

SYLWIA LEWANDOWSKA
RAFAŁ KURIATA
WŁADYSŁAW KADŁUBIEC

Katedra Genetyki, Hodowli Roślin i Nasiennictwa
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Morfologiczne i genetyczne zróżnicowanie linii wsobnych kukurydzy

Morphological and genetic diversity of maize inbred lines

Doświadczenie założono w latach 2004–2006 na polu doświadczalnym Hodowli Roślin Rolniczych „Nasiona Kobierzyc” w Kobierzycach (obecnie Oddział Nasiona Kobierzyc Małopolskiej Hodowli Roślin — HBP Spółka z o.o.). Ziarno wysiano punktowo na poletkach dwurzędowych o powierzchni 5 m² w rozstawie rzędów 75 cm. Docelowa liczba roślin na poletkach wynosiła po 36 roślin, co dało obsadę 7,19 roślin na 1 m². Badano 20 linii wsobnych kukurydzy (15 linii o ziarnie zębokształtnym oraz pięć linii o ziarnie szklistym). Na podstawie udostępnionych informacji można stwierdzić, iż linie charakteryzowały się bardzo zróżnicowanym pochodzeniem. Doświadczenie zostało założone metodą losowanych bloków w trzech powtórzeniach. W okresie wegetacji roślin, po okresie kwitnienia, wykonano na dziesięciu losowo wybranych roślinach z każdego poletka pomiary wysokości roślin i osadzenia pierwszej kolby. Określono liczbę roślin porażonych przez głównię guzowatą oraz liczbę krzewiących się roślin. Przed zbiorem pobrano losowo z każdego poletka po pięć kolb, na których po wysuszeniu wykonano następujące pomiary: długości i grubości kolby, liczby rzędów ziaren z kolby, masy kolby i ziarna z kolby oraz liczby ziaren z kolby. Po zbiorze określono procentową zawartość suchej masy w ziarnie oraz obliczono plon ziarna z hektara w t/ha przy 15% wilgotności ziarna. Obliczenia statystyczne przeprowadzono na wartościach średnich z każdego poletka. Z wykonanej analizy wariancji wybranych cech linii wsobnych kukurydzy wynika, że w latach większość cech różniła się istotnie, za wyjątkiem długości kolby, liczby rzędów ziaren, krzewienia roślin i porażenia głównią. Linie różnie reagowały na zmienne warunki pogodowe dla większości cech. Jedynie pod względem wysokości roślin, długości kolby, masy ziarna z kolby, liczby ziaren z kolby i krzewienia roślin były stabilne w latach. Spośród wszystkich badanych linii, linia K233 przewyższa wartość linii wzorcowej pod względem długości kolby, grubości kolby, liczby rzędów ziaren, masy kolby, masy ziarna z kolby, liczby ziaren, zawartości suchej masy i plonu. Linia ta wykazuje jednak skłonność do porażenia głównią. Wpływ genotypu na fenotyp wykazano dla wysokości roślin (75%), u pozostałych cech udział genotypu w zmienności fenotypowej był niski i wynosił od 11 do 65%.

Słowa kluczowe: cechy morfologiczne, kukurydza, linie wsobne, zróżnicowanie genetyczne

The diversity of morphological and genetic characters of 20 maize inbred lines was studied. The experiment involving 20 inbred lines (15 dent and 5 flint lines) was established during years 2004–2006 in the experimental field in Kobierzycze. The experiment was carried out using randomized complete block design with tree replications. Each experiment unit consisted of two rows spaced 75 cm

apart. The following characters were analyzed: plant height, ear height, ear length, ear diameter, number of grain rows, ear mass, grain weight/ear, number of grains/ear, plant tillering, smut infection, dry matter content and grain yield. On the basis of available information it might be concluded that the lines were of different origin. Statistical calculations were carried out on the average values of each plot. Variance analysis showed that characters of maize inbred lines in years were different significantly, except the ear length, number of grain rows, plant tillering, and smut infection. Inbred lines responded differently to changing weather conditions for most traits. The lines were stable in years just for the following characteristics: ear height, ear length, grain mass, number of grain rows, and plant tillering. Of all the studied lines, K233 exceeded the standard line (F₂) in terms of ear length, ear diameter, number of grain rows, ear mass, grain weight/ear, number of grains/ear, dry matter content, and grain yield. However, this line shows a tendency to smut infection.

Key words: genetic diversity, inbred lines, maize, morphological features

WSTĘP

Powszechnie wiadomo, że o sukcesie hodowlanym wszystkich gatunków roślin, nie tylko kukurydzy, decyduje dostęp do materiałów wyjściowych o możliwie dużej różnorodności genetycznej. Stąd, istotnym elementem każdego programu hodowlanego jest nieustanne poszukiwanie i tworzenie innowacyjnych materiałów wyjściowych. Warto podkreślić, iż wspomniany materiał wyjściowy ma ogromny wpływ na końcowy efekt obranego przez hodowcę programu hodowlanego (Adamczyk, 2001). Olbrzymie tempo rozwoju hodowlanego, którego efektem są coraz to większe oczekiwania stawiane przed nowymi mieszańcami, powoduje nieustanne poszukiwania nowych linii w potomstwie. Jednakże uzyskanie zestawu wartościowych linii wsobnych nie jest łatwe, gdyż corocznie na świecie inicjuje się hodowlę milionów linii, zaś tylko nieliczne z nich wchodzi do formuł mieszańców (Adamczyk, 1998). W rezultacie uzyskane linie wsobne powinny charakteryzować się dobrym wyrównaniem, wysokim stopniem homozygotyczności, silnym i zdrowym fenotypem, obfitym wytwarzaniem pyłku, dobrą zdolnością kombinacyjną (Allard, 1968; Kadłubiec i in., 2000). Z pewnością odpowiednio wartościowy materiał wyjściowy będący w posiadaniu firm hodowlanych daje szansę wyhodowania „dobrej” odmiany (Bujak i in., 2007). Jedynie czasochłonny i długotrwały proces hodowlany daje możliwość uzyskania wartościowych materiałów wyjściowych, które z czasem dają szansę wyhodowania dobrej, wartościowej odmiany.

Celem badań była ocena morfologicznego i genetycznego zróżnicowania linii wsobnych kukurydzy znajdujących się w kolekcji roboczej Małopolskiej Hodowli Roślin — HBP sp. z o. o. oddział Nasiona Kobierzyc.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiło 20 linii wsobnych wybranych z kolekcji linii wsobnych firmy Małopolska Hodowla Roślin — HPB Spółka z o.o., 19 z nich to elitarne linie wsobne, które zostały wyhodowane w Kobierzycach, natomiast kolejna linia F₂, stanowiąca wzorzec w doświadczeniu, jest linią otrzymaną w Państwowym Instytucie Badań Rolniczych (INRA) we Francji ze szklistej populacji Lacaune. Spośród badanych 20 linii, 15 z nich to linie o ziarnie zębokształtnym typu dent (K112, K224, K231, K233, K247,

K254, K285, K299, K324, K334, K335, K352, K354, K369, K370), pozostałych pięć to linie o ziarnie szklistym typu flint (K154, K296, K376, K382, F₂). Nasiona do siewu pochodziły z zapyleń wsobnych wykonanych w roku poprzedzającym założenie doświadczenia. Na podstawie udostępnionych informacji z firmy hodowlano-nasiennej „Nasiona Kobierzyc” można stwierdzić, iż badane linie charakteryzowały się bardzo zróżnicowanym pochodzeniem. Linie wyprowadzono z testera amerykańskiego, francuskiego, niemieckiego, węgierskiego oraz mieszańców międzyliniowych. Należy podkreślić fakt, że badane linie nie były ze sobą spokrewnione.

Doświadczenia przeprowadzone w latach 2004–2006, założono metodą losowanych bloków na polach hodowlanych firmy Hodowla Roślin Rolniczych — Nasiona Kobierzyc Sp. z o.o., obecnie Małopolska Hodowla Roślin — Hodowla Buraka Pastewnego Sp. z o.o. Oddział Nasiona Kobierzyc. Doświadczenia polowe zostały założone na glebie kompleksu pszennego bardzo dobrego, gleba ciężka o pH 7,7, przedplonem był bobik. Nie stosowano nawożenia organicznego. Gleba, na której założono doświadczenie to czarne ziemie właściwe, rodzaj — gleby ilaste. Zarówno w roku 2005 i 2006 przeprowadzono powszechnie przyjęte zabiegi uprawowe. Przed uprawami wiosennymi wysiano polifoskę i mocznik. Nawozy fosforowe i potasowe stosowano jesienią. W obu latach zastosowano nawożenie mineralne w dawkach: N — 140 kg·ha⁻¹, P₂O₅ — 80 kg·ha⁻¹, K₂O — 120 kg·ha⁻¹. Chwasty zwalczano chemicznie stosując, w latach 2005 i 2006, dwukrotny oprysk. Przed wschodami zastosowano mieszankę dwóch środków: Primextra Gold 720FS w ilościach 3 l/ha i Gesaprim 90WP w ilościach 0,3 kg/ha. Po wschodach wykonano oprysk herbicydem Callisto w dawce 1,0 l/ha. Materiał nasienny wysiano w Kobierzycach na poletkach dwurzędowych o powierzchni 5 m² w rozstawie rzędów 75 cm. Docelowa liczba roślin na poletkach wynosiła po 36 roślin, co dało obsadę wynoszącą 7,19 roślin na 1 m². W okresie wegetacji roślin, po okresie kwitnienia, wykonano na dziesięciu losowo wybranych roślinach z każdego poletka pomiary wysokości roślin i osadzenia pierwszej kolby. Określono liczbę roślin porażonych przez głównię guzowatą oraz liczbę krzewiących się roślin. Przed zbiorem pobrano losowo z każdego poletka po pięć kolb, na których po wysuszeniu wykonano następujące pomiary: długości i grubości kolby, liczby rzędów ziaren z kolby, masy kolby i ziarna z kolby oraz liczba ziaren z kolby. Po zbiorze określono procentową zawartość suchej masy w ziarnie oraz obliczono plon ziarna z hektara w t/ha przy 15% wilgotności ziarna. Obliczenia statystyczne przeprowadzono na wartościach średnich z każdego poletka. Do analizy statystyczno-genetycznej wykorzystano program CROPSTAT 7.2. Wykonano analizę wariancji dwunastu cech linii wsobnych kukurydzy metodą losowanych bloków.

WYNIKI I DYSKUSJA

Warunki klimatyczne były dość korzystne dla prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin. Przebieg temperatur w całym okresie wegetacyjnym charakteryzował się niewielkimi, dodatnimi odchyleniami w porównaniu do średniej z wielolecia z lat 1970–2000. Jedyne gorący lipiec 2006 roku oraz bardzo nieznaczne opady w tym miesiącu, mogły w

niewielkim stopniu niekorzystnie wpłynąć na rośliny. Znacznie cieplejszy od przeciętnych, wrzesień i październik mógł spowodować nieco szybsze dojrzewanie ziarna.

Wysokość roślin, wraz z ocenianą równocześnie wysokością osadzenia pierwszej kolby lub stosunkiem obu cech, to ważna cecha identyfikacyjna. Wysokość jest cechą kompleksową, która zależnie od genotypu i warunków środowiska (m.in. zaopatrzenia roślin w substancje pokarmowe i wodę, rozstawy roślin, temperatury, a zwłaszcza długości dnia) może wahać się od ok. 0,5 m u niektórych mutantów karłowatych do 7–8 metrów u późnych odmian (11 miesięczny okres wegetacji) rosnących w tropikach przy długim dniu. Wyniki wielu badań dowodzą, że wysokość roślin kukurydzy oraz wysokość osadzenia (pierwszej) kolby to cechy o stosunkowo wysokiej odziedziczalności (zwykle >0,70), (Troyer i Larkins, 1985; Troyer, 1990; Zsubori i in., 2002).

Analiza wariancji wykazała istotne zróżnicowanie linii wsobnych pod względem większości badanych cech, tj.: wysokości roślin, wysokości osadzenia pierwszej kolby, grubości kolby, masy kolby, masy ziarna z kolby, liczby ziaren z kolby, porażenia głownią, zawartości suchej masy i plonu. Nie stwierdzono istotnej interakcji linii ze środowiskami dla wysokości roślin, długości kolby, masy ziarna z kolby, liczby ziaren z kolby i krzewienia roślin, co świadczy o tym, że badane linie zachowywały się podobnie w latach.

Z kolei w latach większość cech różniła się istotnie, z wyjątkiem długości kolby, liczby rzędów ziaren, krzewienia roślin i porażenia głownią (tab. 1).

Tabela 1

Średnie kwadraty zmienności badanych cech linii wsobnych kukurydzy
Mean squares of variability of investigated traits of inbred lines

Źródło Zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody Df	Wysokość roślin Plant height	Wysokość osadzenia 1 kolby Ear height	Długość kolby Ear length	Grubość kolby Ear diameter	Liczba rzędów ziaren No of rows of grains	Masa Kolby Ear mass	Masa ziarna z kolby Grain weight/ear	Liczba ziaren z kolby No of grains/ear	Krzewienie roślin Tillering	Porażenie głownią Smut infection	Zawartość suchej masy Dry matter content	Plon Grain yield
Lata Years	1	1428,99*	1854,18*	8,58	0,91*	3,40	658,94*	680,21*	34802,5*	1,41	8,00	46,01*	11,01*
Lata × bloki Years × blocks	4	329,78	79,19	7,26	0,25	0,72	68,83	3,69	16034,2	1,38	21,31	4,41	0,66
Linie wsobne Inbred line	19	1109,09*	394,29*	5,92	0,13*	8,21	696,96*	473,99*	10667,9*	7,74	66,01*	57,87*	3,77*
Linie wsobne × lata Inbred line × years	19	229,07	163,21*	3,44	0,74*	2,74*	295,38*	167,41	6425,45	4,48	59,83*	24,29*	3,39*
Błąd Error	76	150,27	86,23	5,36	0,28	2,21	167,94	174,87	4755,75	7,24	24,64	6,86	0,46

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

Długość kolby, dla której z przeprowadzonej analizy wariancji wykazano brak istotnego różnicowania, a także nie stwierdzono istotnej interakcji linii wsobnych ze środowiskami, jest jedną z cech struktury plonu decydującą w dużym stopniu o jego wielkości. Stwierdzono dodatnią korelację plonu z długością kolby (Królikowski, 1975; Tyagi i in., 1988), a jej zależność od wysokości roślin, liczby liści na roślinie (Tyagi i in., 1988). Z tabeli 2, średnich wartości i genetycznego różnicowania badanych cech linii wsobnych kukurydzy wynika, iż linia K233 przewyższa wartość linii wzorcowej F2 pod względem długości kolby, grubości kolby, liczby rzędów ziaren, masy kolby, masy ziarna z kolby, liczby ziaren, zawartości suchej masy i plonu. Jej mankamentem jest jednak skłonność do porażenia głownią (tab. 2).

Tabela 2
Średnie wartości i współczynnik genetycznego różnicowania badanych cech linii wsobnych kukurydzy
Average values and heritability coefficient of examined features

Linia ♀, ♂ Line	Wysokość roślin (cm) Plant height	Wysokość osadzenia 1 kolby (cm) Ear height	Długość kolby (cm) Ear length	Grubość kolby (cm) Ear diameter	Liczba rzędów ziaren (szt.) No of rows of grains	Masa kolby (g) Ear mass	Masa ziarna z kolby (g) Grain weight/ ear	Liczba ziaren z kolby (szt.) No of grains/ ear	Krzewie- nie roślin (%) Tillering	Poraże- nie głownią (%) Smut infection	Zawar- tość suchej masy (%) Dry master content	Plon (t/ha) Grain yield
K112	171,1	58,50	12,00	3,78	13,93	77,66	63,58	349,9	0	3,00	75,73	3,10
K154	201,75	66,33	13,70	3,83	12,27	73,50	54,87	236,0	0,50	1,00	76,68	3,37
K224	160,58	50,86	15,28	4,00	15,67	85,59	69,62	356,6	0	3,83	73,33	4,79
K231	170,87	55,82	13,23	3,71	13,53	78,94	64,65	328,1	0	7,50	77,15	4,20
K233	170,00	53,33	15,82	3,98	12,37	97,15	80,38	294,9	1,33	14,17	80,68	4,04
K247	172,35	62,28	15,02	3,93	13,80	102,6	74,35	371,9	0,0	-0,28	75,95	4,59
K254	168,48	65,02	12,85	3,53	12,27	66,45	57,40	278,4	0,50	4,66	75,72	2,35
K285	179,73	61,53	12,93	3,68	12,93	81,06	61,20	288,3	3,33	2,50	80,10	3,43
K296	174,83	52,85	15,42	3,80	13,80	91,25	75,72	311,1	1,00	10,17	77,75	4,33
K299	192,07	56,88	13,55	3,87	13,00	90,29	70,05	338,8	1,00	3,50	70,55	3,84
K324	180,82	64,03	14,88	3,88	14,40	91,93	76,07	359,8	0,50	5,16	74,07	3,21
K335	182,27	56,43	13,90	3,71	14,00	79,79	64,80	331,7	2,00	2,00	77,33	3,30
K344	171,83	56,56	13,90	3,60	12,53	80,82	62,95	308,2	2,83	1,00	69,52	4,46
K352	165,62	51,20	13,53	3,78	12,60	87,16	69,43	313,8	0,50	2,33	70,88	4,97
K354	164,17	58,41	13,53	3,87	13,67	95,07	77,75	402,8	3,67	2,83	77,67	4,33
K369	194,63	80,86	14,12	3,68	13,60	84,96	68,97	294,5	1,50	2,00	75,95	3,57
K370	162,05	61,78	12,63	3,90	14,60	73,92	58,30	308,9	0	3,33	79,48	2,14
K376	187,02	65,42	13,63	3,98	15,93	91,01	70,08	312,8	0,50	3,67	77,27	3,54
K382	140,92	40,48	13,27	3,67	14,40	73,82	58,00	324,2	1,00	4,33	79,40	2,95
F ₂	178,57	63,66	13,65	3,51	11,27	58,68	44,52	227,7	0	5,50	77,07	2,78
NIR	19,78	15,27	3,76	0,19	1,71	21,07	15,21	79,29	4,37	5,71	3,01	0,78
h ²	75%	61%	40%	11%	64%	60%	58%	48%	39%	43%	65%	49%

Z kolei wysoki wpływ genotypu na fenotyp wykazano dla wysokości roślin (75%), u pozostałych cech udział genotypu w zmienności fenotypowej wynosił od 11 do 65% (tab. 2).

WNIOSKI

1. Większość badanych cech z wykorzystaniem analizy wariancji różniła się istotnie w latach, z wyjątkiem długości kolby, liczby rzędów ziaren, krzewienia roślin i porażenia głownią.
2. Badane linie, poza długością kolby, liczbą rzędów ziaren i krzewieniem, były istotnie zróżnicowane pod względem badanych cech.
3. Linie różnie reagowały na zmienne warunki pogodowe. Cechami stabilnymi w latach były wysokość roślin, długość kolby, masa ziarna z kolby, liczba ziaren z kolby i krzewienie roślin.
4. Linia K233 należy do linii, na którą hodowcy powinni zwrócić szczególną uwagę, przewyższa ona wartość linii wzorcowej pod względem długości kolby, grubości kolby, liczby rzędów ziaren, masy kolby, masy ziarna z kolby, liczby ziaren, zawartości suchej masy i plonu. Jej mankamentem jest jednak skłonność do porażenia głownią.
5. Stwierdzono duży wpływ genotypu na wysokość roślin (75%), dla pozostałych cech udział genotypu w zmienności fenotypowej wynosił od 11% do 65%.

LITERATURA

- Adamczyk J. 1998. Przegląd metod hodowli kukurydzy i ich przydatność w praktyce. Biul. IHAR 208, 123 — 130.
- Adamczyk J. 2001. Wprowadzenie do krajowych materiałów hodowlanych plazmy zarodkowej kukurydzy północnoamerykańskiej (*Zea mays L.*). Monografie i Rozprawy Naukowe IHAR 13: 1 — 52.
- Allard R. W. 1968. Podstawy hodowli roślin. PWRiL, Warszawa.
- Bujak H., Kaczmarek J., Jedyński S., Dmochowska-Huba K., Topolski A. 2007. Zmienność cech morfologicznych linii wsobnych kukurydzy. Zesz. Probl. Post. Nauk. Roln. 517: 205 — 213.
- Kadłubiec W., Karwowska C., Kurczych Z., Kuriata R., 2000. Zdolność kombinacyjna linii wsobnych kukurydzy. Biul. IHAR 216: 371 — 378.
- Królikowski Z. 1975. Dziedziczenie cech ilościowych na podstawie diallelicznych krzyżowań. Hod. Rośl. Aklim. Nasien. 9 (3): 187 — 221.
- Troyer F.A. 1990. A retrospective view of corn genetic resources. Journal of Heredity 81: 17 — 24.
- Troyer F. A., Larkins J. R. 1985. Selection for early flowering in corn: 10 late synthetics. Crop Sci. 25: 695 — 697.
- Tyagi A. P., Pokhariyal G. P., Odongo O. M. 1988. Correlation and path coefficient analysis for yield components and maturity traits in maize (*Zea mays L.*). Maydica 33: 109 — 119.
- Zsubori Z., Gyenes-Hegyí Z., Illés O., Pók I., Rác F., Szőke C. 2002. Inheritance of plant and ear height in maize (*Zea mays L.*). Acta Agraria Debreceniensis 2002/08: 3 — 8.