40,1	G	14	28,2	AB	17	58,1	C
średnio F ₁ — average F ₁		67,8			30,7			62,8		
Doświadczenie 2 (4 bloki) — Experiment 2 (4 blocks)										
Moderato (standard)		1	2,90kg 100%	A	15	26,2	CD	4	60,9	A
Beta.1	- BWWi	2	91,7	A	3	34,8	AB	4	60,9	A
U15.0.2	- BWWi	3	75,5	B	8	31,7	ABC	3	62	A
Beta.1	- ToWi	4	74,8	B	1	38,5	A	1	63,9	A
KrD132.2.4	- ToTo	5	70,7	B	4	32,8	ABC	4	60,9	A
	ToTo	6	66,2	BC	11	29,8	BC	7	59,7	A
KiD117.4	- BWWi	7	63,4	BC	13	29	BC	5	60,5	A
Pd148.10	- BWWi	8	60,0	BC	12	29,5	BC	7	59,7	A
	BWWi	9	57,9	BC	16	25,9	CD	9	58,2	A
KWD153.1	- BWWi	10	57,9	BC	9	31,6	ABC	6	59,9	A
KrD140.5	- ToTo	11	57,6	BC	10	31,3	ABC	9	58,2	A
VsD270#254	- ToWi	12	48,3	CD	2	37,4	A	8	59,4	A
	ToWi	13	40,7	DE	7	31,8	ABC	2	63,3	A
D7D162.9	- ToWi	14	36,9	DE	14	27,3	BCD	12	56,1	A
K7D144.14	- ToWi	15	34,8	DE	5	32,6	ABC	10	57,9	A
KiD117.2	- ToWi	16	25,9	E	6	32,2	ABC	-	-	-
średnio F ₁ — average F ₁		58,1			32,4			59,9		
Doświadczenie 3 (3 bloki) — Experiment 3 (3 blocks)										
Moderato (standard)		1	3,12kg 100%	A	4	29,7	A	2	64,9	A
VsD269.4	- ToPa	2	91,7	A	1	36,7	A	1	68,1	A
VsD270#231	- BWWi	3	80,8	AB	3	32,7	A	3	62,3	A
K7D143.6.1	- BWWi	4	52,2	C	4	29,5	A	4	60,2	A
KrD133.4	- To11	5	51,3	C	2	32,8	A	6	58,8	A
średnio F ₁ — average F ₁		69,0			32,9			62,4		

*) Grouping with the Student-Newman-Keuls test, at p = 0.05

Wśród form męskich najwyższymi średnimi wysokościami plonu i jego masy objętościowej wyróżniło się potomstwo linii oznaczonej ToPa (50% genów odmiany Pawa, 25% z

Tornado). W grupie najwyższej plonujących znalazły się także mieszańce linii BWWi (50% odmiany Witon , 25% z Woltario).

Tabela 4

Średnie indeksy restoracji obiektów pszenżyta 6x z cytoplazmą Pampa w doświadczeniach sezonu 2008/2009 w Radzikowie
Average restoration indices (IR) for the hexaploid triticale objects with the Pampa cytoplasm in the experiments of the season 2008/2009 in Radzików

Obiekt Object		Indeks restoracji IR, %		
matka mother line	ojciec father line	średnia average	ranking	grupy SNK— groups*
Doświadczenie 1 — Experiment 1				
	To11	100,0	1	A
	ToPa	100,0	1	A
Mo21268	- ToPa	91,3	2	B
Kr132.21	- ToPa	87,1	3	B
KrD139.6	- ToPa	78,0	4	C
Kr132.25	- ToPa	64,2	5	C D
U35.1.7	- ToPa	62,5	6	C D
Kr132.29	- ToPa	55,0	7	D E
Beta.1	- To11	50,0	8	D E F
K7143.64	- To11	48,3	9	D E F
K7143.22	- ToPa	44,2	10	D E F
Kr133.21	- ToPa	41,8	11	E F
Kr133.22	- ToPa	37,0	12	E F
VsD270#255	- To11	34,2	13	F
KiD117.4	- To11	14,2	14	G
Średnio F ₁		54,4		
Average F ₁				
Doświadczenie — 2 Experiment 2				
	ToTo	100,0	1	A
	BWWi	100,0	1	A
	ToWi	99,2	2	A
Beta.1	- BWWi	62,5	3	B
KWD153.1	- BWWi	52,1	4	B C
Pd148.10	- BWWi	49,2	5	B C
Beta.1	- ToWi	47,5	6	B C D
KrD140.5	- ToTo	39,4	7	C D E
K7D144.14	- ToWi	38,3	8	C D E
KiD117.4	- BWWi	36,7	9	C D E
U15.0.2	- BWWi	36,5	10	C D E
KrD132.2.4	- ToTo	30,6	11	C D E
VsD270#254	- ToWi	24,2	12	D E
D7D162.9	- ToWi	23,2	13	E
KiD117.2	- ToWi	4,9	14	F
Średnio F ₁		37,1		
Average F ₁				
Doświadczenie 3— Experiment 3				
VsD269.4	- ToPa	88,9	1	A
K7D143.6.1	- BWWi	42,2	2	B
VsD270#231	- BWWi	40,0	3	B
KrD133.4	- To11	35,1	4	B
Średnio F ₁		51,6		
Average F ₁				

*) Grouping with the Student-Newman-Keuls test, at p = 0.05

Masa ziarniaka z F_1 była z reguły wyższa (a w trzech przypadkach istotnie wyższa, 133–147% wzorca) od masy ziarniaka odmiany Moderato (której średnia MTZ wyniosła 27,7 g). Donorami wysokich wskaźników cechy były żeńskie linie wytworzone na bazie odmiany Beta (MTZ w F_1 w granicach 34,6–38,5 g) i linii z kombinacji Vero \times SDB (MTZ w F_1 w zakresie 32,7–37,4 g) oraz męska linia ToWi, współtworząca dwa mieszańce z najwyższą MTZ, jednak także będąca w składzie najgorzej plonujących mieszańców z doświadczenia 2.

Masa objętościowa plonu kształtowała się u mieszańców w zakresie 56,1–68,1 kg/hl, przy średniej dla wzorca 63,0 kg/hl. Dziewięć form miało MO wyższą od wzorca, jednak różnice nie były statystycznie istotne. Najwyższy wskaźnik MO miało potomstwo linii żeńskich Vs269.4, Kr132.21 i męskiej ToPa.

Indeksy restoracji dla mieszańców F_1 wahały się w szerokim zakresie 4,9–91,3% (tab. 4). W tych samych warunkach większość linii męskich wykazała pełną płodność. ToPa — wyraźnie najlepsza z form męskich przewyższyła pozostałe w zdolności przywracania płodności pyłku w F_1 o 15–35% (tab. 2). Wyniki IR różniły się znacznie także w potomstwach różnych linii żeńskich, np. w różnych kombinacjach z linią męską ToPa wskaźnik IR wahał się w granicach 37,0–91,3%. Najwyższą podatność na restorujące działanie form męskich w F_1 wykazały linie żeńskie Mo21268, Vs269.4, Kr132.21 i Kr139.6. Już poziom IR 62,5% w kombinacji Beta.1 — BWWi zapewnił ilość pyłku dostateczną do osiągnięcia przez mieszańca plonu na poziomie wzorca Moderato.

DYSKUSJA

Mimo początkowych trudności z ekspresją CMS u pszenżyta heksaploidalnego z cytoplazmą Pampa (Łapiński, 2005) zmienność reakcji na tę cytoplazmę okazała się dostatecznie bogata, żeby zapewnić wybór odpowiednich genotypów na linie zarówno żeńskie jak i męskie. Zastosowane linie żeńskie były w 2008 roku całkowicie męskosterylne, a najwyższy efekt restoracji płodności męskiej w F_1 w 2009 roku (91,3% w kombinacji Mo21268 \times ToPa) był porównywalny z osiąganymi w Radzikowie u żyta (Kolasińska, 2003). W siedmiu z 29 badanych kombinacji F_1 , w których indeks restoracji osiągnął przynajmniej wartość 60%, system restoracji płodności funkcjonował wystarczająco dobrze, żeby uzasadnić próby wykorzystania tych mieszańców F_1 w skali produkcyjnej. Jednak plon w F_1 tych kombinacji nie dorównał wysokością wzorcowej odmianie Moderato (był średnio o ok. 20% niższy). Natomiast wyraźna była przewaga pokolenia F_1 pod względem MTZ (średnio o 4,9 g). Masa objętościowa w tej grupie siedmiu mieszańców też była nieco wyższa niż u wzorca (o ok. 1,5 kg/hl). Wyniki dla MTZ są podobne do uzyskiwanych przez innych autorów na innych materiałach pszenżyta przy zastosowaniu innych systemów masowej emaskulacji form żeńskich (Grzesik i Węgrzyn, 1998; Oettler i in., 2003; Pfeiffer i in., 1998; Warzecha i in., 1998). Natomiast niewiele jest danych na temat wskaźnika masy objętościowej. Pfeiffer i in. (1988) nie zanotowali zwyżki tego parametru u mieszańców F_1 pszenżyta jarego z cytoplazmą *T. timopheevi*. Zatem funkcjonowanie systemu CMS i jakość ziarna w naszym materiale badawczym osiągnęły dostateczny poziom, natomiast potrzebne są dalsze prace nad doborem komponentów

zapewniających wzrost ilościowy plonu. Jeden cykl selekcyjny nie wystarczył do ujawnienia heterozji. Jednak w kontekście zaobserwowanej zmienności, a także zróżnicowania wyników na tym etapie w konkurencyjnym systemie CMS-*timopheevi*, uzyskane rezultaty nie powinny być zniechęcające.

Wysokość plonu u mieszańców F_1 uzyskiwanych z zastosowaniem cytoplazm wywołujących męską sterylność warunkowana jest nie tylko przez plenność linii rodzicielskich i heterozję. Istotne są także negatywne efekty uboczne wywierane przez obcą lub zmutowaną cytoplazmę. Słaby wigor spowodowany niską tolerancją cytoplazmy MS może być błędnie oceniany jako brak heterozji. Miarodajną ocenę połową tych efektów zawiera praca Warzechy i in. (1998), w której średni spadek plonu sześciu mieszańców F_1 z cytoplazmą MS (*T. timopheevi*) wyniósł 11,7% w stosunku do sześciu analogicznych mieszańców z cytoplazmą niesterylizującą (*T. aestivum*). Jednak jedna z kombinacji (z odmianą Vero) dała wyższy plon (o 6,2%) na cytoplazmie MS. Z wcześniejszych badań naszego materiału w latach 2004–2006 wynikało, że upośledzona tolerancja cytoplazmy Pampa obniża wizualne oceny wigoru F_1 w podobnym stopniu jak heterozja je podwyższa. Wyraźną depresję mieszańcową zaobserwowano już w szkółkowych testach wstępnych (na kilku-kilkunastu roślinach F_1) u ok. 58% mieszańców F_1 z cytoplazmą Pampa, a tylko w ok. 24% mieszańców z żytnią cytoplazmą cN. Wyraźny wzrost wigoru zaobserwowano tylko u 15% mieszańców z cytoplazmą Pampa i u 56% mieszańców z cytoplazmą cN (Łapiński i Fryczkowska, 2006).

Zapewnienie warunków do kompensacji negatywnych skutków ubocznych cytoplazmy MS jest ważnym elementem systemu hodowli heterozyjnej. Pożądane wydaje się rozpoczynanie selekcji na tę cechę już od wczesnych pokoleń mieszańców tworzonych w obrębie pul genowych. Wyprowadzanie linii wsobnych żeńskich wymaga wtedy dodatkowych krzyżowań wszystkich wybranych roślin z donorem cytoplazmy MS. Ocena potomstwa z tych krzyżowań pozwala uwzględnić w trakcie selekcji m. in. tolerancję cytoplazmy MS. Zaletą alternatywnej metody, szeroko stosowanej dotychczas u pszenżyta, polegającej na wykorzystaniu ustalonych genotypów odmian i rodów jest wysoki wyjściowy potencjał plonowania tych genotypów, przenoszony na pokolenie F_1 . Stopień preadaptacji do obcej cytoplazmy jest wtedy przypadkowy, jednak można wyjątkowo liczyć nawet na pozytywny efekt, jak we wspomnianej odmianie Vero (Warzecha i in., 1998).

W naszym doświadczeniu linie wyprowadzone z nieustalonych materiałów, jako grupa, nie wykazały przewagi nad odmianami. Średni plon potomstwa F_1 tych linii żeńskich wyniósł tylko 59,7% plonu wzorca Moderato, podczas gdy średni plon potomstwa linii pochodzących z „gotowych” genotypów odmianowych osiągnął 70,8% plonu wzorca. Jednak przy porównaniu najlepiej plonujących mieszańców F_1 przewaga „odmianowych” form matecznych staje się wątpliwa i ogranicza się w zasadzie tylko do zagranicznej odmiany Beta. W przypadku tej odmiany bilans efektów wysokiego potencjału plonowania, heterozji i preadaptacji do cytoplazmy cP żyta był na tyle dobry, że uzasadnione wydaje się dalsze poszukiwanie podobnych genotypów i włączanie ich do hodowli. Trudno jednak, na podstawie dotychczasowych wyników (zarówno własnych, jak i obcych z innych systemów CMS), wysoko oceniać szansę pomyślnego zastosowania

odmian w charakterze komponentów odmiany mieszańcowej. W tym kontekście selekcja cykliczna bazująca na wielostopniowym, kontrolowanym kumulowaniu pozytywnych efektów addytywnych, a nie odmianowej zmienności epistatycznej, stwarza znacznie większe szanse postępu w dalszej perspektywie. Zatem niezależnie od wyników pierwszego cyklu krzyżowań, który zrealizowano w nierozpoznanym jeszcze materiale, należy kontynuować pracę w materiałach segregujących. Szanse poprawy w następnym cyklu krzyżowań wydają się wysokie, gdyż zarówno formy mateczne, jak i ojcowskie dwóch najplenniejszych kombinacji: Beta.1-BWWi i Vs269.4-ToPa (po 91,7% plonu wzorca) mają różne pochodzenie. Komponenty naszych najlepszych mieszańców zapewniają także wysoką wartość parametrów jakości oraz restoracji płodności w F₁, bądź podatności na tę restorację (w liniach żeńskich). Ze względu na najwyższą podatność na restorację do puli linii żeńskich powinna zostać włączona linia Mo21268, ciekawa także ze względu na skróconą słomę i mniejszą podatność na wyleganie. Pewne szanse na postęp można szacować też przy wykorzystaniu linii żeńskich Kr139.6, Kr132.21 i męskiej To11.

Zbadany materiał nie daje dobrych podstaw do oceny ew. wpływu cytoplazmy linii dopełniającej, która może stanowić istotny element tego układu. Znaczna przewaga w plonowaniu, jaką wykazała grupa F₁, których dopełniacze linii żeńskich mają cytoplazmę pszenicy (70,4% plonu wzorca względem 56% dla grupy z cytoplazmą żytnią typu cN) ma związek z wyżej opisaną grupową przewagą genotypów pszenżyta Beta i Krakowiak. Teoretycznie, cytoplazma pszenicy stwarza ryzyko niekompatybilności ustalonego w jej obecności genotypu z plazmotypem Pampa, ryzyko prawdopodobnie większe niż w przypadku linii hodowanych w obecności niesterylizującej cytoplazmy żytniej. Dlatego warto będzie zwrócić uwagę na ten czynnik w dalszych pracach badawczych.

WNIOSKI

1. Wśród odmian i rodów pszenżyta istnieje zmienność reakcji na cytoplazmę Pampa, która zapewnia wybór odpowiednich genotypów z przeznaczeniem na linie żeńskie i męskie.
2. System CMS Pampa dobrze funkcjonuje na wybranych formach pszenżyta i „żytnicy” 6x, jednak potrzebne są dalsze prace nad otrzymaniem komponentów zapewniających wysoki poziom heterozji i tolerancji cytoplazmy MS.

LITERATURA

- Geiger, H. H., Yuan, Y., Miedaner, T., Wilde, P. 1995. Environmental sensitivity of cytoplasmic genic male sterility (CMS) in *Secale cereale* L. In: U. Kueck, G. Wricke (eds.), Genetic Mechanisms for Hybrid Breeding. Paul Parey Sci. Publ., Berlin, Hamburg. Adv. Plant Breed. 18: 7 — 17.
- Geiger H. H., Miedaner T. 2009. Rye breeding. In: M. J. Carena (ed.), Cereals (Handbook of Plant Breeding). Springer. New York. Vol. 3: 157 — 181.
- Gordei I. A., Belko N. B., Khokhlova S. A., Lyusikov O. M., Hainudzinau A.V. 2002. Development of genetic triticale diversity with rye cytoplasm. Proc. 5th Int. Triticale Symp. June 30–July 5, 2002, Radzików, Poland. Vol. I: 53 — 62.

- Grzesik H., Węgrzyn S. 1998. Heterosis and combining ability in some varieties of triticale. Proc. 4th Int. Triticale Symp. Red Deer, Canada. Vol. II:129– 133.
- Kolasińska I. 2003. Male fertility restoration of rye crosses in the Pampa cytoplasm. Plant Breeding and Seed Science 47 (1/2): 33 — 37.
- Łapiński B. 2002. A new source of earliness in tetraploid *Secalotriticum*. Proc. 5thInt.Triticale Symp. Radzików, Poland, June 30–July 5, 2002. Vol. II: 49 — 53.
- Łapiński B. 2003. The Pampa CMS system for triticale. Triticale Topics 19: 25 — 27.
- Łapiński B. 2005. Próba zastosowania żytniej cytoplazmy typu Pampa w hodowli heterozyjnej pszenżyta. Biul. IHAR 236: 115 — 124.
- Łapiński B., Fryczkowska J. 2006. The Pampa rye cytoplasm as a male sterilizing agent for hybrid breeding of triticale. Proc. 6th Int. Triticale Symp. 3–7. Sept. 2006. Stellenbosh. South Africa: 68 — 71
- Oettler G., Burger H., Melchinger A. E. 2003. Heterosis and combining ability for grain yield and other agronomic traits in winter triticale. Plant Breeding 122: 318 — 321.
- Pfeiffer W. H., Sayre K. D., Mergoum M. 1998. Heterosis in spring triticale hybrids. Proc. 4th Int. Triticale Symp. Red Deer, Canada. Vol. 1: 86 — 91.
- Warzecha R., Warzecha K., Staszewski Z. 1998. Development and use of triticale CMS system in hybrid breeding. Proc. 4th Int. Triticale Symp. Red Deer, Canada. Vol. 1: 79 — 85.