

LECHOSŁAW GROCHOWSKI

Hodowla Roślin Smolice Sp. z o.o.

Ksenia u żyta, jej rodzaje i znaczenie w hodowli odmian mieszańcowych

Xenia in rye, its types and significance for breeding of hybrid cultivars

W pracy przedstawiono zrealizowany w latach 1985–2000 eksperymentalny program tworzenia ksenicznych i podwójnych mieszańców żyta. Potwierdzono występowanie u żyta podwójnej ksenii: jakościowej (barwa ziarniaków) oraz ilościowej (masa 1000 ziarniaków). Określono zmienność stopnia przekrzyżowania materiałów wyjściowych w zależności od ich genetycznego zawężenia. Wykazano, że możliwe jest znalezienie żółtoziarnistych form o wysokiej zdolności kombinacyjnej i dużym efekcie ksenii masy 1000 ziarniaków, przydatnych do hodowli odmian mieszańcowych. Podano formułę tworzenia podwójnych mieszańców żyta i opisano ich wybrane właściwości rolnicze.

Słowa kluczowe: ksenia, żyto, kseniczne mieszańce, podwójne mieszańce

The paper presents an experimental program of creating xenic and double hybrids of rye, realized in the years 1985–2000. The occurrence of double xenia in rye: qualitative (kernel color) and quantitative (thousand kernels weight) has been affirmed. Variability of the degree of intercrossing of initial materials has been characterized, depending on a degree of narrowing of the genetic variation basis. The selection of yellow kernel forms showing high combining ability and large effect of thousand kernel weight xenia proved to be useful in hybrid breeding. The formula is given for creation of double hybrids and some agricultural properties of the obtained F₁ forms are described.

Key words: xenia, rye, xenic hybrids, double cross hybrids

WSTĘP

Poszukiwanie oraz wytwarzanie nowych źródeł zmienności genetycznej jest podstawowym warunkiem dalszego rozwoju hodowli roślin. U roślin obcocylnych maksymalne wykorzystanie efektu heterozji jest możliwe poprzez hodowlę odmian mieszańcowych (Geiger, Morgenstern, 1979). Odmiany mieszańcowe żyta na ogół plonują lepiej od odmian populacyjnych. Ich tworzenie rozpoczęto na początku lat siedemdziesiątych XX wieku. Po odkryciu w argentyńskiej populacji PAMPA roślin z dziedzicznie uwarunkowaną cytoplazmatyczną męską jałowością oraz form zawierających geny przywracające płodność (Geiger, Schnell, 1975; Geiger, 1982, 1985; Miedaner, Geiger, 1993). W roku 1984 zarejestrowano w Niemczech pierwszą mieszańcową odmianę żyta Akkord. W Polsce zagadnieniem mieszańcowej hodowli żyta zajmowało się szereg badaczy

(Madej, 1975, 1984, 1996; Madej i in., 2001; Łapiński, 1975 a i b; Ruebenbauer i Pająk, 1984; Kolasińska, 1989, 1992, 1999; Węgrzyn i Madej, 1990; Szołkowski, 1998, inf. ustna). Efektem ich prac są zarejestrowane odmiany mieszańcowe: Nawid (1998), Luco (1999), Klawo (2000), Stach (2002). Jednakże hodowla i reprodukcja odmian mieszańcowych w oparciu o wykorzystanie systemu CMS jest procesem bardzo skomplikowanym, długotrwałym i kosztownym. Kolejnym utrudnieniem hodowli jest duże porażenie chorobami grzybowymi a szczególnie sporyszem (*Claviceps purpurea*). Skłania to hodowców do szukania nowych możliwości wykorzystania heterozji w oparciu o inne systemy genetyczne (Grochowski, 1990, 1992; Grochowski i in., 1995; Grochowski, 1998).

Większość populacyjnych odmian żyta ma niejednolicie zabarwione nasiona. Prawie w każdej z nich obok ziaren zielonych występuje mniejszy lub większy procent ziaren żółtych. Wytworzenie żółtoziarnistych analogów odmian jest możliwe w stosunkowo krótkim czasie. Po skrzyżowaniu form o różnym zabarwieniu ziarna dzięki ksenii już w kłosach roślin matecznych o żółtym ziarnie można wyodrębnić nasiona mieszańcowe.

W roku 1881 W. D. Focke nazwał ksenią zjawisko pozwalające na rozpoznanie mieszańcowego charakteru nasion po pewnych cechach fenotypowych (kształt, kolor, wielkość) będących skutkiem wpływów genotypu pyłku na zarodek lub bielmo nasion.

Giltay (1893) donosi o występowaniu ksenii u żyta związanej z barwą ziarna — cyt. za Jain (1960).

Nicolaisen (1932) był twórcą terminu „ksenia ilościowa”. W wyniku badań nad dziedziczeniem się rozmiarów (wielkości) nasion żyta i grochu stwierdził, że: nasiona mieszańcowe żyta mają kolor zielony (ksenia jakościowa) oraz zwykle większą masę jednostkową, a zatem i masę 1000 ziarniaków (ksenia ilościowa). Podwójna ksenia stwarza możliwości masowego krzyżowania i otrzymywania mieszańców zwanych ksenicznymi (Grochowski i in., 1996).

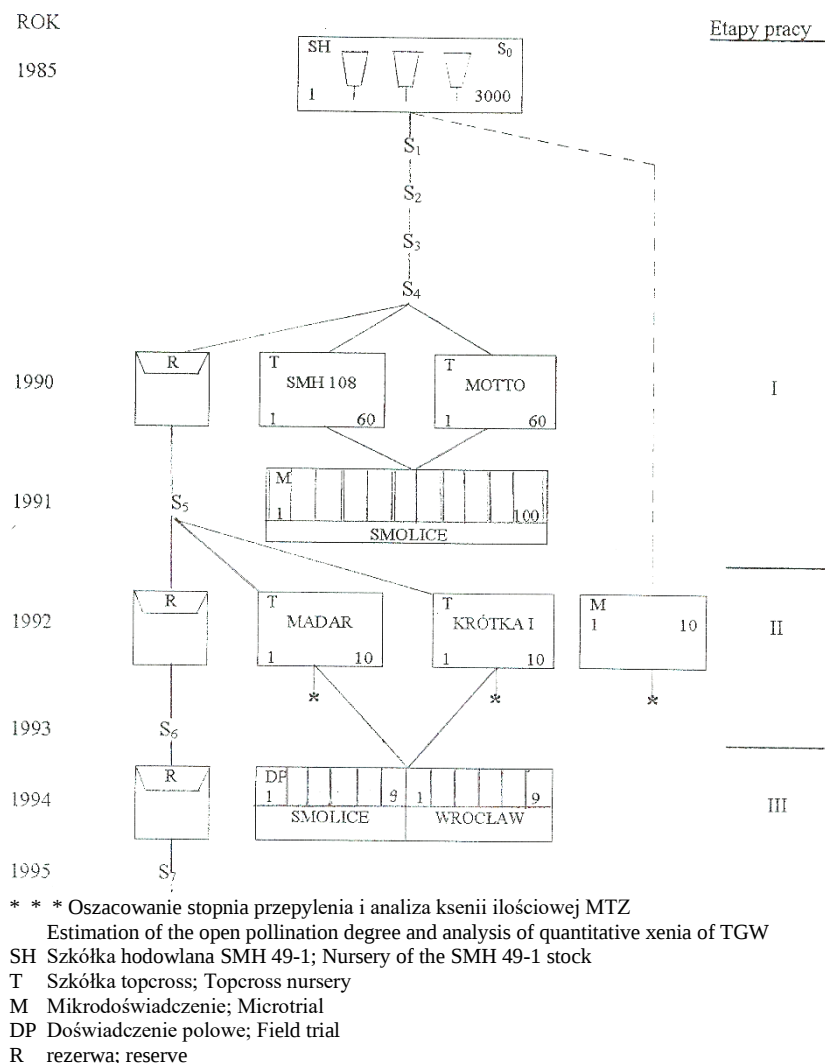
Kseniczne mieszańce żyta są wynikiem naturalnego, swobodnego zapylenia żółtoziarnistych form matecznych pyłkiem roślin o zielonym ziarnie. Można je podzielić na spontaniczne i celowe. Spontaniczne powstają w przyrodzie w obrębie prawie wszystkich populacji i odmian żyta w związku z wiatropylnością tej rośliny. Możliwość ich celowego wytwarzania stwarza nowe perspektywy tworzenia odmian mieszańcowych (Grochowski, 1990, 1992).

Celem przeprowadzonych badań było:

- wytworzenie rodów i linii wsobnych o żółtym ziarnie oraz ich krzyżowanie z odpowiednio dobranymi testerami,
- porównanie stopnia swobodnego przekrzyżowania wytworzonych materiałów w różnych warunkach,
- analiza ksenii ilościowej masy 1000 ziarniaków,
- ocena ogólnej (GCA) i swoistej (SCA) zdolności kombinacyjnej form rodzicielskich oraz wartości gospodarczej mieszańców,
- oszacowanie zakresu zmienności szeregu cech rolniczych wytworzonych mieszańców,
- wytworzenie przy użyciu tych samych form matecznych podwójnych i potrójnych mieszańców oraz porównanie ich wybranych właściwości.

MATERIAŁ I METODY

Pracę nad wytworzeniem ksenicznych mieszańców rozpoczęto w Smolicach w roku 1985 — (rys. 1).



Rys. 1. Przebieg badań nad ksenicznymi mieszańcami żyta wytworzonymi z linii wsobnych pochodzących z SMH 49-1

Fig.1. The study on xenic hybrids of rye generated from the inbred lines from the population SMH 49-1

W pierwszym etapie prac (1985–1991) tworzone rody i linie wsobne o żółtym ziarnie. Materiałem wyjściowym była populacja SMH 49-1 wyselekcjonowana z niemieckiej odmiany Perolo. Populacja miała żółte ziarno, skrócone źdźbło oraz poprawioną odporność

na mączniaka i wyleganie. Prowadzone w tym czasie i opublikowane przez Kolasieńską (1992) badania wykazały, że różni się ona pod względem genetycznym od odmian grupy PEKTUS. W roku 1995 w szkółce hodowlanej SMH 49-1 przed kwitnieniem założono na wybrane pojedyncze rośliny 3000 pergaminowych izolatorów. Na każdej roślinie izolowano 5 kłosów. Co roku do dalszej hodowli przeznaczano linie, które pod izolatorem zawiązywały najwięcej ziaren, a jednocześnie wyróżniały się odpornością na choroby grzybowe i wyleganie. Po zbiorach w 1989 roku wybrano z pokolenia S₄ 60 najbardziej interesujących linii i wysiano w izolowanych przestrzennie szkółkach topcross. Celem było otrzymanie pierwszych próbnych ksenicznych mieszańców. Jako form ojcowskich (testerów) użyto smolicckiej populacji SMH 108 i odmiany Motto. Zebrane mieszańce w następnym roku oceniano w mikrodoświadczeniu prowadzonym metodą wzorcową bez powtórzeń. Wzorcami były formy ojcowskie wysiane naprzemian, co piąte poletko. Powierzchnia poletka 1 m². Siew ręczny punktowy w rozstawie 5 × 20 cm. W mikrodoświadczeniu uczestniczyło 100 obiektów (2 × 49 mieszańców + 2 formy ojcowskie). Analizowano 14 cech. Wyniki opublikowano (Grochowski, 1992).

W drugim etapie (1992–1993) oceniano stopień przekrzyżowania i ksenię masy 1000 ziarniaków. W tym celu wysiano:

- na Głównym Polu Doświadczalnym mikrodoświadczenie z 10 rodami SMH 49-1 na poletkach o powierzchni 1 m² do swobodnego przepylenia mieszaniną pyłku,
- w izolowanych przestrzennie szkółkach topcross 10 linii S₅ wybranych na podstawie wyników mikrodoświadczenia z próbnymi mieszańcami.

Szkółki topcross wysiewano punktowo w rozstawie 20 × 30 cm. Siano na przemian jeden rząd linii matecznej i trzy rzędy testera. Z każdej linii matecznej wysiewano 50 ziaren. Formami ojcowskimi (testerami) były: odmiana Madar i populacja Krótka I. Obie te formy wyróżniały się wysoką ogólną zdolnością kombinacyjną (GCA). Kłosa z każdego rzędu matecznego zbierano oddzielnie i po omłocie analizowano procent przekrzyżowania i ksenię ilościową masy 1000 ziarniaków. Metodyka pracy była następująca: z każdej kombinacji mieszańcowej odliczano licznikiem nasion (Kopciuszek) 4 × 500 ziaren. Na podstawie występowania ksenii w zabarwieniu każdą próbkę rozdzielano na dwie grupy:

- ziarno zielone, mieszańcowe,
- ziarno żółte pochodzące z zapylania wewnątrzliniowego lub międzyliniowego.

Następnie oznaczono i porównano masę 1000 ziarniaków z obu grup. Procent ziaren zielonych w każdej próbie określał zdolność do przekrzyżowania u poszczególnych form matecznych, a różnice w masie 1000 ziarniaków obu grup uznano za efekt ksenii ilościowej.

Trzeci etap (1994–1997), to doświadczenia porównawcze mieszańców ksenicznych trzech linii: 70545, 70617, 70620 z formami ojcowskimi (testerami) i wzorcem Dańkowskim Żółtym. Doświadczenia zakładano metodą losowych bloków w czterech powtórzeniach w dwóch miejscowościach — Smolicach i Wrocławiu. Wielkość poletka – 1 m², siew ręczny punktowy w rozstawie 5 × 20 cm. Analizowano dziewięć cech: liczbę kłosów produktywnych na 1 m², masę ziarna z poletka, masę ziaren z kłosa, masę 1000 ziaren (g), masę hektolitra (kg), wysokość roślin (cm), zawartość białka w ziarnie (%),

zawartość lizyny (g/kg ziarna), zawartość włókna (mg/g ziarna). Trzy ostatnie cechy oznaczano w Zakładzie Materiału Siewnego IHAR w Radzikowie na aparacie Infratec.

W czwartym etapie (1998–2000) wytworzono i porównywano w doświadczeniach polowych dwa typy mieszańców:

- podwójne o formule $(A \times B) \text{ CMS} \times (C \times D) \text{ XH}$
- potrójne o formule $(A \times B) \text{ CMS} \times C$

Formami matecznymi obu grup było 10 mieszańców CMS-SC z Radzikowa. Dla otrzymania mieszańców podwójnych przekrzyżowano je w szkółce topcross mieszańcem ksenicznym SMH-XH-1 (przebieg prac rys. 6).

Mieszańce potrójne powstały po przekrzyżowaniu w.w. form matecznych populacją SMH-117. W sezonie 1999/2000 przeprowadzono doświadczenia polowe w dwóch miejscowościach w Smolicach i Rogożewie. W doświadczeniach uczestniczyło 10 mieszańców podwójnych, 10 mieszańców potrójnych, 2 formy ojcowskie, 3 wzorce: Dańkowskie Złote, Esprit i Warko. Doświadczenia zakładano metodą bloków niekompletnych w 4 powtórzeniach. Wysiew 320 kg/m². Wielkość poletka do zbioru 5 m². Szczegółowo analizowano 5 cech: plon ziarna (dt/h), masę 1000 ziarniaków (g), masę hektolitra (kg), wysokość roślin (cm) i odporność na wyleganie (w skali 9°).

WYNIKI

Wytworzenie rodów i linii wsobnych o żółtym ziarnie oraz ich krzyżowanie z odpowiednio dobranymi testerami

Po zbiorach 1991 na podstawie wyników mikrodoświadczeń wybrano do przekrzyżowania w różnych warunkach:

- ze szkółki hodowlanej SMH 49-1 dziesięć rodów (oznaczonych symbolami 1000–1009). Rody te wyróżniały się wyrównaniem i zwiększoną odpornością na rdzę brunatną (*Puccinia recondita* f. sp. *recondita*). Przeznaczono je do zapylenia mieszaniną pyłku z Głównego Pola Doświadczalnego.
- 10 najbardziej fenotypowo wyrównanych linii wsobnych z pokolenia S₅ do krzyżowania w szkółkach topcross z odmianą Madar i populacją Krótka I.

Ocena stopnia przekrzyżowania i masy 1000 ziarniaków

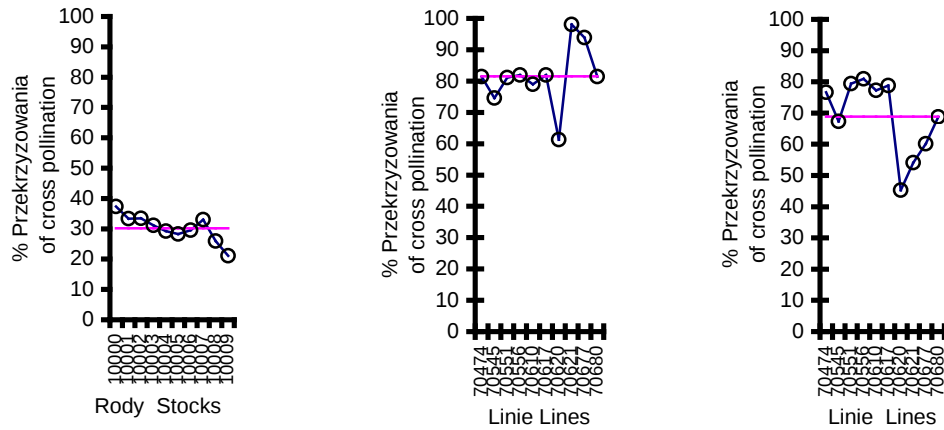
Wyniki prowadzonych po zbiorach 1992 roku ocen i analiz przedstawiono na rysunku 2 i 3. Procent przekrzyżowania dla rodów przy swobodnym zapyleniu mieszaniną pyłku z Głównego Pola Doświadczalnego wahał się od 21,1 (ród 10009) do 37,3 (ród 10000); dla linii krzyżowanych z odmianą Madar był najwyższy i wynosił od 61,3 (linia 70620) do 98,1 (linia 70621); dla linii krzyżowanych z populacją Krótka I od 45,3 (linia 70620) do 80,98 (linia 70556).

Efekt ksenii ilościowej kształtował się następująco:

- rody od 0,9 g (ród 10008) do 6,1 g (ród 10009),
- linie krzyżowane z odmianą Madar od 0,0 g (linia 70677) do 4,7 g (linia 70621),
- linie krzyżowane z populacją Krótka I od 0,7 g (linia 70551) do 4,5 g (linia 70677).

♀ Rody z SMH 49-1 — Stocks of SMH 49-1
 ♂ Mieszanka pyłku z Gł. Pola Dośw.
 Mixture of pollen from yield trials

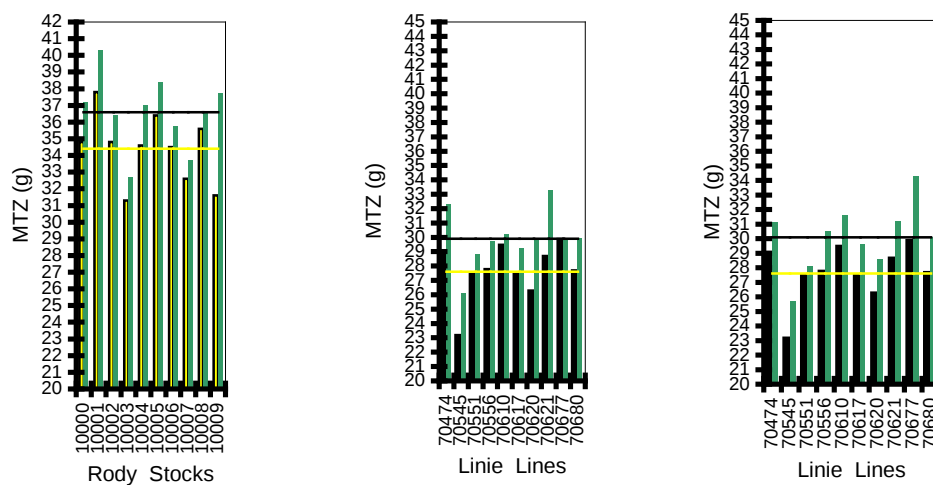
♀ Linie S₆ z SMH 49-1 — S₆ lines of SMH 49-1
 ♂ Madar
 ♂ Krótka I



Rys. 2. Stopień przekrzyżowania rodów i linii pochodzących z populacji SMH 49-1
Fig. 2. Extent of cross pollination of stocks and inbred lines derived from the population SMH 49-1

♀ Rody z SMH 49-1 — Stocks of SMH 49-1
 ♂ Mieszanka pyłku z Gł. Pola Dośw.
 Mixture of pollen from yield trials

♀ Linie S₆ z SMH 49-1 — S₆ lines of SMH 49-1
 ♂ Madar
 ♂ Krótka I



Rys. 3. Efekt ksenii masy 1000 ziarniaków mieszańcowych rodów i linii pochodzących z populacji o żółtym ziarnie SMH 49-1
Fig. 3. Effect of 1000 hybrid grain weight xenia of stocks and inbred lines derived from the population with yellow grains SMH 49-1

Na podstawie przeprowadzonych obserwacji i ocen do dalszych badań wybrano kseniczne mieszańce: 70545 × Madar; 70617 × Madar; 70620 × Madar oraz 70545 × Krótka I; 70617 × Krótka I; 70620 × Krótka I.

Wyniki doświadczeń porównawczych z ksenicznymi mieszańcami, testerami i wzorcem Dańkowskie Złote

Po zbiorach w 1994 roku wykonano syntezę wyników doświadczeń przeprowadzonych w Smolicach i we Wrocławiu. Analizą objęto dziewięć cech. Oszacowano efekty ogólnej (GCA) i swoistej (SCA) zdolności kombinacyjnej. Średnie kwadraty dla zmienności środowisk, genotypów, ogólnej i swoistej zdolności kombinacyjnej wraz z interakcjami zestawiono w tabeli 1.

Na podkreślenie zasługuje istotna różnica między środowiskami przy jednoczesnym braku interakcji $G \times E$, co świadczy o stabilności genotypów. Spośród dziewięciu ocenianych cech masa 1000 ziarniaków, masa hektolitra, wysokość roślin i zawartość lizyny w ziarnie istotnie różnicowały genotypy. Dla tych cech wykonano analizę ogólnej i swoistej zdolności kombinacyjnej. Na podstawie stosunku GCA/SCA wywnioskowano o przewadze addytywnych nad nieaddytywnymi formami działania genów dla masy 1000 ziarniaków. Efekty form matecznych i ojcowskich oraz efekty SCA dla masy 1000 ziarniaków przedstawiono w (tab. 2).

Tabela 1

Średnie kwadraty zmienności i zdolność kombinacyjna
The mean squares of variability and combining ability (Smolice, Wrocław 1994)

Źródło zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody Number of degrees of freedom	Liczba kłosów produktywnych na 1 m ² Number of fertile ears per 1 m ²	Plon ziarna z poletka Grain yield per plot g	Masa ziarniaków z kłosa Weight of grains per ear g	Masa 1000 ziarniaków 1000 grain weight g
1	2	3	4	5	6
Środowiska (E) Environments	1	46253,00*	600,00	1,55*	8,08*
Bloki × E Blocks	6	7294,00	47210,70	0,06	7,40
Genotypy (G) Genotypes	5	2139,60	33890,40	0,26	7,88*
GCA matek of mothers	2				10,46*
GCA testerów of testers	1				10,91*
SCA	2				3,78*
Interakcja G × E Interaction	5	2173,00	9092,00	0,10	2,43
GCA matek × E of mothers	2				
GCA testerów × E of testers	1				
SCA × E	2				
Błąd Error	30	4215,40	14601,60	0,12	1,34

c.d. Tabela 1

Źródło zmienności Source of variation	Masa hektolitra Hectolitre weight (kg)	Wysokość roślin Plant height (cm)	Białko w ziarnie Protein in grain (%)	Lizyna g/kg ziarna Lysine g/kg of grain	Włókno mg/g ziarna Fibre mg/g of grain
Środowiska (E) Environments	30,15*	667,50*	0,90	0,80*	14,84
Bloki × E Block	0,28	143,88	2,23	0,05	16,01
Genotypy (G) Genotype	3,76*	198,84*	0,58	0,10*	15,97
GCA matek of mathers	6,30*	210,44*		0,16*	
GCA testerów of testers	4,53*	526,63*		0,18*	
SCA	0,83	23,34		0,01	
Interakcja G × E Interaction	0,50	65,18	0,86	0,05	7,66
GCA matek × E of mathers					
GCA testerów × E of testers					
SCA × E					
Błąd Error	0,43	29,48	0,64	0,03	12,45

* Istotne przy $\alpha = 0,05$

* Significant at $\alpha = 0.05$

Tabela 2

Efekty GCA linii, testerów oraz efekty SCA mieszańców dla masy 1000 ziarniaków
Effects of GCA for lines, testers and effects of SCA for 1000 grain weight of hybrids (Smolice, Wrocław 1994)

Cechy Traits Linie Lines	GCA				SCA	
	wysokość roślin plant height	masa 1000 ziarniaków 1000 grain weight	masa hektolitra hectolitre weight	lizyna lysine	masa 1000 ziarniaków 1000 grain weight	
					Madar	Krótki I
70545	-2,13*	-0,88*	-0,71*	-0,07*	-0,15	0,15
70617	-2,06*	0,70*	0,26*	-0,04	-0,40	0,40
70620	4,19*	0,18	0,46*	0,11*	0,54*	-0,54*
Błąd standardowy Standard error	1,11	0,24	0,13	0,03	0,24	
Testery Testers						
Madar	3,31*	0,48*	0,31*	0,06*		
Krótki I	-3,31*	-0,48*	-0,31*	-0,06*		
Błąd standardowy Standard error	0,78	0,17	0,09	0,01		

* Istotne przy $\alpha = 0,05$

* Significant at $\alpha = 0.05$

Linia 70545 istotnie wpływała na skrócenie źdźbła a jednocześnie na obniżenie masy 1000 ziarniaków, masy hektolitra i zawartości lizyny w ziarnie. Linia 70617 także obniżała wysokość roślin, ale poprawiała masę 1000 ziarniaków masę hektolitra. Linia 70620 wydłużała źdźbło i zwiększała masę hektolitra oraz zawartość lizyny w ziarnie. Tester

Madar zwiększał długość źdźbła i poprawiał masę 1000 ziarniaków, masę hektolitra i zawartość lizyny w ziarnie, natomiast Krótka I wpływała na obniżenie wysokości roślin, masy 1000 ziarniaków, masy hektolitra i zawartości lizyny w ziarnie. Średnie wartości analizowanych cech struktury plonu zamieszczono w tabeli 3. Liczba kłosów produktywnych na 1 m², masa ziarniaków z kłosa i masa hektolitra nie przewyższały wartości testerów i wzorca.

Podsumowując wyniki przeprowadzonych doświadczeń można zauważyć, że najplenniejszy mieszańiec 70620 × Krótka I plonował istotnie lepiej od wzorca i formy ojcowskiej, dzięki wysokiej swoistej zdolności kombinacyjnej. Pozostałe mieszańce plonowały na poziomie Dańkowskiego Złotego i form ojcowskich. Większość badanych mieszańców nie ustępowała odmianie wzorcowej pod względem pozostałych analizowanych cech. Do korzystnych cech mieszańców należy zaliczyć podwyższoną masę 1000 ziarniaków w porównaniu z formami ojcowskimi, oraz istotnie obniżoną wysokość roślin w stosunku do Dańkowskiego Złotego.

Tabela 3

Średnie wartości analizowanych cech ilościowych mieszańców, testerów i wzorca
Mean values for the analyzed quantitative traits of the hybrids, testers and standard (Smolice, Wrocław, 1994)

Obiekty Objects	Cechy Traits	Liczba kłosów produktywnych na 1 m ² Number of fertile ears per 1 m ²	Plon ziarna z poletka Grain yield per plot (g)	Masa ziarniaków z kłosa Weight of grains per ear (g)	Masa 1000 ziarniaków 1000 grain weight (g)	Masa hektolitra Hectolitre weight (kg)	Wysokość roślin Plant height (cm)	Białko w ziarnie Protein in grain (%)	Lizyna ziarna Lysine of grain (g/kg)	Włókno ziarna Fibre of grain (mg/g)
70545 × Madar		468	979	2,13	38,0	73,99	131	9,87	4,03	47,85
70617 × Madar		465	972	2,13	39,4	74,62	132	9,81	4,09	47,60
70620 × Madar		443	1051	2,42	39,8	74,73	136	10,19	4,27	48,58
70545 × Krótka I		459	938	2,05	37,4	72,86	125	9,54	3,95	44,26
70617 × Krótka I		424	986	2,36	39,2	74,17	123	9,44	3,96	46,49
70620 × Krótka I		454	1117	2,49	37,7	74,46	132	9,91	4,09	46,31
Madar		460	1041	2,23	37,0	73,80	139	9,76	4,13	48,76
Krótka I		434	1008	2,29	37,3	72,61	122	10,03	4,02	51,48
Dańkowskie Złote		459	961	2,25	41,8	74,65	144	10,61	4,41	49,17
NIR _{0,05}		r.n.	104,0	0,56	19,95	0,93	8,16	r.n.	0,28	r.n.
LSD _{0,05}										

Wytworzenie oraz porównanie wybranych właściwości mieszańców podwójnych i potrójnych

Analiza wariancji (tab. 4) przeprowadzonych w sezonie 1999/2000 doświadczeń wykazała istotne zróżnicowanie środowisk (miejscowości) oraz badanych genotypów pod względem ocenianych cech. Nie stwierdzono istotności współdziałania między genotypami i miejscowościami, co może świadczyć o stabilności genotypów w różnych środowiskach. Z zestawienia plonów ziarna obu typów mieszańców (tab. 5) wynika, że mieszańce

podwójne były istotnie plenniejsze od potrójnych. Najlepszy mieszańiec podwójny (TO2 8722 × SMH-XH-1) plonował istotnie lepiej od czołowej niemieckiej odmiany mieszańcowej Esprit.

Tabela 4

Średnie kwadraty zmienności dla badanych cech (Smolice, Rogożewo, 2000)
The mean squares of variability for the investigated traits (Smolice, Rogożewo, 2000)

Źródło zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Plon ziarna Grain yield (dt/ha)	Masa 1000 ziarniaków 1000 grain weight (g)	Masa hektolitra Hectolitre weight (kg)	Wysokość roślin Plant height (cm)	Wyleganie w skali 9° (1- najlepszy) Lodging score 9° (1 the best)
Środowiska (E) Environments	1	5085,41 **	354,31**	218,63**	3528,00**	0,018
Powtórzenia × Środowiska Replications × Environments	6	509,46	23,37	19,43	148,67	0,002
Genotypy (G) Genotypes	24	67,65*	27,92	23,39*	215,18*	0,028**
Interakcja G × E Interaction	24	34,87	5,69	12,37	29,46	0,015
Błąd — Error	144	53,62	5,88	13,97	36,40	0,019

* Istotne przy $\alpha = 0,05$, ** Istotne przy $\alpha = 0,01$; * Significant at $\alpha = 0,05$, ** Significant at $\alpha = 0,01$

Tabela 5

Plony ziarna mieszańców, form ojcowskich i wzorców (średnio), Smolice i Rogożewo, 2000
Grain yields of hybrids, paternal forms and standards (average), Smolice and Rogożewo, 2000

Obiekty Objects	Plon ziarna — Grain yield, dt/ha		
	D	T	Średnia — Mean
Formy mateczne — Maternal parents	A	×	B
TH 6123	482	×	399
TS 8760	399	×	4475
TO2 8727	482	×	2130
TO2 8657	4475	×	2130
TO2 8722	167	×	2130
TO1 8619	130	×	493
TO-2 8655	5491	×	2130
TO-2 8727	130	×	2130
T2 8807	130	×	5491
T2 8810	463	×	5491
Średnia — Mean			65,7 60,6 63,1
Formy ojcowskie — Paternal parents	C	×	D
SMH-XH-1	L304N	×	L25484/97
SMH-117 Population			
Średnia — Mean			54,2
Wzorce — Standards			
Warko			62,8
Esprit			66,4
Dańkowskie Złote			58,4
Średnia — Mean			62,5
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}			3,7

D — Mieszańce podwójne; Double cross hybrids

T — Mieszańce potrójne; Three way cross hybrids

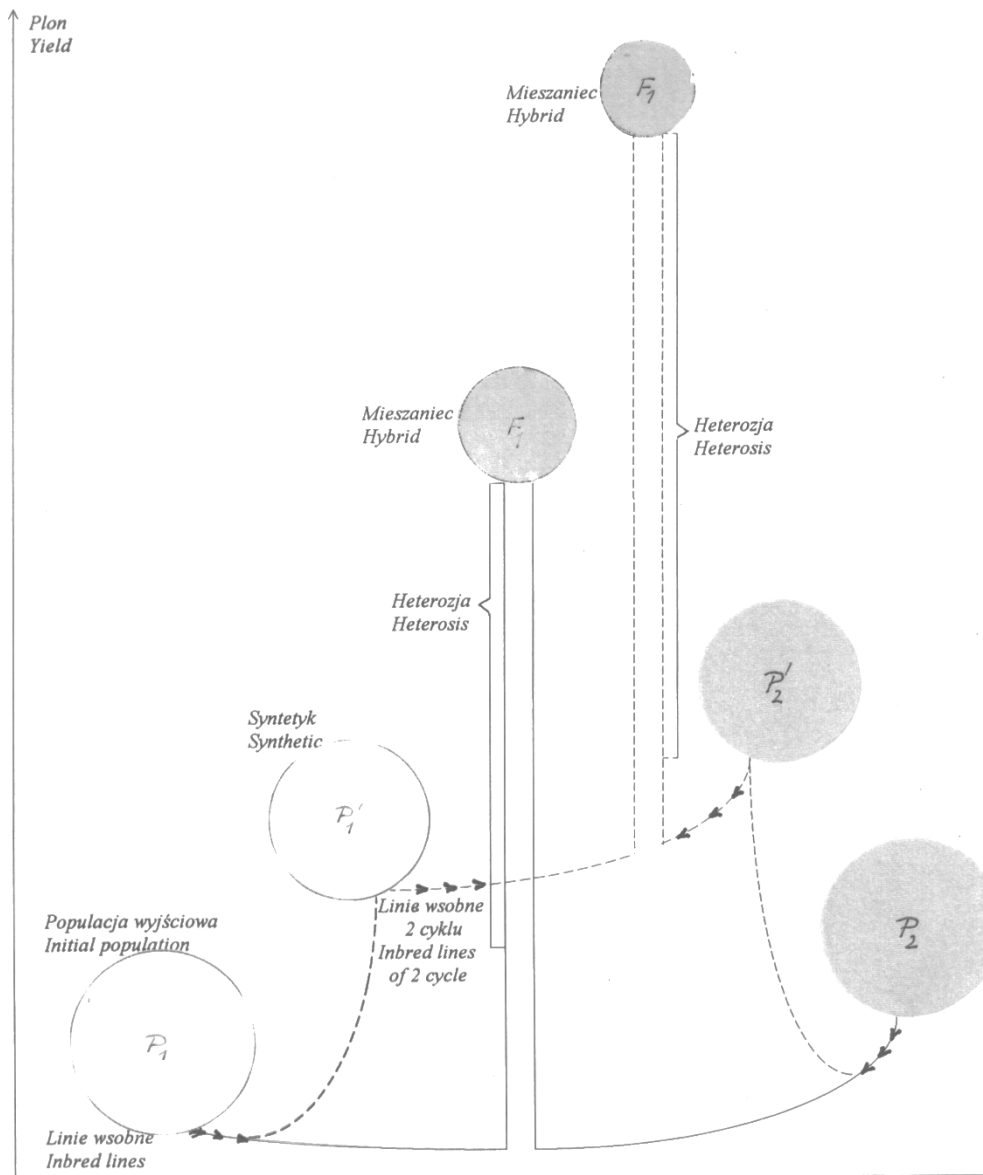
Tabela 6

Średnie wartości analizowanych cech mieszańców, form ojcowskich i wzorców (średnio), Smolice i Rogoźewo, 2000
Mean values for the analyzed of traits of hybrids, paternal forms and standards (average), Smolice and Rogoźewo, 2000

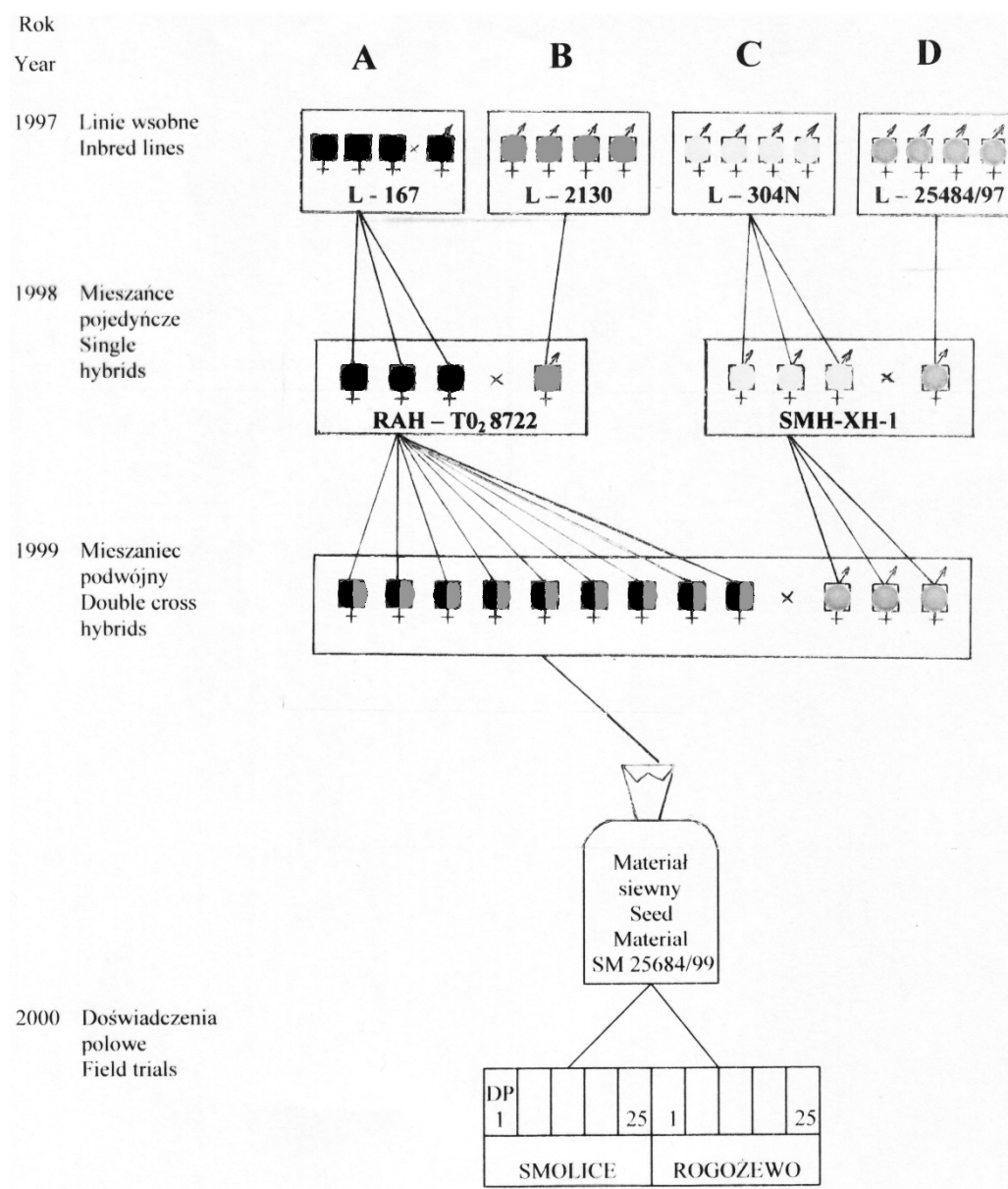
Obiekty Objects				Masa 1000 ziarniaków 1000 grain weight, g			Masa hektolitra Test weight, kg			Wysokość roślin Plant height, cm			Wyleganie Lodging, 1 - 9		
				D	T	$\bar{X}$	D	T	$\bar{X}$	D	T	$\bar{X}$	D	T	$\bar{X}$
f. mateczne — maternal parents				A	×	B									
TH 6123	482	×	399	36,1	35,9	36,0	71,90	70,15	71,03	113,9	111,9	112,9	1,5	1,1	1,3
TS 8760	399	×	4475	35,3	37,3	36,3	72,30	70,95	71,63	118,9	115,6	117,3	1,5	1,1	1,3
TO2 8727	482	×	2130	37,5	38,8	38,2	72,30	71,20	71,75	113,5	111,5	112,5	1,2	1,1	1,2
TO2 8657	4475	×	2130	37,0	39,5	38,3	71,40	71,10	71,25	114,6	114,7	114,7	1,1	1,1	1,1
TO2 8722	167	×	2130	37,9	39,6	38,8	72,85	71,10	71,98	117,2	111,9	114,6	1,5	1,1	1,3
TO1 8619	130	×	493	37,3	39,3	38,3	72,15	70,60	71,38	115,5	112,2	113,9	1,1	1,1	1,1
TO-2 8655	5491	×	2130	33,2	35,0	34,1	71,50	70,60	71,05	109,7	104,0	106,9	1,1	1,1	1,1
TO-2 8727	130	×	2130	34,3	37,5	35,9	70,10	69,20	69,65	108,4	106,2	107,3	1,2	1,1	1,2
T2 8807	130	×	5491	35,6	38,1	36,9	71,55	69,80	70,68	117,6	110,6	114,1	1,1	1,1	1,1
T2 8810	463	×	5491	33,1	36,8	35,0	70,45	69,30	69,88	113,5	110,4	112,0	1,1	1,1	1,1
Średnia Mean				35,7	37,8	36,8	71,65	70,40	71,03	114,3	110,9	112,6	1,2	1,1	1,2
Formy ojcowskie Paternal parents				C	×	D									
SMH-XH-1	L304N × L25484/97					34,6			72,70			121,1			2,5
SMH-117 Population						37,2			70,35			115,5			1,2
Średnia Mean						35,9			71,53			118,3			1,9
Wzorce Standards															
Warko						37,3			71,75			123,2			1,0
Esprit						38,2			72,60			115,1			2,7
Dańkowskie Złote						37,6			72,65			125,8			1,1
Średnia Mean						37,7			72,33			121,4			1,6
NIR _{0,05}						2,0			1,25			5,9			0,11
LSD _{0,05}															

D — Mieszańce podwójne, T — Mieszańce potrójne, Oceny wykonano w skali 9o (1 — najlepszy)

D — Double cross hybrids, T — Three way cross hybrids, Scored in the scale of 9o (1 — the best)



Rys. 5. Hodowla ksenicznych mieszańców żyta metodą obustronnej selekcji cyklicznej
Fig. 5. Breeding of xenic hybrids of rye with reciprocal recurrent selection



Rys. 6. Przebieg prac nad tworzeniem podwójnych mieszańców żyta
Fig. 6. The course of production of double cross hybrids of rye

DYSKUSJA

U żyta, tak jak i u innych roślin obcopolnych odmiany mieszańcowe są zwykle plenniejsze od odmian populacyjnych. Obok plenności wyróżniają się także dobrym

przystosowaniem do zagęszczonej obsady i wysokiego poziomu nawożenia. (Grochowski, 1993; Wilde, 1996; Mahań, 1997). Obecnie hodowla większości odmian mieszańcowych żyta oparta jest na wykorzystaniu tylko jednego źródła sterylizującej pyłek cytoplazmy PAMPA (*cms* P). Genotypy reagujące na jej obecność jałowością pyłku (dopełniacze) są pospolite w hodowlanych populacjach żyta, natomiast genotypy zachowujące pełną płodność pyłku mimo obecności cytoplazmy P (restorery) są bardzo rzadkie. W dodatku stopień przywracania męskiej płodności może być tylko częściowy, a ponadto silnie modyfikowany przez czynniki środowiska i genotyp form rodzicielskich (Geiger i Miedaner, 1996). Efekt jest taki, że odmiany mieszańcowe produkują wyraźnie mniej pyłku od genotypu z normalną cytoplazmą i są silniej porażane sporyszem od odmian populacyjnych. Ze względu na to, że odmiany mieszańcowe dają wyższe plony obszar ich uprawy ciągle rośnie. Coraz większy areał żyta staje się jednorodny plazmotypowo. Stwarza to niebezpieczeństwo nieurodzaju i strat gospodarczych, podobnie jak to miało miejsce z cytoplazmą Texas u kukurydzy. Rozwiązaniem likwidującym zagrożenia wynikające z plazmotypowej jednorodności i słabszego pylenia odmian mieszańcowych byłoby zastosowanie w hodowli kilku sterylizujących cytoplazm równocześnie. Technicznie byłoby to możliwe, ale wymagałoby ogromnych nakładów i postawiłoby pod znakiem zapytania celowość prowadzenia hodowli mieszańców.

Jednorodność plazmotypowa obecnie uprawianych odmian mieszańcowych żyta, silne porażenie zasiewów sporyszem, pracochłonność procedur hodowlanych i produkcji materiałów siewnych oraz związane z tym wysokie koszty legły u podstaw wykorzystania w hodowli mieszańców żyta mechanizmu ksenii. Próby wykorzystania ksenii do wytwarzania mieszańców żyta podejmowano kilkakrotnie (Vettel, Plarre, 1955; Plarre, Vettel, 1961; Velikovský, Mahań, 1975, 1976). Nie przyniosły one jednak oczekiwanych wyników. Prawdopodobnie główną przyczyną był brak odpowiednich materiałów wyjściowych. Użyte do krzyżowań populacje i odmiany zostały dobrane dość przypadkowo, nie odznaczały się wysokim potencjałem plonowania, były wysokie, mało odporne na choroby i wyleganie. Aby poprawić te cechy należało wytworzyć i wykorzystać do tworzenia mieszańców formy o skróconym źdźble, mniejszej wrażliwości na choroby i większej sztywności. Dopiero wyprowadzone z nich, genetycznie zróżnicowane linie wsobne mogły być właściwymi materiałami wyjściowymi do tworzenia mieszańców. Z przeprowadzonych obserwacji i badań wynika, że stopień przekrzyżowania w pierwszym rzędzie zależy od genetycznego zawężenia materiałów wyjściowych. Natomiast wielkość ksenii ilościowej masy 1000 ziarniaków jest uwarunkowana specyficzną zdolnością kombinacyjną (SCA) form rodzicielskich. Dużą rolę odgrywa też synchronizacja czasu kwitnienia obu komponentów rodzicielskich. Obserwowano także zróżnicowanie pod tym względem zarówno linii matecznych jak i testerów. Zakres zmienności procentów zawiązanych ziarniaków mieszańcowych, pozwala sądzić, że istnieją realne szanse na zadawalające rozwiązanie problemu produkcji materiału siewnego mieszańców. Wśród ocenianych w doświadczeniach ksenicznych mieszańców przejawiała się tendencja do wyższego plonowania od Dańkowskiego Złotego. Mieszaniec 70620 × Krótką I plonował istotnie lepiej od wzorca i swojej formy ojcowskiej. Biorąc pod uwagę

niewielką liczbę badanych mieszańców, które powstały z przekrzyżowania trzech linii matecznych dwoma testerami pełność w/w mieszańca można uznać za sukces.

Do wytworzenia opisywanych w tej pracy ksenicznych mieszańców zastosowano metodę okresowej selekcji form matecznych (rys. 4). Z populacji matecznej P_1 o żółtym ziarnie SMH 49-1 wyprowadzono linie wsobne, które następnie krzyżowano w szkółkach topcross z populacjami ojcowskimi P_2 o zielonym ziarnie. Otrzymane mieszańce porównywano z formami ojcowskimi i wzorcem Dańkowskim Żółtym w doświadczeniach polowych. Następnym etapem prac powinno być utworzenie populacji syntetycznej składającej się z najlepszych linii żółtoziarnistych i wyprowadzenie z niej linii wsobnych drugiego cyklu. Można spodziewać się, że wytworzone z ich udziałem mieszańce będzie charakteryzował wyższy efekt heterozji. Równocześnie jednak wzrośnie niebezpieczeństwo zawężenia materiałów hodowlanych. Dalsze zwiększenie efektu heterozji będzie jednak możliwe z chwilą zastosowania obustronnej selekcji cyklicznej (rys. 5). Umożliwi to tworzenie pojedynczych mieszańców międzyliniowych, mieszańce tego typu u kukurydzy i innych roślin wyróżniają się największym efektem heterozji. W USA dzięki upowszechnieniu uprawy pojedynczych mieszańców na dużych arealach plony kukurydzy w latach 1960–1990 zostały podwojone (z 65 do 120 buszli/akr), (Troyer, 1995).

Opracowanie metody wytwarzania mieszańców ksenicznych w połączeniu z dotychczas stosowaną metodą hodowli mieszańców potrójnych opartą na wykorzystaniu *cms* umożliwiło tworzenie podwójnych mieszańców żyta. Pierwsze tego typu mieszańce zostały wytworzone w Smolicach w 1999 roku.

Na podstawie wyników dotychczas przeprowadzonych badań wydaje się, że tworzenie mieszańców podwójnych może mieć znaczenie praktyczne (Grochowski, 2001). Już dawno stwierdzono, że optymalnym typem odmiany mieszańcowej żyta jest międzyliniowy podwójny mieszaniec (Becker i in., 1982). Kłopot polegał tylko na tym, że nie potrafiono takiego mieszańca wytworzyć na skalę produkcyjną. Problem ten może być rozwiązany przy równoczesnym wykorzystaniu mechanizmów *cms* i ksenii. (rys. 6). Na szczególnie podkreślenie zasługuje fakt, że jeżeli nasiona pojedynczych mieszańców są używane wyłącznie do tworzenia podwójnego mieszańca, to są potrzebne stosunkowo w niewielkich ilościach, a koszt ich wytwarzania ma znaczenie drugorzędne. W trakcie prowadzonych prac zaobserwowano, że rośliny pojedynczego ksenicznego mieszańca SMH-XH-1 podczas wegetacji wyróżniały się dobrym przezimowaniem i w mniejszym stopniu były porażone rdzą brunatną od odmian wzorcowych. Wytwarzały też dużo pyłku o doskonałej jakości. Ta ostatnia cecha pozwala na stosowanie większej liczby rzędów matecznych w stosunku do rzędów ojcowskich na plantacjach nasiennych. Prowadzi to do zmniejszenia ryzyka towarzyszącego zwykle produkcji materiału siewnego. Nie wystąpiło też większe zróżnicowanie roślin mieszańców podwójnych w porównaniu z mieszańcami potrójnymi, co często ma miejsce u kukurydzy. U żyta mieszańce podwójne były bardziej wyrównane od potrójnych.

WNIOSKI

1. Eksperymentalny program wytwarzania ksenicznych mieszańców żyta został w całości zrealizowany. Potwierdzono występowanie u żyta podwójnej ksenii: jakościowej (barwa ziarna) i ilościowej (masa 1000 ziaren).
2. Określono zmienność stopnia przekrzyżowania wytworzonych rodów i linii matecznych o żółtym ziarnie w różnych warunkach środowiska (mieszanina pyłku na Gł. Polu Dośw. i w szkołkach topcross). Procent przekrzyżowania zależał od genetycznego zawężenia form matecznych i wynosił 21,1–37,3 dla rodów, a 45,3–98,1 dla linii w zależności od testera.
3. Badania wykazały, że możliwe jest znalezienie żółtoziarnistych form matecznych o wysokiej zdolności kombinacyjnej i dużym efekcie ksenii masy 1000 ziaren przydatnych do hodowli odmian mieszańcowych.
4. Najplenniejszy kseniczny mieszaniec: 70620 × Krótka I plonował istotnie lepiej od Dańkowskiego Złotego i formy ojcowskiej dzięki wysokiej swoistej wartości kombinacyjnej komponentów rodzicielskich.
5. Przeprowadzone badania umożliwiły ocenę wartości kombinacyjnej form rodzicielskich wytworzonych ksenicznych mieszańców.
 - Ocena linii matecznych:
 - Linia 70545 — przekazywała na potomstwo skrócenie źdźbła i wczesność kłoszenia, ale jednocześnie obniżała masę ziarna z kłosa i masę hektolitra.
 - Linia 70617 — skracała źdźbło, poprawiała masę ziarna z kłosa, masę hektolitra i zawartość lizyny w ziarnie.
 - Linia 70620 — poprawiała masę hektolitra, ale obniżała masę ziarna z kłosa i masę 1000 ziaren.
 - Ocena form ojcowskich (testerów)
 - Madar — wydłużał źdźbło potomstwa, poprawiał masę 1000 ziaren, masę hektolitra i zawartość lizyny w ziarnie.
 - Krótka I — obniżała wysokość roślin. Z linią 70620 dała najplenniejszego mieszańca. Istotnie obniżała masę 1000 ziaren, masę hektolitra i zawartość lizyny w ziarnie.
6. Wyniki przedstawionych badań upoważniają do stwierdzenia, że tworzenie podwójnych mieszańców żyta wg formuły:
 - $(A \times B) \text{ CMS} \times (C \times D) \text{ XH}$ może być nowym kierunkiem hodowli i mieć praktyczne znaczenie dla rolnictwa.
7. Najlepszy z mieszańców podwójnych plonował wyraźnie lepiej od czołowej niemieckiej odmiany Esprit. Plon mieszańców podwójnych był istotnie wyższy niż trójdrożnych. Porównując pozostałe analizowane cechy rolnicze obu grup mieszańców, nie stwierdzono istotnych różnic.

LITERATURA

- Becker H. C., Geiger H. H., Morgenstern K. 1982. Performance and phenotypic stability of different hybrid types in winter rye. *Crop Sci.* 22: 340 — 344.
- Focke. W. D. 1881. Die Pflanzen mischlinge ein Beitrag zur Biologie der Gewachsen Bornträger. Cyt. za: Rieger R., Michaelis A., Green M. M. 1974. Słownik terminów genetycznych. PWR i L, Warszawa.
- Geiger H. H., Schnell F. W. 1975. Experimental basis for breeding hybrid varieties in rye. *Hod. Rośl. Aklim.* 19, 5/6: 381 — 385.
- Geiger H. H., Morgenstern K. 1979. Stand der Hybridzüchtung bei Roggen. *Getreide, Mehl und Brot* 33: 225 — 231.
- Geiger H. H. 1982. Breeding methods in diploid rye (*Secale cereale* L.). Tag-Ber. Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR, Berlin 198; 305 — 332.
- Geiger H. H. 1985. Hybrid breeding in rye. Proc. EUCARPIA Meet. Cereal Sect. on Rye, Svalöv, Sweden: 237 — 266.
- Geiger H. H., Miedaner T. 1996. Genetic basis and phenotypic stability of male fertility restoration in rye. *Vortr. Pflanzenzüchtg.* 35; 27 — 38.
- Grochowski L. 1990. Projekt wykorzystania ksenii w hodowli mieszańców żyta. *Zesz. Probl. IHAR, Hodowla Zboż.* 165 — 172.
- Grochowski L. 1992. Ksenia u żyta i jej wykorzystanie w hodowli mieszańców. *Mat. XI Zjazdu PTG „Genetyka 2000”.* Kraków 10 — 11 wrzesień 1992: 102.
- Grochowski L. 1993. Zmienność i współzależność kilku cech ilościowych w kolekcji roboczej żyta. *Zesz. Nauk. AR Wrocław*, 223: 141 — 147.
- Grochowski L., Kaczmarek J., Kadłubiec W., Bujak H. 1995. Using xenia in the breeding of rye hybrids. *Acta. Soc. Bot. Poloniae* 64, 2: 175 — 179.
- Grochowski L., Kaczmarek J., Kadłubiec W., Bujak H. 1996. Characterization of xenic rye hybrids. *Vortr. Pflanzenzüchtg* 35: 66 — 67.
- Grochowski L. 1998. Kseniczne mieszańce żyta. *Zesz. Nauk. AR Wrocław*. 337: 1 — 82.
- Grochowski L. 2001. Some properties of double cross hybrids of rye. Proc. EUCARPIA Rye Meet., Radzików, Poland: 77 — 79.
- Jain S. K. 1960. Cytogenetics of rye (*Secale* spp). *Bibliographia Genetica*. Del XIX, No 1: 1 — 86.
- Kolasińska I. 1989. Stan obecny oraz perspektywy hodowli mieszańców żyta w IHAR Radzików. *Prace Zespołu Hodowli Żyta 1988. IHAR Radzików*, 1989: 49 — 53.
- Kolasińska I. 1992. Wybór populacji wyjściowych do hodowli żyta. *Hod. Rośl. Aklim.* 36, 1/2; 23 — 35.
- Kolasińska I. 2001. Male fertility restoration of rye crosses in the Pampa cytoplasm Proc. EUCARPIA Rye Meet., Radzików, Poland 87 — 90.
- Łapiński M. 1975 a. Heterozja i zdolność kombinacyjna u żyta. *Prace Zesp. Bad. Hod. Żyta w 1974, IHAR Radzików* 1975: 113 — 120.
- Łapiński M. 1975 b. Cytoplasmic male sterility in interspecific rye hybrids. *Hod. Rośl. Aklim.* 19 5/6: 415 — 420.
- Machaň F. 1997. Hybridní odrůdy žita. (ed.) Institut vchovy a vzdělávání M. Ze. ČR v Praze.
- Madej L. 1975. Research on male sterility in rye. *Hod. Rośl. Aklim.* 19, 5/6: 421 — 422.
- Madej L. 1984. Rozwój prac nad hodowlą mieszańców żyta w Polsce. *Post. Nauk. Rol.* nr. 2: 33 — 41.
- Madej L. J. 1996. Worldwide trends in rye growing and breeding. *Vortr. Pflanzenzüchtg* 35: 1 — 6.
- Madej L., Kolasińska I., Jagodziński J. 2001. Breeding of rye hybrids at IHAR. Proc. EUCARPIA Rye Meet., Radzików, Poland: 51.
- Miedaner T., Geiger H. H. 1993. Züchtgartenführer Hybridroggen, Universität Hohenheim, Landessaatzüchtanstalt: 1 — 12.
- Nicolaisen W. 1932. Über quantitative Xenien bei Roggen und Erbsen, *Zeitschr. Pflanzenzüchtg* 17: 265 — 276.
- Plarre W., Vettel F. 1961. Testmethoden und Heterosiseffekte bei diploiden Winterroggen (*Secale cereale* L.). *Z. Pflanzenzücht.* 46: 126 — 154.

- Ruebenbauer T., Pajak K. 1984. Genetyczne podstawy hodowli mieszańcowych odmian żyta (*Secale cereale* L.). Hod. Rośl. Aklim. 28: 288 — 300.
- Troyer A. F., 1995. Early Illinii corn breeders: their quest for quality and quantity. Proc. Ann. Corn. Ind. Res. Conf. 50: 56 — 67.
- Velikovský V., Machaň F. 1975. A study of combining ability and heterosis in winter rye. Hod. Rośl. Aklim. 19, 5/6: 403 — 406.
- Velikovský V., Machaň F. 1976. Obecna a specyfická kombinační schopnost a heterozní efekt u dialelního křížení odrůd žita. Sbor. UVTIZ — Genet. Šlecht. 12: 63 — 70.
- Vettel F., Plarre W. 1955. Mehrjährige Heterosisversuche mit Winterroggen. Z. Pflanzzücht. 34: 233 — 247.
- Wilde P. 1996. Stage and prospect of hybrid rye breeding. Lochow-Petkus GmbH, Bergen.
- Węgrzyn S., Madej L. 1990. General and specific combining ability for some characters of diploid rye. Rye breeding (Proc. of EUCARPIA Symp.) Leningrad, S.U.:188 — 192.