

BOGUSŁAW ŁAPIŃSKIKrajowe Centrum Roślinnych Zasobów Genowych
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Próba zastosowania żytniej cytoplazmy typu Pampa w hodowli heterozyjnej pszenżyta

An attempt at application of the rye Pampa cytoplasm in hybrid breeding of triticales

W latach 2000 i 2001 wykonano krzyżowania męsko-sterylnych linii żyta diploidalnego z ozimym pszenżytem tetraploidalnym (4x) i heksaploidalnym (6x). Poprzez dalsze krzyżowania wsteczne udało się przenieść cytoplazmę Pampa do pszenżyta zarówno tetra- jak i heksaploidalnego. W roku 2002 płodność żeńska osiągnęła poziom umożliwiający rozpoczęcie selekcji linii cytoplazmatycznie męsko-sterylnych i linii z przywróconą płodnością. Wyniki badań płodności męskiej z roku 2004 wykazały pełny zakres zmienności pylenia u form pszenżyta z cytoplazmą Pampa, od form w pełni męsko-sterylnych do męsko-płodnych. U pszenżyta 4x sterylizujący wpływ tej cytoplazmy był wyraźnie silniejszy niż u pszenżyta 6x. U tetraploidów pełną sterylność wniosło do pokolenia B₁ F₁ 8 z 14 wykorzystanych linii, u heksaploidów tylko dwie na 20. Jednak postęp w selekcji form z przywróconą płodnością zanotowano jedynie u form 4x. Wzrost bujności wegetatywnej pokolenia F₁ był wyraźnie zauważalny tylko u form 4x; u heksaploidów większość form z cytoplazmą Pampa była osłabiona w porównaniu do form ojcowskich i do grupy mieszańców F₁ z inną cytoplazmą żyta.

Słowa kluczowe: CMS, cytoplazma Pampa, hodowla heterozyjna, pszenżyto heksaploidalne, pszenżyto tetraploidalne

Crosses between diploid rye with male-sterilizing Pampa cytoplasm and winter triticales were performed in the years 2000 and 2001. Both tetraploids and hexaploids of triticales proved to be successful as male parents in production of the F₁ hybrids. Back-crossing of the hybrids caused transfer of the Pampa cytoplasm into tetraploid and hexaploid triticales. In 2002, female fertility of the plant material was high enough to start selection of male sterile lines as well as of those with restored male fertility. The results for pollen shed from the year 2004 showed a full range of variation, from complete sterility to full fertility. The sterilizing effect of the Pampa cytoplasm was stronger in tetra- than in hexaploid triticales. Among the tetraploids, eight of 14 lines brought full sterility to all investigated B₁F₁ generation hybrids. Among the hexaploids, only two of 20 lines caused a similar effect. However, selection progress in fertility restoration was only observed in the tetraploids. An increase in vegetative vigour in Pampa-cytoplasmic F₁ was only found in the tetraploid group. Among the hexaploids, the vigour was distinctly diminished in the majority of genotypes, compared to the male parents and F₁ with another rye cytoplasm.

Key words: CMS, hexaploid triticales, hybrid breeding, Pampa cytoplasm, tetraploid triticales

WSTĘP

Heterozja u pszenżyta heksaploidalnego ($2n = 6x = 42$) przejawia się m.in. jako kilkuprocentowy przyrost plonu mieszańców F_1 . Jeśli ograniczyć się do badań na większych poletkach (przynajmniej 2 m^2), przeciętne zwwyżki plonu ponad lepszego z rodziców wyniosły 5,2% w badaniach Pfeiffera i wsp. (1997), 7,1% u Oettler i wsp. (2001) i 4,0%–4,7% w pracach Burgera i wsp. (2002). Jednak w niektórych kombinacjach możliwy jest do uzyskania wynik powyżej 20%, (22,9% u Pfeiffera i wsp. (1997), 21% u Darvey'a i Roake (2002), co czyni opłacalnym prowadzenie hodowli heterozyjnej. U pszenżyta tetraploidalnego ($2n = 4x = 28$), podobnie jak u żyta, występuje znaczna depresja wsobna (40%–70% wg własnych badań niepublikowanych), więc wykorzystanie mieszańców F_1 jest niezbędne do osiągnięcia plonu na znaczącym poziomie. Najwyższy z efektów heterozji zanotowanych w Radzikowie u tetraploidów własnej hodowli wyniósł 72,7% ponad lepszego z rodziców (na poletkach $2,0$ – $2,7 \text{ m}^2$ (wg danych własnych niepublikowanych).

Krzyżowanie na skalę masową stanowi podstawowy problem hodowli heterozyjnej, którego nie można rozwiązać w prosty sposób, przez zastosowanie gametocydów. W związku z ich szkodliwością dla zdrowia i zakazem stosowania w Europie zachodzi konieczność wykorzystania cytoplazmatycznej męskiej sterility (CMS). Najbardziej obiecującą z dotychczas zastosowanych u pszenżyta jest cytoplazma męskosterylizująca pochodząca z *Triticum timopheevi*, z którą eksperymentowano wcześniej w hodowli pszenicy. Cytoplazma ta okazała się skuteczna u pszenżyta heksaploidalnego, choć zadawalająco wysoki i stabilny efekt sterylizacji można było uzyskać tylko w niewielkim procencie genotypów, który wynosił dla pszenżyta ozimego 3%–5% (Warzecha i Salak-Warzecha, 2002). W pracach Góral i Spissa (2005) udział genotypów pszenżyta jarego dających stabilne efekty męskiej sterility oszacowano na 5%; tyle samo wyniósł udział form z przywróconą w pełni płodnością męską. W tych warunkach wskazane było poszukiwanie innych źródeł męskiej sterility dla pszenżyta, nie tylko w celu łatwiejszego pozyskiwania komponentów do odmian mieszańcowych, ale i ze względu na niebezpieczeństwo zbyt jednolitego spektrum podatności na choroby przy szerokim stosowaniu tej samej cytoplazmy sterylizującej.

Prace nad pszenżytem tetraploidalnym prowadzone w IHAR były bodźcem do zainteresowania się żytnią cytoplazmą sterylizującą typu Pampa wykorzystywaną już w produkcji heterozyjnych odmian żyta. Wcześniejsze próby zastosowania cytoplazmy *timopheevi* u form $4x$ nie dały zadowalającej stabilności efektów CMS (dane własne niepublikowane). Z drugiej strony pszenżyto $4x$ łatwo krzyżuje się z żytem (Krolow, 1973). Wprowadzenie cytoplazmy Pampa do pszenżyta $4x$ było w tych warunkach naturalnym następstwem poszukiwań odpowiedniego systemu kontroli masowych zapyleń. Z kolei łatwość krzyżowania pszenżyta $4x$ z pszenżytem $6x$ sprzyjała przeniesieniu tej cytoplazmy do pszenżyta heksaploidalnego. Niniejsza publikacja jest opisem pierwszych prac nad wprowadzaniem i adaptacją cytoplazmy Pampa do hodowli heterozyjnej pszenżyta.

MATERIAŁ I METODY

W serii krzyżowań wykonanych w 2000 roku donorami cytoplazmy Pampa dla pszenżyta były trzy męskosterylne linie wsobne żyta (Tl/94-474.83, 94T6/05m4475/1, 2357.804.25.3) z hodowli heterozyjnej prowadzonej w IHAR-Radzików przez dr Lucjana Madeja. Zapyłano je dwiema mieszaninami pyłku pszenżyta 4x: jedną z populacji mieszanej na cytoplazmie pszenicznej i jedną z populacji *Secalotriticum* (cytoplazma żyta) uzyskanej z rozmnożenia, w warunkach wolnego zapylenia, formy SO.521 o poprawionej wczesności (Łapiński, 2002). Po 14–18 dniach od zapylenia zarodki wyszczepiano na standardową pożywkę (Murashige, Skoog, 1962), a w czerwcu i lipcu młode rośliny przenoszono do szklarni. Jesienią sadzono je w sąsiedztwie wysianych zapyłaczy — czterech linii pszenżyta 4x i czterech odmian pszenżyta 6x (Alzo, Bogo, Fidelio, Tornado). Liczbę chromosomów w mieszańcach sprawdzano w merystemach korzeni zarodkowych przy użyciu mikroskopu z kontrastem fazowym.

Niewielka część materiałów pszenżyta z cytoplazmą Pampa wywodzi się z innej serii krzyżowań, wykonanych w 2001 roku między ośmioma liniami restorerów CMS z hodowli żyta 2x w roli formy matecznej i pszenżytem (6 form 4x, 2 odmiany 6x: Eldorado i Pinokio) w roli ojca. Również zastosowano standardową technikę hodowli zarodków *in vitro*.

Krzyżowania wsteczne uzyskanych mieszańców F_1 wykonywano w sposób zarówno kontrolowany jak i poprzez spontaniczne zapylenia przy udziale rosnących obok form pszenżyta 4x i 6x. Późniejsze krzyżowania wsteczne do pszenżyta odbywały się jedynie w warunkach kontrolowanego zapylenia wybranymi formami ojcowskimi. W krzyżowaniach tych wykorzystano dotychczas, oprócz wyżej wymienionych form następujące odmiany i rody pszenżyta 6x: Janko, Kitaro, Krakowiak, MAH 10947-1, MAH 11399-2, Pawo, Piano, Prado, Presto, Todan, Witon. Pszenżytami 4x stosowanymi jako zapyłacze do krzyżowań wstecznych było 16 linii o zróżnicowanym pochodzeniu, mających w rodowodach różne formy pszenżyta 6x, pszenicy 6x, pszenice 4x (*Triticum dicoccoides*, *T. persicum*), pszenicę 2x (*T. monococcum*), rumuńskie żyta tetraploidalne Teku i Napocal, polskie żyto Dańkowskie Złote oraz linie wsobne z radzikowskiej hodowli heterozyjnej żyta. Pszenżyta te, mimo zróżnicowanego pochodzenia i różnych cytoplazm miały dość jednolity skład chromosomowy z siedmioma parami chromosomów żyta i mieszanym genomem pszenicznym, w którym przeważały chromosomy genomu A, chromosomy 7 grupy pochodziły z genomu B, a chromosomy 5A miały translokowany odcinek żytni na długim ramieniu (Łapiński i in., 1996; Łapiński, Schwarzscher, 2000).

Spełniając założenie, że dopełniacze, ich męskosterylne analogi oraz restorery płodności powinny mieć cytoplazmę tego samego gatunku, nowe linie i odmiany, które dały rośliny sterylne w potomstwie krzyżowań wstecznych, były krzyżowane dodatkowo z donorami cytoplazmy żyta niewywołującej efektu męskiej sterylności u pszenżyta. Większość tych donorów miała cytoplazmę pochodzącą z niemieckiej linii tetraploidalnego *Secalotriticum* 2172 (od dr Guenthera Melza), wniesioną poprzez linię SO.521 o poprawionej wczesności. Reszta miała cytoplazmę z rumuńskiego tetraploidalnego żyta Teku. Dla tetraploidów używano donorów tetraploidalnych, a dla heksaploidów —

heksaploidalnych (liczne formy *Secalotriticum* 6x wytworzono w Radzikowie wcześniej realizując specjalny program krzyżowań form 4x i 6x pszenżyta).

Wczesne pokolenia mieszańców z cytoplazmą Pampa stanowiły także materiał do selekcji form przywracających płodność. Uformowano z nich oddzielne populacje hodowlane, jedną dla tetraploidów, a inną dla heksaploidów. W obrębie każdej z nich prowadzono dodatkowe krzyżowania, których głównym celem była kumulacja genów odpowiedzialnych za efekty restoracji CMS.

Metodyka oceny płodności męskiej oparta była na wizualnej ocenie pylenia i 4-stopniowej skali bonitacyjnej, według której za rośliny dobrze pylące uznawano te, których pylniki pękały na co najmniej połowie długości i wysypywały dużo pyłku. Średnio pylące rośliny miały pylniki pękające na mniej niż połowie długości. Pylenie określano jako słabe, gdy pękała tylko niewielka część pylników, ale pyłek był zauważalny na wewnętrznej powierzchni izolatorów tomofofanowych. Ostatnim stopniem bonitacji był brak pęknięcia pylników lub brak pyłku w izolatorze.

Czterostopniową skalą bonitacji posłużono się również przy wizualnej ocenie bujności roślin F_1 w odniesieniu do rosnących w sąsiedztwie roślin linii ojcowskich. Zakładano, że będzie to w jakiejś mierze odpowiadało poziomowi heterozji w produkcji biomasy. Efekty zwiększenia bujności opisywano jako duże, wyraźne, brakujące, a także jako ujemne, gdy mieszańiec rósł wyraźnie słabiej od swego rodzica.

WYNIKI I DYSKUSJA

Z pierwszych sześciu kombinacji krzyżowań linii matecznych żyta z cytoplazmą Pampa i populacji ojcowskich pszenżyta 4x, wykonanych w 2000 roku, uzyskano 11 triploidalnych mieszańców F_1 . Wszystkie kombinacje krzyżowań okazały się skuteczne, siedem mieszańców powstało przy udziale pyłku *Secalotriticum* a cztery mieszańce – pyłku form z pszeniczną cytoplazmą. W 2001 roku udało się również krzyżowanie żytniej linii restorera Pampa (TR 215-1) w roli matki z pszenżytem 6x (Eldorado) w roli ojca. Tabela 1 podaje wyniki krzyżowań i cytogenetycznej weryfikacji roślin F_1 . W roku 2000 liczby zarodków do przeszczepienia na pożywkę były znacznie mniejsze, niż w roku 2001, ale prawie połowa uzyskanych roślin miała właściwą liczbę 21 chromosomów. Z licznych zarodków wyszczepionych w roku 2001 uzyskano tylko 2 rośliny mieszańcowe. Reszta okazała się żytem diploidalnym.

Mieszańce F_1 zostały skrzyżowane wstecznie z różnymi formami pszenżyta 4x i 6x, w wyniku tego powstało 28 roślin B_1F_1 . W górnej części tabeli 2 pokazano wzrost liczby obiektów z różnego typu krzyżowań w początkowych latach prac nad wprowadzaniem cytoplazmy Pampa do pszenżyta.

Mieszańce z okresu 2000–2002 charakteryzowały się niestabilnością cytogenetyczną związaną z różnicami ploidalności i składu genomowego rodziców. Skutkiem tego była sterylność, która nakładała się na sterylność warunkowaną przez cytoplazmę Pampa i ograniczała możliwość skutecznej selekcji linii CMS (oznaczanych też jako linie P) i restorerów (linie R). Od roku 2003 płodność żeńska poprawiła się na tyle, że możliwe było rozpoczęcie wyprowadzania linii i wzbogacania materiałów w nową zmienność genetyczną

z pszenżyta 4x i 6x. Wzrost liczebności linii z cytoplazmą Pampa w pierwszych dwóch latach ich selekcji przedstawiono w dolnej części tabeli 2.

Tabela 1

Wyniki krzyżowań żyta z cytoplazmą Pampa z tetraploidalnym i heksaploidalnym pszenżytem ozimym
The results of crosses between rye with the Pampa cytoplasm and tetraploid or hexaploid winter triticales

Rok Year	Linia CMS żyta CMS rye line	Pszenżyto Triticale	Zapylono kłosów Spikes pollinated	Wyszczepiono zarodków Embryos rescued	Liczba roślin F ₁ Plants verified
2000	T1/94-474.83	<i>Secalotriticum</i> 4x	15	8	3
		Triticale 4x	15	4	1
	94T6/05m4475	<i>Secalotriticum</i> 4x	15	6	4
		Triticale 4x	15	2	1
	2357.804.25.3	<i>Secalotriticum</i> 4x	15	3	1
		Triticale 4x	15	1	1
	Suma — Total	<i>Secalotriticum</i> 4x	45	17	7
	Suma — Total	Triticale 4x	45	7	4
2001	Suma — Total	Suma — Total 4x	90	24	11
	TR245	<i>Secalotriticum</i> 4x	1	8	0
	TR210, TR220, TR235, TR240, TR250,	Triticale 4x	5	82	0
	TR215	Triticale 6x Eldorado	1	6	2
	TR230	Triticale 6x Pinokio	1	13	0
	Suma — Total	4x	6	90	0
	Suma — Total	6x	2	19	2

Tabela 2

Liczby mieszańców wprowadzających cytoplazmę Pampa do pszenżyta. P -formy sterylne z cytoplazmą Pampa, R -restorery CMS Pampa
The numbers of hybrids introducing the Pampa cytoplasm to triticales. P –sterile forms with Pampa cytoplasm, R -forms with the CMS restoration, 2x 3x 4x 6x — ploidy levels

Rok Year	Rodzice Parents	Liczba uzyskanych No. of obtained			Uwagi Remarks
		kombinacji F ₁ F ₁ combinations	roślin plants	linii lines	
I etap: sterylność z zaburzeń mejozy Phase I: sterility caused by irregular meiosis					
2000	żyto (rye) 2x P × pszenżyto (triticales) 4x	6	11		<i>in vitro</i>
2001	F ₁ 3x P × pszenżyto(triticales) 4x	9	25		
	× pszenżyto (triticales) 6x	3	3		
	żyto (rye 2x R × pszenżyto (triticales) 6x	1	2		<i>in vitro</i>
2002	B ₁ F ₁ P × pszenżyto (triticales) 4x	5	102		
	× pszenżyto (triticales) 6x	19	74		
	F ₁ 4x R × pszenżyto (triticales) 4x, 6x	4	4		
II etap: tworzenie linii P i R Phase II: selection of P- and R- lines					
B_F1 P, B_F_ R, F1-F2 R					
2003	pszenżyto (triticales) 4x	18		57	
	pszenżyto (triticales) 6x	20		66	
B_F1 P, B_F_ R, F1-F3 R					
2004	pszenżyto (triticales) 4x	105		189	
	pszenżyto (triticales) 6x	77		127	

W tabeli 3 scharakteryzowano płodność męską tetraploidów i heksaploidów pszenżyta z cytoplazmą Pampa, z roku 2004. Pylenie opisano jako przynależność do jednej z czterech klas utworzonych z uwzględnieniem stopnia pęknięcia pylników oraz wysypywania pyłku. W oddzielnej klasyfikacji (ostatnia kolumna) wyodrębniono właściwe rośliny CMS, które nie zawiązały nasion w kłosach izolowanych (czasem mimo słabego pylenia), ale były płodne przy dostępie pyłku z linii dopełniających lub z wolnego zapylenia. W grupie restorerów poszukiwania takich form nie prowadzono, choć frekwencje roślin całkowicie męskosterylnych były znaczne.

Rozkłady zmienności pylenia u roślin B_{F1} dla form 4x i 6x różniły się, w wysoce istotnym stopniu, na korzyść lepszego pylenia u form 6x (wartość chi-kwadrat = 78,0 > 11,3; p = 0,01). W grupie restorerów różnice te były jeszcze bardziej znaczące (chi-kwadrat = 113,3). Można więc stwierdzić, że sterylizujący wpływ cytoplazmy Pampa jest znacznie silniejszy u pszenżyta tetraploidalnego. Nie znaczy to jednak, że należy oczekiwać w tym materiale trudności z restauracją płodności męskiej.

Tabela 3

**Rozkład ocen intensywności pylenia i udział roślin CMS (męsko-sterylnych, lecz żeńsko-płodnych)
u form pszenżyta z cytoplazmą żytnią typu Pampa. 2004 rok**
**Distribution of pollen shed intensity and number of true CMS plants (male-sterile and female-fertile)
in triticales with the Pampa cytoplasm. Radzików, 2004**

Wyszczególnienie Specification			Pylenie Pollen shed					Rośliny CMS CMS -plants
			dobre good	średnie average	słabe weak	brak lacking	razem sum	
Liczba roślin No. of plants								
B_F ₁ , 14 rodzin (14 families), 20 rodzin (20 families),	triticales 4x	7	16	24	44	91	23	
	triticales 6x	21	29	20	8	78	10	
B_F ₁ , F ₁ -F ₃ , restorery (restoration),	triticales 4x	50	46	13	35	144	—	
	triticales 6x	27	67	51	22	167	—	
Razem Sum		105	158	108	109	480	33	
Procent Percentage								
B_F ₁ 14 rodzin (14 families), 20 rodzin (20 families),	triticales 4x	7,7	17,6	26,4	48,3	100	25,3	
	triticales 6x	26,9	37,2	25,6	10,3	100	12,8	
B_F ₁ , F ₁ -F ₃ restorery (restoration),	triticales 4x	34,7	31,9	9,1	24,3	100		
	triticales 6x	16,2	40.1	30.5	13.2	100		

U tetraploidów można zauważyć już wpływ selekcji form z przywróconą męską płodnością. W grupie restorerów CMS dobre lub średnie wytwarzanie pyłku stwierdzono u ok. 67% roślin, o ponad 41% więcej, niż w grupie B_{F1} pochodzącej z 14 krzyżowań sterylnych roślin matecznych z różnymi płodnymi formami pszenżyta 4x. Zmiana rozkładów zmienności pylenia jest wysoce istotna (chi-kwadrat = 186,9 > 11,3; p = 0,01). Natomiast nie stwierdzono analogicznej istotności różnic u heksaploidów. Wpływ selekcji restorerów w tym materiale nie był widoczny, jej efekt wydawał się nawet odwrotny od oczekiwanego. W grupie 20 rodzin B_{F1} tylko trzy okazały się w pełni męskosterylne (z zapyleń odmianami Janko, Krakowiak i Piano). Występowanie roślin sterylnych wraz z

plodnymi stwierdzono w siedmiu rodzinach (z zapylen odmianami Kitaro, Krakowiak, Prado, Presto i Tornado). Dziesięć rodzin B_{F1} składało się z roślin wyłącznie płodnych (z zapylen odmianami Bogo, Eldorado, Pawo, Todan oraz liniami A2P i MAH 11399-2). Przy założeniu, że geny przywracające płodność są dominujące, szanse na uzyskanie dopełniaczy można przypisać siedmiu odmianom z trzynastu badanych a sześć odmian bądź linii należałoby zaliczyć do restorerów.

U tetraploidów osiem rodzin B_{F1} było całkowicie sterylnych, cztery składały się z roślin sterylnych i płodnych, a dwie wydały tylko rośliny z przywróconą płodnością. Zastosowanie testu chi-kwadrat do porównania tetraploidów i heksaploidów pod względem frekwencji linii dających potomstwa B_{F1} płodne lub zmienne lub sterylne wykazało, że różnice rozkładów w tych trzech klasach są istotne (chi-kwadrat = 26,5 > 9,2; p = 0,01), jednak niskie liczebności w klasach wymagają dalszego potwierdzenia wyników.

Tabela 4

Wzrost bujności wegetatywnej roślin pokolenia F₁ pszenżyta, w porównaniu do form ojcowskich, w zależności od poziomu ploidalności i rodzaju cytoplazmy żytniej (2004 rok)
Increase in vigour, compared to the male parent, in F₁ triticales hybrids, depending on the rye cytoplasm and ploidy level. Radzików (2004)

Cytoplazma żytnia Rye cytoplasm	Ploidalność Ploidy	Liczba F ₁ No. of F ₁	Wzrost bujności Vigour increase			
			duży high	wyraźny noticeable	brak lacking	ujemny negative
Pampa	4x	18	6	5	2	0
	6x	20	0	1	7	11
Inna	4x	2	0	1	0	0
Other	6x	25	3	8	2	6

W zależności od stopnia ploidalności, mieszańce F₁ z cytoplazmą Pampa znacznie różniły się zwykłą bujnością wzrostu w odniesieniu do form ojcowskich. Zgodnie z wynikami wizualnej oceny, przedstawionymi w tabeli 4, mieszańce pszenżyta 4x były na ogół znacznie bardziej rozrośnięte od rodzica męskiego, ponadto zakwitały kilka dni wcześniej (niektóre prawie równocześnie z żytem). U pszenżyta 6x wyraźny efekt dodatni zaobserwowano tylko w jednym przypadku na 20. Regułą była depresja mieszańcowa. Na cytoplazmie żytniej innej niż Pampa bujność wzrostu u heksaploidów była wyraźna lub wysoka w przeważającej części kombinacji F₁. Test chi-kwadrat zastosowano do porównania mieszańców F₁ na dwóch różnych żytnich cytoplazmach po zredukowaniu liczby klas do dwóch (wzrost wigoru lub brak tego wzrostu) i wykazano, że różnice są wysoce istotne (chi-kwadrat = 9,87 > 6,64, po uwzględnieniu poprawki Yatesa na niską liczebność w jednej z klas).

Należy jednak zastrzec, że wyniki na dwóch różnych cytoplazmach żytnich nie dotyczą tych samych genotypów F₁ i wskazane są dokładniejsze badania rozmiaru ubocznych ujemnych efektów cytoplazmy Pampa. Wpływy takie są regułą w przypadku cytoplazm sterylizujących. W badaniach Góral (2002) plon ziarna mieszańców F₁ z cytoplazmą *T. timopheevi*, (wybraną dla pszenżyta spośród innych z rodzaju *Triticum* ze względu na

najmniejsze efekty uboczne) był także mniejszy, średnio o 17,6%, od plonu mieszańców z typową dla pszenżyta heksaploidalnego cytoplazmą *T. aestivum*.

Wymiana cytoplazmy *T. aestivum* na żytnią niesterylizującą (w systemie Pampa) w liniach dopełniających, jest jednym z założeń metodycznych niniejszej pracy. Jeśli rozmiary negatywnych efektów ubocznych zmian cytoplazm są zależne od ewolucyjnego dystansu dzielącego dawców genomu i plazmonu, to prowadzenie hodowli dopełniaczy na cytoplazmie żytniej powinno sprzyjać selekcji form lepiej tolerujących cytoplazmę Pampa.

Efekty wymiany cytoplazmy z pszenicznej na żytnią u pszenżyta 6x badał Gordei i wsp. (2002). Nie stwierdził on spadku plonowania, jednak niekorzystną cechą okazało się znaczne opóźnienie rozwoju *Secalotriticum* w porównaniu z *Triticale*. Podobny efekt autor niniejszej pracy zaobserwował w pszenżycie tetraploidalnym, jednak natrafił także na genotyp o odwrotnej reakcji cechy wczesności na cytoplazmę żytnią (Łapiński, 2002). Genotyp ten (linia SO.521) dobrze przenosi tę cechę na potomstwa z cytoplazmą żyta, został też wykorzystany przy tworzeniu większości opisywanych tu materiałów. Można oczekiwać, że jego zastosowanie w hodowli heterozyjnej pozwoli uniknąć opóźnienia rozwoju mieszańców F₁, o ile dopełniacze będą hodowane na cytoplazmie żytniej.

WNIOSKI

1. Przeniesienie żytniej cytoplazmy męsko-sterylizującej typu Pampa do pszenżyta okazało się możliwe na drodze zwykłych krzyżowań żytnich donorów z formami tetraploidalnymi i heksaploidalnymi pszenżyta, z uzupełnieniem techniką hodowli zarodków *in vitro* na typowej pożywce.
2. Cytoplazma Pampa wywoływała efekty męskiej sterylności, w zakresie podobnym jak u żyta: od pełnej sterylności do wysokiej płodności, zależnie od odmiany lub linii wnoszącej genotyp.
3. Efekt sterylizujący cytoplazmy Pampa był silniejszy u pszenżyta tetraploidalnego niż u heksaploidalnego.
4. Reakcja na selekcję w kierunku przywracania płodności wystąpiła we wczesnych pokoleniach rekombinantów (back-crossy, do F₃) tylko u form tetraploidalnych.
5. Cytoplazma Pampa obniżała wyraźnie bujność wegetatywną mieszańców F₁ pszenżyta heksaploidalnego. Natomiast wśród mieszańców pszenżyta tetraploidalnego dominowały dodatnie efekty wpływu na tę cechę.

LITERATURA

- Burger H., Oettler G., Melchinger A. E. 2002. Heterosis and combining ability for grain yield and yield components in winter triticale. Proc. 5th Int. Triticale Symp., Radzików, Poland, Vol. 1: 199-204.
- Darvey N. L., Roake J. 2002. Development of spring hybrid triticale. Proc. 5th Int. Triticale Symp. June 30 July 5, 2002, Radzików, Poland. Vol. 1: 207 — 209.
- Gordei I. A., Belko N. B., Khokhlova S. A., Lyusikov O. M., Hainudzinou A. V. 2002. Development of genetic triticale diversity with rye cytoplasm. Proc. 5th Int. Triticale Symp. Radzików, Poland, June 30 July 5, 2002. Vol. I: 53 — 62

- Krolow K. D. 1973. Research work with 4x-Triticale in Germany (Berlin). In: Proceedings of the international Triticale symposium, El Batan, Mexico, 1–3 October 1973. Int. Develop. Res. Centre Monogr. IDRC – 024e.
- Góral H. 2002. Biologiczno-hodowlane aspekty wykorzystania heterozji u pszenżyta (X *Triticosecale* Wittmack). Zeszyty Nauk. Akad. Rol. im. H. Kołłątaja w Krakowie. Rozprawy. Zeszyt 283.
- Góral H., Spiss L. 2005. Hodowla dopełniaczy i restorerów dla systemu cms-*T. timopheevi* u pszenżyta jarego. Biul. IHAR 236: 1 — 6.
- Łapiński B., Apolinarowska B., Budzianowski G., Cyran M., Rakowska M. 1996. An attempt at tetraploid triticale improvement. In: H. Guedes-Pinto et al. (eds.), Triticale: today and tomorrow. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht: 627 — 634.
- Łapiński B., Schwarzbacher T. 2000. Odblokowanie ekspresji niektórych genów żyta w pszenżycie tetraploidalnym w wyniku translokacji homeologicznej. Biul. IHAR 211: 211 — 218.
- Łapiński B. 2002. A new source of earliness in tetraploid *Secalotriticum*. Proc. 5th Int. Triticale Symp. Radzików, Poland, June 30 July 5, 2002. Vol. II: 49 — 53.
- Murashige T., Skoog F. 1962. A revised medium for a rapid growth and bioassay with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 15: 473.
- Oettler G., Becker H. C., Hoppe G. 2001. Heterosis for yield and other agronomic traits of winter triticale F₁ and F₂ hybrids. Plant Breed. 120: 351 — 353.
- Pfeiffer W. H., Sayre K. D., Mergoum M., van Beem J. 1997. Heterosis in spring triticale hybrids. Book of Abstracts: The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops. 17–22 Aug. 1997, Mexico City: 2 — 6.
- Warzecha R., Salak-Warzecha K. 2002. Hybrid triticale-prospects for research and breeding. Part II: Development of male sterile lines. Proc. 5th Int. Triticale Symp., Radzików, Poland, Vol.1: 193 — 198.