

HENRYK CYGERT**JÓZEF ADAMCZYK**

Hodowla Roślin Smolice Sp. z o.o.

Plonowanie różnych grup mieszańców liniowych kukurydzy

Yielding ability of different groups of maize hybrids

Celem pracy było sprawdzenie czy formuły czterech zarejestrowanych mieszańców liniowych kukurydzy: Blask, Grom, Wiarus i Wilga były optymalne. Badano mieszance zarejestrowane i 17 mieszańców eksperymentalnych utworzonych z tych samych bądź bardzo blisko spokrewnionych linii wsobnych. Podzielono je na trzy grupy: 1) zarejestrowane mieszańce pojedyncze Blask i Grom oraz 7 mieszańców eksperymentalnych o zbliżonych formułach, 2) zarejestrowany mieszaniec trójliniowy Wiarus i 8 mieszańców eksperymentalnych o zbliżonych formułach, 3) zarejestrowany mieszaniec trójliniowy Wilga i 2 mieszańce eksperymentalne o zbliżonych formułach. Cały zestaw 21 mieszańców oceniono w latach 2003–2004 w doświadczeniach polowych na ziarno, zlokalizowanych w 3 miejscowościach. W pierwszej grupie żaden z mieszańców eksperymentalnych nie plonował lepiej od mieszańca Blask, natomiast 3 mieszańce plonowały na poziomie mieszańca Grom. Mieszańce w drugiej grupie nie różniły się istotnie poziomem plonowania od zarejestrowanego mieszańca Wiarus, a tylko jeden z nich zasługiwał na uwagę ze względu na możliwość łatwiejszej produkcji nasiennej. W trzeciej grupie mieszańców optymalną okazała się formuła zarejestrowanego mieszańca trójliniowego Wilga.

Słowa kluczowe: kukurydza, linie wsobne, plonowanie, typy mieszańców

The aim of the study was to compare all possible formulas of maize hybrids obtained from the same inbred lines which had already been used to develop commercial hybrids. The experimental material consisted of 4 commercial hybrids: Blask, Grom, Wiarus, Wilga and 17 experimental hybrids obtained from the same or related lines. The material was divided into the following three groups: 1) commercial SC hybrids Blask and Grom and 7 related experimental hybrids, 2) commercial TC hybrid Wiarus and 8 related experimental hybrids, 3) commercial TC hybrid Wilga and 2 related experimental hybrids. The whole set of 21 hybrids was evaluated in 2003 and 2004 in grain trials at 3 locations. No hybrid was found to be better than the commercial hybrid Blask in the first group, but there were 3 experimental hybrids with grain yield comparable to the hybrid Grom. In the second set no significant differences among hybrids were found, although one hybrid was slightly better both in grain yield and dry matter content than the commercial hybrid Wiarus. As a modified three-way cross (MTC) it could be a handy and useful tool in seed production. In the third group neither of the single cross (SC) hybrids did exceed in yielding the commercial hybrid Wilga.

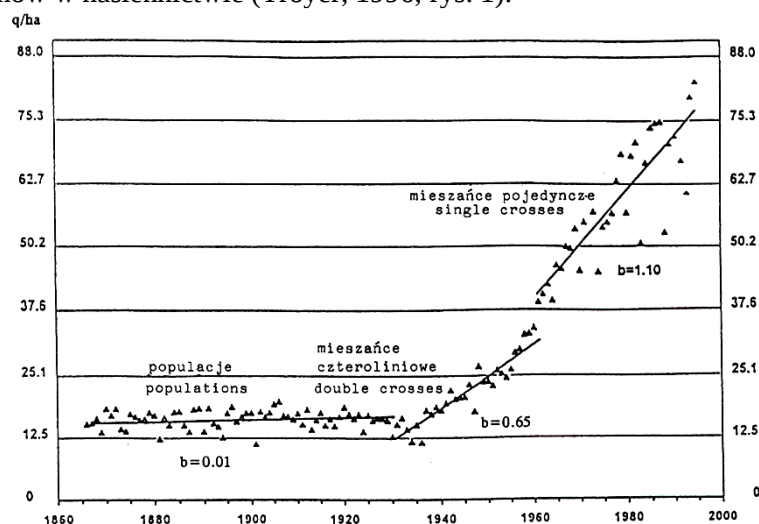
Key words: maize, inbred lines, yielding ability, hybrid types

WSTĘP

Praktyczne wykorzystanie heterozji w hodowli mieszańców kukurydzy, najpierw odmianowych a później liniowych stało się możliwe po opracowaniu i sformułowaniu naukowej koncepcji tego zjawiska przez Shulla w 1908 roku (Shull, 1908).

Opracowana na początku XX wieku koncepcja hodowli pojedynczych (SC) mieszańców liniowych utworzonych ze skrzyżowania dwóch linii wsobnych ($A \times B$) nie znalazła początkowo uznania w praktyce ze względu na wysokie koszty produkcji nasiennej. Szerokie wprowadzenie do praktyki rolniczej mieszańców liniowych było możliwe dopiero po 1918 roku, tj. po zaproponowaniu przez Jonesa technologii produkcji mieszańców czteroliniowych (DC) o formule ($A \times B / C \times D$), w których formami rodzicielskimi są mieszańce pojedyncze (Jones, 1918).

Największy średnioroczny przyrost plonu ziarna wynoszący 1,1 dt/ha przyniosło pod koniec lat 50. XX wieku w USA zastąpienie mieszańców czteroliniowych mieszańcami pojedynczymi, utworzonymi z linii wsobnych nowej generacji, które dawały gwarancję wysokich plonów w nasiennictwie (Troyer, 1996; rys. 1).



Rys. 1. Plony i typy odmian kukurydzy uprawianej w USA od wojny secesyjnej do dziś: wartość b (regresje) pokazują roczne przyrosty plonów w $\text{dt}\cdot\text{ha}^{-1}$

Fig. 1. U.S. maize yields and kinds of maize cultivars from the Civil War to the present days: b values (regressions) indicate annual gains in $\text{dt}\cdot\text{ha}^{-1}$

O ile wyższy potencjał plonowania mieszańców pojedynczych w porównaniu z czteroliniowymi został potwierdzony w Europie i w Polsce, to nie można tego odnieść także do porównania mieszańców pojedynczych z mieszańcami trójliniowymi (TC) o formule ($A \times B / C$).

W krajach europejskich aktualnie w uprawia się wiele mieszańców trójliniowych, które poziomem plonowania nie ustępują najlepszym mieszańcom pojedynczym.

W krajowym rejestrze odmian kukurydzy jest aktualnie 71 mieszańców pojedynczych (SC), 48 mieszańców trójliniowych (TC) i 3 mieszańce czteroliniowe (DC).

Poza wspomnianymi typami mieszańców można jeszcze utworzyć mieszańce o formułach zmodyfikowanych:

- pojedynczy zmodyfikowany (MSC) o formule $(A \times A^1 / B)$, gdzie formą mateczną zamiast linii „A” jest siostrzany mieszaniec „ $A \times A^1$ ”, a formą ojcowską linia „B”.
- trójliniowy zmodyfikowany (MTC) o formule $(A \times B / C \times C^1)$, gdzie formą mateczną jest mieszaniec pojedynczy „ $A \times B$ ” a formą ojcowską siostrzany mieszaniec rodzicielski „ $C \times C^1$ ”.

Zasadniczym powodem wspomnianych wyżej modyfikacji formuł jest poprawa produkcji nasiennej mieszańców poprzez zwiększenie plenności formy matecznej lub wydłużenie czasu i większą intensywność pylenia formy ojcowskiej.

Celem pracy było sprawdzenie czy formuły zarejestrowanych odmian kukurydzy: Grom, Blask, Wiarus i Wilga są optymalnymi, czy też z tych samych i blisko spokrewnionych linii wsobnych można utworzyć formuły innych bardziej plennych mieszańców.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły następujące odmiany liniowe: Blask i Grom — pojedyncze (SC) mieszańce średnio wczesne o liczbie FAO 240-250, Wiarus — wczesna odmiana trójliniowa (TC) o liczbie FAO 220, Wilga — bardzo wczesna odmiana trójliniowa o liczbie FAO 180 oraz 17 mieszańców eksperymentalnych o różnych formułach utworzonych z tych samych linii wsobnych. Z linii wsobnych S41789, S41796 i S41324A-2 tworzących formuły mieszańców Blask i Grom oraz linii S41336, blisko spokrewniona z linią S41324A-2, utworzono dodatkowo 7 możliwych mieszańców eksperymentalnych (tab. 1, mieszańce 3 do 9). Odmiany Blask i Grom oceniano w tej samej grupie, ponieważ ich linie mateczne S41796 i S41789 są ze sobą blisko spokrewnione, a formą ojcowską jest ta sama linia wsobna S41324A-2.

Z linii wsobnych S245, S330 i S41324A-2 tworzących formułę odmiany Wiarus oraz linii S41336, utworzono dodatkowo 8 możliwych mieszańców eksperymentalnych (tab. 1, mieszańce 11 do 18).

Z linii wsobnych S311, Co255 i S359 tworzących formułę odmiany Wilga utworzono dodatkowo 2 możliwe mieszańce eksperymentalne (tab. 1, mieszańce 20 i 21). Łącznie porównano plonowanie 21 mieszańców liniowych o różnych formułach.

Doświadczenie założono w 2003 i 2004 roku w trzech miejscowościach: Smolice i Łagiewniki woj. wielkopolskie oraz Kobierzyce woj. dolnośląskie (6 środowisk), metodą losowanych bloków w trzech powtórzeniach, na poletkach dwurzędkowych o powierzchni 5,0 m².

Po wschodach dokonano przerywki pozostawiając na poletku 36 roślin (Kobierzyce) i 40 roślin (Smolice i Łagiewniki). W okresie zbioru określono plon ziarna z poletka i zawartość suchej masy w ziarnie. Po przeliczeniu plonu ziarna z poletka na plon z jednostki powierzchni (t/ha) przy zawartości 15% wody, wyniki opracowano

statystycznie korzystając z pakietu statystycznego SERGEN 3 dla analizy serii doświadczeń odmianowych (Caliński i in., 1998).

WYNIKI I DYSKUSJA

Najwyższe plony ziarna (tab. 1) oraz najwyższe dodatnie oceny efektu głównego uzyskały mieszanki utworzone z linii S41796, S41789, S41324A-2 (tworzących formuły odmian Blask i Grom) oraz linii S41336 blisko spokrewnionej z linią S41324A-2. Mieszanki te uzyskały jednocześnie najniższą zawartość suchej masy w ziarnie, czyli najwyższe ujemne wartości oceny efektu głównego dla tej cechy.

Tabela 1

Wartości średnie oraz ocena efektu głównego dla plonu u ziarna i zawartości suchej masy w ziarnie w czasie zbioru

Average values and estimation of the main effect for grain yield and dry matter content in grain at harvest

Nr No	Mieszaniec Hybrid	Plon ziarna (t/ha) grain yield (t/ha)		Zawartość suchej masy (%) Dry matter content (%)	
		średnia mean	ocena efektu głównego value of the main effect	średnia mean	ocena efektu głównego value of the main effect
1	S41796*S41324A-2 = Blask	12,68	2,06*	71,19	-2,94*
2	S41789*S41324A-2 = Grom	11,90	1,28*	71,76	-2,38*
3	S41796*S41336	10,74	0,12	73,06	-1,08
4	S41789*S41336	10,81	0,19	72,51	-1,63*
5	S41796/S41336*S41324A-2	11,96	1,34*	72,98	-1,16
6	S41789/S41336*S41324A-2	11,50	0,88*	72,56	-1,58*
7	S41796*S41789/S41324A-2	11,45	0,83*	72,13	-2,01*
8	S41796*S41789/S41336	10,64	0,02	73,06	-1,08
9	S41796*S41789/S41336*S41324A-2	11,33	0,71	73,42	-0,72
10	S245*S330/S41324A-2 = Wiarus	10,79	0,17	73,22	-0,92
11	S245*S330/S41336	10,22	-0,39	73,65	-0,49
12	S245*S330/S41336*S41324A-2	11,10	0,48	73,96	-0,18
13	S245*S41324A-2	11,09	0,47	73,11	-1,03
14	S245*S41336	10,76	0,14	73,41	-0,73
15	S245/S41336*S41324A-2	10,98	0,36	74,80	0,66
16	S330*S41324A-2	10,92	0,30	73,17	-0,97
17	S330*S41336	10,39	-0,23	73,15	-0,99
18	S330/S41336*S41324A-2	10,94	0,32	74,23	0,09
19	S311*CO255/S359 = Wilga	7,79	-2,83*	80,34	6,21*
20	S311*S359	7,66	-2,96*	80,59	6,45*
21	CO255*S359	7,36	-3,26*	80,62	6,48*
Średnia — Mean		10,62		74,14	
NIR (P = 0,05) — LSD (P = 0.05)		0,77		1,36	

Formuła odmiany Blask okazała się najbardziej optymalną, a wszystkie mieszanki eksperymentalne o zbliżonych formułach plonowały istotnie niżej. W przypadku mieszańca Grom uzyskano trzy mieszanki eksperymentalne o zbliżonych formułach i nieróżniące się istotnie w poziomie plonowania (tab. 1, mieszanki 6, 7 i 9). Z tych mieszańców szczególnie interesującymi wydają się być mieszanki 7 i 9, ze względu na

możliwość wyższych plonów ich komponentu maticznego w nasiennictwie, którym jest siostrzany mieszaniec rodzicielski S41796 × S41789, a nie linia wsobna S41789 jak w przypadku odmiany Grom. Dodatkowo, mieszaniec 9 uzyskał istotnie wyższą (o 1,66%) zawartość suchej masy w ziarnie.

Uzyskane plony ziarna oraz zawartość suchej masy w ziarnie mieszańców utworzonych z linii S245, S330, S41324A-2 i S41336 (mieszaniec Wiarus i mieszańce do niego podobne) nie różniły się istotnie od siebie. Potencjalną formułą do wykorzystania mógłby być mieszaniec 12, który różni się od Wiarusa tylko tym, że formą ojcowską zamiast linii wsobnej S41324A-2 jest siostrzany mieszaniec rodzicielski S41336 × S41324A-2. Jest to, więc formuła mieszańca trójliniowego zmodyfikowanego (MTC), którego nasiennictwo byłoby łatwiejsze ze względu na bardziej obfite i dłuższe pylenie formy ojcowskiej.

W przypadku trzeciej grupy mieszańców okazało się, że możliwe do utworzenia dwa mieszańce pojedyncze (tab. 1, mieszańce 20 i 21) nie przewyższają, a nawet nieznacznie ustępują poziomem plonowania odmiany trójliniowej Wilga. Ta grupa mieszańców uzyskała najniższe plony ziarna i ujemne wartości oceny efektu głównego. Były to jednak mieszańce o najwyższej zawartości suchej masy w ziarnie, z najwyższymi dodatnimi wartościami oceny dla tej cechy.

Analiza wariancji dla plonu ziarna nie wykazała istotnego zróżnicowania dla lat, miejscowości oraz dla mieszańców (tab. 2).

Tabela 2

Analiza wariancji dla plonu ziarna badanych mieszańców
Analysis of variance for grain yield in tested hybrids

Źródło zmienności Source of variation	Stopnie swobody Degrees of freedom	Suma kwadratów Sum of squares	Średni kwadrat Mean square	Stat. F F -Stat.	Wartość kryt. F F -critical values	
					0,05	0,01
Lata Years	1	177,08	177,08	7,55	18,51	98,50
Miejsca Locations	2	179,87	89,94	3,84	19,00	99,00
Środowiska Environments	2	46,88	23,44	150,16**	3,03	4,69
Mieszaniec Genotype	20	228,99	11,45			
Mieszaniec × lata Genotype × years	20	16,15	0,81			
Mieszaniec × miejsca Genotype × locations	40	16,23	0,41			
Mieszaniec × Środowiska Genotype × Environments	40	12,29	0,31	1,97**	1,45	1,68
Regresja względem środowiska Regression on explanatory variable	20	7,02	0,35			
Odchylenie od regresji Regression deviation	20	5,27	0,26	1,69*	1,62	1,96
Błąd doświadczeń Experimental error	240		0,16			

Stwierdzono natomiast istotne zróżnicowanie dla środowisk, oraz dla współdziałania mieszańców ze środowiskami; oznacza to reakcję mieszańca na zmienne warunki środowiska. Dla dokładniejszej analizy i odrzucenia hipotezy o braku interakcji mieszańców ze środowiskiem dokonano rozbicia sumy kwadratów dla tej interakcji na dwa składniki: regresję względem środowiska i odchylenie od regresji.

Oceniając przeciętne plonowanie za pomocą wartości efektów głównych oraz odpowiednich wartości statystyki F dla efektu głównego stwierdzono (tab. 3), że w grupie mieszańców o formułach zbliżonych do odmian Blask i Grom najwyższymi istotnymi wartościami odznaczyły się odmiany: Blask, Grom, 6, 7 oraz 9.

Tabela 3

Analiza szczegółowa dla plonu ziarna — testowanie poszczególnych mieszańców i ich interakcji
In detail analysis for grain yield — testing of particular hybrids and their interaction

Nr No	Mieszaniec Hybrid	Ocena efektu głównego Value of the main effect	Stat. F dla efektu głównego F -Stat. for the main effect	Statystyka F dla interakcji z: Statistics F for interaction with:		
				rok year	miejsce location	środowiskami environments
1	S41796*S41324A-2 = Blask	2,06	42,52*	1,11	1,83	4,03*
2	S41789*S41324A-2 = Grom	1,28	18,54*	3,74	1,76	3,58*
3	S41796*S41336	0,12	1,62	7,39	0,37	0,37
4	S41789*S41336	0,19	1,12	0,19	6,17	1,31
5	S41796/S41336*S41324A-2	1,34	11,12	0,45	0,79	6,49**
6	S41789/S41336*S41324A-2	0,88	76,31*	15,61	0,46	0,41
7	S41796*S41789/S41324A-2	0,83	26,39*	7,19	0,33	1,06
8	S41796*S41789/S41336	0,02	0,01	2,81	0,35	1,32
9	S41796*S41789/S41336*S41324A-2	0,71	80,70*	9,53	1,34	0,25
10	S245*S330/S41324A-2 = Wiarus	0,17	1,11	0,49	1,79	1,05
11	S245*S330/S41336	-0,39	9,63	3,19	1,35	0,65
12	S245*S330/S41336*S41324A-2	0,48	5,16	1,17	1,98	1,80
13	S245*S41324A-2	0,47	4,84	4,48	0,31	1,85
14	S245*S41336	0,14	2,42	18,19	1,40	0,34
15	S245/S41336*S41324A-2	0,36	10,04	0,63	0,44	0,53
16	S330*S41324A-2	0,30	1,24	3,07	1,16	2,94
17	S330*S41336	-0,23	1,14	6,43	0,51	1,90
18	S330/S41336*S41324A-2	0,32	1,65	2,79	1,10	2,60
19	S311*CO255/S359 = Wilga	-2,83	88,83*	0,87	1,36	3,65*
20	S311*S359	-2,96	80,83*	2,36	0,86	4,39*
21	CO255*S359	-3,26	519,73**	4,00	3,27	0,82
Wartości krytyczne						
Critical values			18,51	18,51	19,00	3,03
F 0,05* — F 0,01 **			98,50	98,50	99,00	4,69

Z wymienionych mieszańców tylko odm. Blask i Grom oraz dodatkowo mieszaniec 5 uzyskały istotną interakcją ze środowiskiem, czyli ulegały większym wpływom warunków panujących w poszczególnych środowiskach.

Dla mieszańców zbliżonych formułą do odmiany Wiarus nie stwierdzono istotnych różnic w plonowaniu, wszystkie za wyjątkiem mieszańców 11 i 17 uzyskały dodatnie oceny efektu głównego. Nie stwierdzono również istotnej interakcji ze środowiskiem.

Z grupy mieszańców o formułach zbliżonych do mieszańca Wilga, wszystkie 3 mieszańce uzyskały dla plonu ziarna istotne, ujemne wartości statystyki F dla efektu głównego, a dla mieszańców 19 i 20 stwierdzono istotną interakcję ze środowiskiem.

WNIOSKI

1. W grupie mieszańców o formułach zbliżonych do odmiany Blask i Grom zdecydowanie najplenniejszym okazała się odmiana Blask. Na poziomie mieszańca Grom plonowały trzy mieszańce eksperymentalne o zbliżonych formułach: 6, 7 i 9. Odmiany Blask, Grom, 4, 6 i 7 uzyskały istotnie niższą zawartość suchej masy w ziarnie.
2. W grupie mieszańców zbliżonych formułą do odmiany Wiarus nie stwierdzono istotnej różnicy w plonowaniu i zawartości suchej masy w ziarnie między zarejestrowaną odmianą a utworzonymi dodatkowo ośmioma mieszańcami eksperymentalnymi. Na uwagę zasługuje mieszaniec 12, ze względu na łatwiejszą produkcję nasienną.
3. W grupie mieszańców zbliżonych formułą do odmiany Wilga nie stwierdzono istotnej różnicy w plonowaniu i zawartości suchej masy w ziarnie między zarejestrowaną odmianą trójliniową Wilga, a utworzonymi dodatkowo dwoma mieszańcami pojedynczymi.

LITERATURA

- Caliński T., Czajka S., Karczmarek Z., Krajewski P., Siatkowski I. 1998. SERGEN 3 — analiza serii doświadczeń odmianowych i genetyczno-hodowlanych. (Instrukcja użytkownika). IGR PAN Poznań.
- Jones D. F. 1918. The effects of inbreeding and cross breeding upon development. Connecticut Agric. Exp. Sta. Biul. 207: 419 — 428
- Shull G. F. 1908. The composition of a field of maize. Am. Breed. Assoc. Rep. 4: 296 — 301.
- Troyer A. F. 1996. Breeding widely adapted popular maize hybrids. Euphytica 92: 163 — 174.