

RAFAL KURIATA¹ARTUR TOPOLSKI²¹Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa, Akademia Rolnicza we Wrocławiu²Hodowla Roślin Rolniczych Nasiona Kobierzyc sp. z o.o.

Wartość hodowlana linii wsobnych kukurydzy z hodowli w Kobierzycach

Breeding value of maize inbred lines originating from the breeding in Kobierzyc

Materiał badawczy stanowiło 12 linii wsobnych krzyżowanych z czterema testerami (układ czynnikowy). Doświadczenie zostało założone metodą bloków niekompletnych w trzech powtórzeniach. W okresie wegetacji oraz po zbiorze roślin oceniono: odporność na krzewienie i porażenie głownią oraz zawartość suchej masy i plon ziarna. Stwierdzono istotność wariancji GCA i SCA dla wszystkich badanych cech, najwięcej korzystnych efektów stwierdzono u linii 1728-5. W dziedziczeniu wszystkich cech większą rolę odgrywają geny o działaniu addytywnym.

Słowa kluczowe: heterozja, kukurydza, zdolność kombinacyjna

Combining ability of forty-eight crosses obtained by crossing 12 inbred lines with four testers was investigated in 2004 using factorial design North Carolina Design II. The experiment was carried out using incomplete block design with three replications. The following traits were evaluated: resistance to tillering, resistance to infection with smut, dry matter content and grain yield. GCA and SCA variations were statistically significant for all the traits. Line 1728-5 was characterized by the greatest number of statistically significant and positive effects. The GCA values were higher than the SCA ones for all traits studied. This finding indicates the importance of additive gene action.

Key words: combining ability, heterosis, maize

WSTĘP

Obecna hodowla kukurydzy opiera się na wykorzystaniu zjawiska heterozji mieszańców linii wsobnych. W pierwszych latach dwudziestego wieku, niezależnie od siebie zapoczątkowali tę metodę dwaj Amerykanie Shull i East (Rebenbauer, 1964).

Nowoczesne rolnictwo i sektory produkcji z nim związane stawiają wysokie wymagania mieszańcom kukurydzy (Michalski, 1997). Dla uzyskania wysokoplennych mieszańców o dobrej jakości niezbędne są odpowiednio dobrane linie wsobne o dobrej, a najlepiej bardzo dobrej zdolności kombinacyjnej. Posiadanie dobrych linii wsobnych ma zasadnicze znaczenie nie tylko dla uzyskania dużego efektu heterozji w mieszańcach, ale też dla

tworzenia nowych jeszcze lepszych linii kolejnego cyklu chowu wsobnego i możliwości wyboru dobrych testerów do ich selekcji.

Mimo wielu hipotez starających się wyjaśnić heterozję (bujność pokolenia F_1), takich choćby jak hipoteza naddominacji i dominacji, zjawiska tego nie udało się wyjaśnić w zadawalający sposób. W świetle tych faktów ocena zdolności kombinacyjnej linii wsobnych i decyzja związana z doбором testerów, wyboru pokolenia do testowania i właściwą interpretacją wyników staje się jedną z ważniejszych (obok doboru i sposobu krzyżowania materiałów wyjściowych) decyzji hodowlanych.

Zdolność kombinacyjną ocenia się stosując metody doświadczalne i parametry statystyczno genetyczne (Hoffman i in., 1979). Do parametrów tych zalicza się wartość kombinacyjną ogólną (GCA) i swoistą (SCA). Ogólna wartość kombinacyjna jest to średnia wartość cechy ilościowej mieszańców, uzyskanej przez krzyżowanie badanej formy w licznych kombinacjach. Ocena dotyczy więc pojedynczej formy rodzicielskiej krzyżowanej z pewną liczbą partnerów i jest miarą średniej wartości gamet jednego z rodziców, siły ich addytywnego oddziaływania. Addytywne działanie genów ma charakter ustalony i stanowi o genetycznym uwarunkowaniu cechy. Im wyższa jest część addytywna wariancji, tym wyższa jest wariancja GCA.

Swoista wartość kombinacyjna wyraża różnicę pomiędzy przewidywaną ogólną wartością kombinacyjną a rzeczywistą wartością określonej kombinacji krzyżówkowej. Odnosi się, więc do pojedynczych kombinacji krzyżówkowych, których wartość może być niższa lub wyższa od ogólnej wartości kombinacyjnej i jest częścią nieaddytywnej siły działania genów (Ubysz-Borucka i in., 1985; Griffing, 1956). Składniki wariancji nieaddytywnej (SCA), dominacji i interakcji (epistazy) są wysoce niestabilne. Wielkość stosunku ilorazu GCA do SCA daje możliwość oceny sposobu działania genów warunkujących daną cechę (Lipińska, 1985).

Układ czynnikowy pozwala na obliczenie zarówno GCA, jak i SCA. Ocena GCA pozwala na wybór linii o dobrej zdolności przekazywania najkorzystniejszych cech potomstwu i w efekcie rezygnację z krzyżowań z liniami słabymi. Ocena SCA ma znaczenie dla hodowli odmian mieszańcowych, ponieważ pozwala na znalezienie najlepszych kombinacji, w których jest łączona wysoka zdolność GCA i SCA.

Celem pracy była ocena zdolności kombinacyjnych linii wsobnych kukurydzy znajdujących się w kolekcji roboczej Hodowli Roślin Rolniczych Nasiona Kobierzyc i ustalenie sposobu działania genów warunkujących niektóre podstawowe cechy użytkowe.

MATERIAŁ I METODY

Przedmiotem analiz było 48 mieszańców, uzyskanych w wyniku krzyżowania 12 linii wsobnych (S5) z 4 testerami w układzie czynnikowym (North Carolina II Design). Wśród linii matecznych było 5 form kukurydzy zębokształtnej (dent), 3 formy kukurydzy szklistej (flint) i 4 formy pośrednie (semident). Wśród użytych testerów (2 linie i 2 SC): K202 × K208 i S245 to formy dent; K186 × K194 i S41324A2 to formy flint. Linie użyte jako testery to jedne z czołowych linii z hodowli w Smolicach i Kobierzycach. Badane linie

mateczne zostały uzyskane z 4 SC, 4 mieszańców i 1 syntetyka. Linie te przeszły wcześniej selekcję fenotypową i na poziomie S3, S4 testowanie na GCA z 2 testerami SC.

W 2004 roku założono w HRR Nasiona Kobierzyc w Kobierzycach doświadczenie metodą bloków niekompletnych w trzech powtórzeniach na czarnej ziemi. Zmianowanie na polu doświadczalnym obejmuje trzy rośliny w następstwie: kukurydza, pszenica jara, bobik. Nasiona do siewu zaprawiono mieszaniną zaprawy Vitawax i Gaucho. Przed siewem zastosowano nawożenie mineralne: N-140 kg/ha, P₂O₅-84 kg/ha, K₂O-128 kg/ha i w celu zwalczania chwastów oprysk Primextra Gold + Gesaprim 90 WP w dawce 3,0 l + 0,3 kg/ha. Siew punktowy został przeprowadzony 22 kwietnia na poletkach 2-rzędkowych o powierzchni 5 m² w rozstawie rzędów 75 cm. Połowę (50%) wschodów obserwowano 4 maja, a 19 czerwca dokonano przerywki do obsady 18 roślin i rozstawy 18,6 cm w rzędzie.

W czasie wegetacji roślin przeprowadzono oprócz obserwacji wschodów następujące obserwacje: liczba roślin na poletku, liczba roślin porażonych przez głównię guzową (*Ustilago maidis*), odporność na krzewienie roślin (w skali 9°). Po mechanicznym zbiorze oznaczono procent zawartości suchej masy i obliczono plon ziarna przy wilgotności 15%.

Podczas sezonu wegetacyjnego w maju i czerwcu zanotowano dłuższe okresy niskich temperatur, co z pewnością miało wpływ na wydłużenie wegetacji i obniżenie plonu w stosunku do lat ubiegłych (2002–2003) bardzo korzystnych dla kukurydzy.

Korzystając z programu Explan przeprowadzono analizę wariancji cech ilościowych, następnie wykorzystując średnie oszacowano ogólną i swoistą zdolność kombinacyjną. W celu sprawdzenia hipotez zerowych mówiących o zerowych efektach GCA linii i testerów oraz zerowych efektach SCA badanych mieszańców zastosowano statystykę F.

Opierając się na wartościach średnich kwadratów GCA i SCA określono sposoby działania genów.

WYNIKI

Przeprowadzona analiza wariancji pozwoliła stwierdzić istotność efektów ogólnej i swoistej zdolności kombinacyjnej dla wszystkich badanych cech (tab. 1).

Tabela 1

Średnie kwadraty zmienności badanych cech
Mean squares of variability for investigated traits

Źródło zmienności Variability	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Średni kwadrat — Mean square			
		plon ziarna grain yield	zawartość suchej masy dry matter content	odporność na krzewienie tillering resistance	porażenie głównią smutted plants
GCA linii GCA of lines	11	5,75**	19,41**	19,37**	387,10**
GCA testerów GCA of testers	3	20,46**	131,54**	58,55**	138,18*
SCA mieszańców SCA of hybrids	33	1,86**	2,47**	4,79**	71,0**
Błąd — Error	91	0,58	0,97	2,18	35,69

* Istotność na poziomie $\alpha = 0,05$; Significant at $\alpha = 0,05$

** Istotność na poziomie $\alpha = 0,01$; Significant at $\alpha = 0,01$

Podobne wyniki dla plonu ziarna, zawartości suchej masy i porażenia głownią uzyskali Kadłubiec i wsp. (2000) oraz Kuriata i wsp. (2003), dla plonu ziarna Mostafa i wsp. (1996), a dla zawartości suchej masy Zieger (1987).

Istotnie dodatnimi efektami dla plonu ziarna charakteryzują się cztery linie: 1693-4, 1706-26, 1728-5 i 1741-8, trzy inne linie charakteryzuje również efekt istotny, jest to jednak efekt ujemny. U czterech spośród badanych linii matecznych stwierdzono dla zawartości suchej masy istotnie dodatnie efekty GCA: 1700-1, 1728-5, 1736-3 i 1747-42, linie te w swoim potomstwie zwiększają na korzyść wartość tej cechy. U trzech innych linii wykazano również istotność efektów, jednak przyjmowały one ujemne wartości. Charakterystyczną rzeczą jest, że linie o dodatnich efektach GCA dla plonu wykazują jednocześnie ujemny efekt GCA dla zawartości suchej masy w ziarnie i odwrotnie, jedynie linia 1728-5 posiada oba te efekty dodatnie. W przypadku odporności na krzewienie przeprowadzona analiza pozwoliła stwierdzić istotność dodatnich efektów GCA dla czterech linii są to: 1653-379, 1728-5, 1736-3 i 1747-42. Wśród badanych linii matecznych trzy linie (1653-379, 1693-4 i 1749-34) charakteryzuje istotnie ujemny efekt ogólnej zdolności kombinacyjnej dla porażenia głownią. Oznacza to, że ich potomstwo powinno charakteryzować się większą odpornością na porażenie przez głownię, natomiast trzy linie o dodatnim efekcie GCA wywierają ujemny wpływ na wartość cechy w swoim potomstwie. Wśród badanych linii największą liczbę korzystnych efektów posiada linia 1728-5, u której stwierdzono dodatni efekt ogólnej zdolności kombinacyjnej dla plonu ziarna, zawartości suchej masy oraz dla odporności na krzewienie. Na uwagę zasługuje też linia 1693-4, która przy dodatnim efekcie GCA dla plonu ziarna nie powoduje ujemnego efektu dla suchej masy, a przy tym zachowuje korzystny ujemny efekt dla porażenia głownią (tab. 2).

Tabela 2

Efekty ogólnej zdolności kombinacyjnej linii matecznych
Effects of general combining ability of mother lines

Linie Lines	Plon ziarna Grain yield	Zawartość suchej masy Dry matter content	Odporność na krzewienie Tillering resistance	Porażenie głownią Smutted plants
1653-379	0,35	0,00	0,90*	-6,50**
1673-5	-0,01	0,27	0,42	-2,41
1693-4	0,80**	0,29	-1,46**	-5,29**
1700-1	-0,32	0,87**	0,65	2,14
1706-26	0,62**	-1,66**	-1,26**	-1,98
1728-5	0,62**	0,72*	0,96*	4,55*
1728-6	-0,66**	0,16	0,66	6,84**
1736-3	-0,08	0,86**	1,41**	14,08**
1741-5	-0,45*	-0,26	-0,78	-3,07
1741-8	0,92**	-2,04**	-0,35	-3,07
1747-42	-1,71**	2,63**	1,52**	0,3
1749-34	-0,08	-1,84**	-2,67**	-5,59**

* Istotność na poziomie $\alpha = 0,05$; Significant at $\alpha = 0.05$

** Istotność na poziomie $\alpha = 0,01$; Significant at $\alpha = 0.01$

Wykazano w przypadku wszystkich testerów istotność efektów GCA dla plonu ziarna, jednak tylko dwa, tj. S41324A-2 i S245 charakteryzuje efekt dodatni. Dla zawartości suchej masy dwa testery charakteryzują się dodatnimi efektami ogólnej zdolności kombinacyjnej (S41324A-2 i K202 × K208). Linia S41324A-2 cechuje się dodatnim efektem zarówno dla plonu ziarna jak i zawartości suchej masy. Korzystne, istotnie dodatnie efekty GCA dla odporności na krzewienie stwierdzono w przypadku dwu testerów tj. S245 i K186 × K194. Dla porażenia przez głownię jedynie linia S41324A-2 charakteryzuje się korzystnym, istotnie ujemnym efektem GCA (tab. 3).

Wśród 48 badanych mieszańców stwierdzono istotność efektów SCA w przypadku plonu ziarna dla 13 kombinacji linii rodzicielskich, z których 7 charakteryzuje się dodatnim efektem. Ocena efektów SCA dla zawartości suchej masy wykazała ich istotność u 11 badanych kombinacji linii rodzicielskich, z których sześć wyróżnia się efektem dodatnim. Analizując odporność na krzewienie stwierdzono, że siedem badanych mieszańców charakteryzuje efekt istotny, natomiast korzystny dodatni przejawia pięć spośród nich. Trzy spośród badanych mieszańców charakteryzuje się korzystnym, istotnie ujemnym efektem SCA dla porażenia przez głownię (tab. 4).

Tabela 3

Efekty ogólnej zdolności kombinacyjnej testerów
Effects of general combining ability of testers

Tester	Plon ziarna Grain yield	Zawartość suchej masy Dry matter content	Odporność na krzewienie Tillering resistance	Porażenie głownią Smutted plants
S41324A-2	0,80**	1,03**	-1,52**	-2,88**
K186 × K194	-0,39**	-2,70**	0,92**	1,79*
S245	0,49**	-0,05	1,26**	0,89
K202 × K208	-0,90**	1,72**	-0,66**	0,21

* Istotność na poziomie $\alpha = 0,05$; Significant at $\alpha = 0.05$

** Istotność na poziomie $\alpha = 0,01$; Significant at $\alpha = 0.01$

Tabela 4

Efekty swoistej zdolności kombinacyjnej mieszańców
Effects of specific combining ability of hybrids

Mieszaniec Hybrid	Plon ziarna Grain yield	Zawartość suchej masy Dry matter content	Odporność na krzewienie Tillering resistance	Porażenie głownią Smutted plants
1	2	3	4	5
1653-379 × S41324A2	-0,27	-0,28	0,43	2,82
1653-379 × K186*K194	-0,99*	1,03*	-0,82	-3,35
1653-379 × S245	0,42	-0,76	-1,00	-1,10
1653-379 × K202*K208	0,84*	0,00	1,39	1,64
1673-5 × S41324A2	-0,04	0,06	-0,56	0,41
1673-5 × K186*K194	0,68*	-0,12	0,35	-1,79
1673-5 × S245	-0,16	-1,02*	-0,78	4,15
1673-5 × K202*K208	-0,49	1,08*	0,99	-2,77
1693-4 × S41324A2	-0,42	-0,07	-0,52	-0,15
1693-4 × K186*K194	0,10	-0,07	1,74*	-2,64

c.d. Tabela 4

1	2	3	4	5
1693-4 × S245	0,10	0,48	1,65*	-1,26
1693-4 × K202*K208	0,22	-0,34	-2,78**	4,05
1700-1 × S41324A2	0,33	-0,41	-0,20	-0,47
1700-1 × K186*K194	1,07**	-0,30	0,47	-2,18
1700-1 × S245	-0,39	0,90	-0,73	2,79
1700-1 × K202*K208	-1,01**	-0,19	0,46	-0,15
1706-26 × S41324A2	0,05	0,09	-0,33	-3,38
1706-26 × K186*K194	-0,88*	-0,06	0,65	3,12
1706-26 × S245	0,10	0,14	0,55	-1,31
1706-26 × K202*K208	0,74	-0,18	-0,88	1,58
1728-5 × S41324A2	0,71	0,81	0,96	-5,72
1728-5 × K186*K194	0,57	-1,74**	-0,73	10,15**
1728-5 × S245	-1,36**	1,26*	-0,55	-2,70
1728-5 × K202*K208	0,07	-0,33	0,32	-1,73
1728-6 × S41324A2	1,08**	-1,78**	0,27	-3,52
1728-6 × K186*K194	0,09	-0,14	-0,40	4,14
1728-6 × S245	-0,03	1,66**	-0,56	2,88
1728-6 × K202*K208	-1,14**	0,26	0,68	-3,51
1736-3 × S41324A2	-1,58**	0,34	1,81*	7,29*
1736-3 × K186*K194	0,32	0,18	-0,82	-0,75
1736-3 × S245	1,76**	-1,16*	-1,07	-5,13
1736-3 × K202*K208	-0,50	0,64	0,08	-1,41
1741-5 × S41324A2	-0,13	-0,50	-1,69*	0,34
1741-5 × K186*K194	-0,18	0,61	1,09	-6,69*
1741-5 × S245	-0,11	0,28	0,41	-2,84
1741-5 × K202*K208	0,42	-0,40	0,19	9,19**
1741-8 × S41324A2	-0,39	0,13	-2,03**	5,51
1741-8 × K186*K194	-0,47	0,48	1,10	-7,86*
1741-8 × S245	0,62	-0,55	1,08	2,91
1741-8 × K202*K208	0,25	-0,06	-0,15	-0,55
1747-42 × S41324A2	0,13	0,03	1,69*	-3,89
1747-42 × K186*K194	-0,18	-0,77	-1,18	11,49**
1747-42 × S245	0,26	-0,71	-1,39	-0,22
1747-42 × K202*K208	-0,20	1,45**	0,88	-7,37*
1749-34 × S41324A2	0,53	1,56**	0,15	0,76
1749-34 × K186*K194	-0,13	0,90	-1,45	-3,64
1749-34 × S245	-1,20**	-0,53	2,40**	1,84
1749-34 × K202*K208	0,80*	-1,9**	-1,09	1,04

* Istotność na poziomie $\alpha = 0,05$; Significant at $\alpha = 0.05$ ** Istotność na poziomie $\alpha = 0,01$; Significant at $\alpha = 0.01$

Wszystkie ilorazy średnich kwadratów GCA i SCA były większe od 1, co świadczy o przewadze genów o działaniu addytywnym nad nieaddytywnymi w dziedziczeniu badanych cech, co potwierdzają badania innych autorów (Kadłubiec i in., 2000).

WNIOSKI

1. Stwierdzono istotność wariancji GCA i SCA dla wszystkich analizowanych cech.
2. Linia 1728-5 charakteryzuje się dodatnim efektem GCA dla plonu ziarna, suchej masy, jak też dla odporności na krzewienie.

3. Przewaga addytywnego działania genów determinuje wszystkie analizowane cechy.

LITERATURA

- Griffing B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. Austr. J. Biological Sci. 9: 463 — 492.
- Hoffman W., Mudra A., Plarre W. 1979. Szczegółowa hodowla roślin. PWRiL, Warszawa.
- Kadłubiec W., Karwowska C., Kurczyk Z., Kuriata R., Wilczowska-Kurczyk S. 2000. Zdolność kombinacyjna linii wsobnych kukurudzy. Biul. IHAR 216: 371 — 377.
- Kuriata R., Kadłubiec W., Adamczyk J., Cygiert H. 2003. Analiza dialleliczna mieszańców pojedynczych kukurudzy. Biul. IHAR 230: 417 — 422.
- Lipińska J. 1985. Ogólna i swoista zdolność kombinacyjna w hodowli roślin. Biul. IHAR 156: 91 — 101.
- Michalski T. 1997. Kukurydza jako surowiec dla przemysłu. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 450: 201 — 217.
- Mostafa M. A. N., Al. Aziz A.A.A, Mahgoub G. M. A., El Sherbiney H. Y. S. 1996. Diallel analyses of grain yield and natural resistance to late wilt disease in newly developed inbred lines of maize. Bulletin of Faculty of Agriculture, University of Cairo. 47 (3): 393 — 403.
- Ruebenbauer T. 1964. Kukurydza. PWRiL, Warszawa.
- Ubysz-Borucka L., Mądry W., Muszyński W. 1985. Podstawy statystyczne genetyki cech ilościowych w hodowli roślin. Wydawn. SGGW-AR, Warszawa.
- Zieger G. 1987. Results obtained from maize crossing series (*Zea mays* L.) with consequences for breeding. II. Assessment of variances components from tester crosses. Archiv für Züchtungsforchung 17 (6): 381 — 386.