

FRI-8.303b-1-AMT&ASVM-02

INVESTIGATION OF THE EXPRESSION OF HETEROSIS AND DEGREES OF DOMINANCE IN TEST CROSSES OF F1 MAIZE FOR THE TRAITS: GRAIN LENGTH, LENGTH AND WIDTH ON THE EAR LEAF²

Assist. Prof. Lyubomir Ivanov, PhD

Institute of Agriculture and Seed Science

“Obraztsov chiflik” - Ruse

Agricultural Academy - Sofia

Phone: 089 331 7059

E-mail: nslivanov@abv.bg

Abstract: Heterosis represents a major biological mechanism in increasing the productive potential of maize, having a significant impact on economically important traits such as grain yield and its related components. Extensive studies on heterosis have played a critical role in breeding programs by advancing the understanding of trait inheritance patterns in modern maize hybrids. The present study aimed to evaluate the heterosis and degree of dominance in F1 hybrids for key morphological traits, particularly grain length and pinnate leaf dimensions. Experimental trials were conducted from 2020 to 2022 using a randomized block design under non-irrigated conditions. The results showed significant phenotypic variability due to agro-climatic factors during the study period. Positive heterosis was mostly observed for leaf traits in most hybrids, while grain length showed a tendency towards negative heterosis. The findings highlight the need for continued research into genotype-environment interactions, which are vital for optimizing breeding strategies. Among the hybrids tested, AML 70 x 26 A and ABL 120 x 26 A were identified as the most promising for leaf length, while ACL 124 x 26 A and BGL 144 x 26 A showed good results for leaf width. Line 26 A demonstrated high stability in terms of the grain length trait, highlighting its potential as a parental line for future hybrid development.

Key words maize test crosses, inbred lines, degrees of dominance, BPH (best parent heterosis).

ВЪВЕДЕНИЕ

Хетерозисът е едно от най-важните биологични явления с практическо значение за царевичата. Стопанският ефект от него, като проява се изразява най-силно чрез признаците добив зърно и елементите му (Petrovska, 2006). Той е важен и за други признаци на царевичното растение по отношение на селекционната работа. Неговото изучаване и задълбочено изследване е обект на селекцията при царевичата и неразделна част от всяка селекционна програма при тази култура. (Dimova, et al., 2014; Ivanov and Dimova, 2015); Ivanov and Valchinkov, 2015; Petrovska and Dimova, 2010).

Постъпването на нова информация относно проучванията за хетерозиса е съществена част от процеса на изучаване наследяването на признаците и при новосъздадените съвременни хибриди царевича (Vulchinkova and Vulchinkov, 2013). Хетерозисните прояви, отнасящи се особено до количествени признаци, свързани косвено или директно с продуктивността и добива, са от голямо значение за моделирането на този феномен в различни програми за селекция, включително и при хибриди от различни групи на зрялост (Sprague, 1983; Chalyk, 1987; Valkova, 2013; Vulchinkova and Vulchinkov, 2013 Vulchinkov and Vulchinkova, 2018).

Извършени са проучвания, отнасящи се до наследяване на признаци, характеризиращи продуктивността и добива на съвременни продуктивни хибриди царевича (Petrovska, 2006 и Valkova, 2013). При разкриване тенденциите в наследяването на съществени за селекционната работа признаци, възниква въпросът за индивидуалната реакция на отделните генотипове към промяната на условията на средата.

² Докладът е представен на Научната сесия на Секция „Земеделска техника и технологии, Аграрни науки и ветеринарна медицина“ на 25 Октомври 2024 г. с оригинално заглавие на български език: ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПРОЯВИТЕ НА ХЕТЕРОЗИС И СТЕПЕНИТЕ НА ДОМИНИРАНЕ ПРИ ТЕСТКРОСИ НА ЦАРЕВИЦА F1 ПО ПРИЗНАЦИТЕ: ДЪЛЖИНА НА ЗЪРНОТО, ДЪЛЖИНА И ШИРИНА НА ПРИКОЧАННИЯ ЛИСТ.

Целта на това изследване е да се анализират проявите на хетерозис и степента на доминиране в F₁ поколение за признаците дължина на зърното, дължина и ширина на прикочанния лист при експериментални хибридни кръстоски. Резултатите от този анализ допринасят за усъвършенстване на селекционната работа и предоставят по-добра основа за включването на царевичните хибриди и техните родителски линии в различни селекционни програми.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Изпитването на линиите и експерименталните хибриди е извършено през 2020-2022 години. Кръстоските са заложени в ПСО (предварителен сортов опит) по блоков метод в три повторения (Shanin, 1977 и Dimova and Marinkov 1999), с големина на парцелката 10 m² при гъстота 5000 растения / da⁻¹.

Успоредно с тях, на същата гъстота и със същата големина на парцелката са изпитани и проучени предварително размножените в селекционно поле родителски компоненти, при условия без напояване в опитното поле на ИЗС Образцов Чифлик Русе.

Проучени са хибридните кръстоски: ABL 120 x 26 A, ACL 124 x 26 A, BGL 144 x 26 A, AML 70 x 26 A и AML 22 x 26 A, както и майчините им линии ABL 120, ACL 124, BGL 144, AML 70 и AML 22 - (P₁) и бащината 26A - (P₂) при гъстота на отглеждане 5000 растения./ da⁻¹. Определени и анализирани са средните стойности, проявите на хетерозис и степента на доминиране в F₁ на признаците: дължина на зърното, дължина и ширина на прикочанния лист. Хетерозисът е определен по (Omarov, 1975), Използването на метода на Romero and Fray за определяне на степента на доминиране в F₁ позволява оценка на преобладаващите генни действия при наследяването на проучения признак и връзката му с проявите на хетерозис. (Romero and Fray, 1973).

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Получените резултати и изчислените средни стойности за проучените признаци – дължина на зърното, дължина и ширина на прикочанния лист при експерименталните хибриди и техните родителски линии – са представени в Таблица 1. Анализът на данните по години показва значителна вариабилност на изследваните показатели, обусловена от различните агроклиматични условия през годините на изследването.

Относно дължината на зърното, се установява, че най-високите стойности са регистрирани през 2021 г. при всички хибриди, което предполага по-благоприятни условия за проява на този морфологичен признак през тази година. Важно е да се отбележи, че при родителската линия 26 A се наблюдава относителна стабилност на стойностите за дължината на зърното през 2020 и 2021 г., което показва генетична устойчивост на тази линия към промените в условията на средата.

При анализа на дължината на прикочанния лист се установява, че най-високи средни стойности са отчетени през 2021 г., както при хибридите, така и при родителските линии, което отново подчертава влиянието на агроклиматичните фактори през тази година. За разлика от това, ширината на прикочанния лист показва максимални стойности през 2022 г. при всички генотипове, което предполага, че тази година е била по-благоприятна за развитието на този признак. Тези резултати ясно демонстрират значимостта на климатичните условия върху развитието на морфологичните признаци при царевичните хибриди и родителските им компоненти. Изразената вариабилност в различни години подчертава необходимостта от такива проучвания с цел по-добро разбиране на взаимодействието между генотип и среда.

Таблица 1. Средни стойности на признаците на проучените хибриди царевица и родителските им компоненти.

Признаци Генотипове	Дължина на зърното, mm			Дължина на прикочанния лист, cm			Ширина на прикочанния лист, cm		
	Години			Години			Години		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022	2020	2021	2022
ABL 120 – (P ₁)	9,2	11,6	7,6	67,1	83,3	78,7	9,2	10,5	11,9
26 A – (P ₂)	11,7	12,6	8,6	74,7	90,9	86,3	8,9	10,2	11,7
ABL 120 x 26 A-(F ₁)	8,8	9,7	8,4	87,5	98,1	89,9	10,3	11,5	12,0
ACL 124 – (P ₁)	9,0	11,4	7,4	64,4	80,6	76,0	9,6	10,9	12,4
26 A – (P ₂)	11,7	12,6	8,6	74,7	90,9	86,3	8,9	10,2	11,7
ACL 124 x 26 A -(F ₁)	8,0	10,0	7,3	85,9	95,3	89,4	10,7	12,0	13,1
BGL 144 – (P ₁)	8,6	9,3	6,9	52,2	68,4	63,8	7,5	8,8	10,3
26 A – (P ₂)	11,7	12,6	8,6	44,7	90,9	86,3	8,9	10,2	11,7
BGL 144 x 26 A -(F ₁)	9,0	9,2	6,8	75,2	88,9	79,1	9,7	10,3	11,7
AML 70 – (P ₁)	10,1	11,4	9,1	81,3	98,5	90,9	12,0	12,3	13,8
26 A – (P ₂)	11,7	12,6	8,6	74,7	90,9	86,3	8,9	10,2	11,7
AML 70 x 26 A -(F ₁)	10,0	11,4	9,5	93,8	96,2	90,2	11,2	11,9	12,8
AML 22 – (P ₁)	10,2	10,7	9,5	69,6	75,8	71,2	9,0	10,3	11,8
26 A – (P ₂)	11,7	12,6	8,6	74,7	90,9	86,3	8,9	10,2	11,7
AML 22 x 26 A -(F ₁)	9,3	9,9	9,0	77,0	80,8	84,0	10,0	10,8	12,2

Резултатите за проявите на хетерозис, свързани с проучените признаци, са представени в таблица 2. Те показват разнообразие в проявите на хипотетичен и истински хетерозис в зависимост от годината и хибрида. По отношение на признака дължина на зърното, данните показват отрицателен истински хетерозис при всички проучвани тесткриси. Средните стойности за периода варират от AML 70 x 26 A -7.1% до -21.3% при ACL 124 x 26 A. Тези резултати може да се обяснят с близката генетична основа между родителските линии, което ограничава възможността за положителен хетерозисен ефект при този признак.

При признака дължина на прикочанния лист, повечето хибриди демонстрират положителен истински хетерозис, с изключение на хибрида AML 22 x 26 A, при който се наблюдава отрицателен хетерозис през всичките години на проучването. Най-високи средни стойности на истински хетерозис за периода показват хибридите ABL 120 x 26 A (6.9%); (AML 70 x 26 A (6,6) и ACL 124 x 26 A (5.8%).

При признака ширина на прикочанния лист, също се наблюдава положителен хетерозис при повечето хибриди. Сред най-високите стойности са тези на хибридите ACL 124 x 26 A (7.7%); AML 22 x 26 A и BGL 144 x 26 A с по (6.1%). Изключение прави хибрида AML 70 x 26 A, който показва отрицателен истински хетерозис (-11.4%) за ширината на прикочанния лист, което е най-слабо представяне сред всички хибриди.

Данните за степента на доминиране в F₁ сочат, че хетерозисът при признаците дължина на прикочанния лист и ширина на прикочанния лист за повечето хибриди се дължи на положително свръхдоминиране, като степените на доминиране са по-високи от 1 (табл. 3). Изключение прави кръстоската AML 70 x 26 A при признака ширина на прикочанния лист, където степента на доминиране е близо до 0 (0.02), което показва междинно наследяване и съответства на проявения слаб истински хетерозис.

Таблица 2. Хетерозис (хипотетичен и истински) на изследваните признаци по години и средно.

Хибриди	2020		2021		2022		Средно	
	Хипотетичен хетерозис, %	Истински хетерозис, %	Хипотетичен хетерозис, %	Истински хетерозис, %	Хипотетичен хетерозис, %	Истински хетерозис, %	Хипотетичен хетерозис, %	Истински хетерозис, %
Дължина на зърното, mm								
ABL 120 x 26 A	-15.8	-24.8	4.2	-2.6	3.7	-2.3	-2.6	-9.9
ACL 124 x 26 A	-22.7	-31.6	-10.0	-17.1	-8.8	-15.1	-13.8	-21.3
BGL 144 x 26 A	-11.3	-23.1	-6.2	-10.5	-12.3	-20.9	-9.9	-18.2
AML 70 x 26 A	-8.3	-14.5	-8.3	-11.1	7.3	4.4	-3.1	-7.1
AML 22 x 26 A	-15.1	-20.5	-6.4	-15.8	-0.6	-5.3	-7.4	-13.9
Дължина на прикочанния лист, cm								
ABL 120 x 26 A	23.4	17.1	10.2	4.7	9.0	4.2	13.2	6.9
ACL 124 x 26 A	23.5	15.0	11.6	4.1	10.2	3.6	14.1	5.8
BGL 144 x 26 A	18.5	0.7	12.9	3.7	5.4	-8.3	11.2	-2.9
AML 70 x 26 A	20.3	15.4	9.5	5.2	1.8	-0.8	9.7	6.6
AML 22 x 26 A	6.7	3.1	7.6	-3.0	6.7	-2.7	2.2	-2.5
Ширина на прикочанния лист, cm								
ABL 120 x 26 A	13.8	12.0	1.9	0.9	1.7	0.8	5.8	4.6
ACL 124 x 26 A	15.7	11.5	9.5	6.1	8.7	5.6	11.3	7.7
BGL 144 x 26 A	18.3	9.0	11.4	9.3	6.4	0.0	12.0	6.1
AML 70 x 26 A	7.2	-6.7	-7.5	-20.3	0.4	-7.2	0.0	-11.4
AML 22 x 26 A	11.7	11.1	4.2	3.7	3.8	3.4	6.6	6.1

При признака дължина на зърното, данните за степента на доминиране показват отрицателно свръхдоминиране при всички кръстоски, което кореспондира с отрицателния истински хетерозис, наблюдаван при тези хибриди. Това е особено изразено при хибридите ACL 124 x 26 A (-1.36) и BGL 144 x 26 A (-1.05), където стойностите на доминиране са отрицателни през целия период на изследване.

Влиянието на агроклиматичните условия върху степента на хетерозис е ясно изразено, но не променя посоката на проявите при изследваните признаци. Това подсказва стабилност в генетичната основа на доминирането, независимо от климатичните промени.

От селекционна гледна точка, кръстоските AML 70 x 26 A и ABL 120 x 26 A показват най-добри резултати по отношение на дължината на прикочанния лист, докато за ширина на прикочанния лист най-подходящи са ACL 124 x 26 A, AML 70 x 26 A и BGL 144 x 26 A. Линия AML 70 може да се използва като донор и за двата признака, докато за дължина на зърното най-устойчив донор е линия 26 A, която показва най-високи и стабилни стойности.

Таблица 3 Доминиране в F1 на изследваните признаци по години и средно.

Хибриди	2020	2021	2022	Средно
	Доминиране в F1			
Дължина на зърното, mm				
ABL 120 x 26 A	-1.32	0.60	0.60	-0.04
ACL 124 x 26 A	-1.74	-1.17	-1.17	-1.36
BGL 144 x 26 A	-0.74	-1.29	-1.12	-1.05
AML 70 x 26 A	-1.13	-2.60	2.60	-0.38
AML 22 x 26 A	-2.20	-0.58	-0.11	-0.96
Дължина на прикочанния лист,cm				
ABL 120 x 26 A	4.37	1.95	1.95	2.76
ACL 124 x 26 A	3.17	1.60	1.60	2.12

BGL 144 x 26 A	1.04	1.45	0.36	0.95
AML 70 x 26 A	4.79	2.30	0.70	2.60
AML 22 x 26 A	1.90	0.70	0.70	1.10
Ширина на прикочанния лист, cm				
ABL 120 x 26 A	8.33	2.00	2.00	4.11
ACL 124 x 26 A	4.14	3.00	3.00	3.38
BGL 144 x 26 A	2.14	6.00	1.00	3.05
AML 70 x 26 A	0.48	-0.46	0.05	0.02
AML 22 x 26 A	21.00	9.00	9.00	13.00

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резултатите от изследването показват, че агроклиматичните условия имат значително влияние върху морфологичните характеристики на царевичните хибриди, като вариационността на признаците като дължина на зърното и размери на прикочанния лист се променя през различни години. Най-високи стойности за дължина на зърното са отчетени през 2021 г., което предполага благоприятни условия, но въпреки това, при всички хибриди е наблюдаван предимно отрицателен истински хетерозис поради генетичната близост на родителските линии. Положителен истински хетерозис е регистриран при дължината и ширината на прикочанния лист, като хибридите ABL 120 x 26 A и ACL 124 x 26 A са с най-високи стойности за дължина, а ACL 124 x 26 A и BGL 144 x 26 A – за ширина. В същото време, хибридите AML 70 x 26 A се откроява с отрицателен истински хетерозис за ширината на прикочанния лист, показвайки най-слаби резултати за този признак. Въз основа на резултатите, хибридите AML 70 x 26 A и ABL 120 x 26 A се считат за подходящи за селекционни програми по отношение на дължината на прикочанния лист, а AML 70 x 26 A и BGL 144 x 26 A – за ширината му, докато линия 26 A демонстрира най-голяма стабилност и устойчивост по отношение на дължината на зърното.

REFERENCES

- Chalyk S. (1987). "On some patterns of manifestation of heterosis in corn hybrids." *Agricultural biology*, №5, 30-33. (**Оригинално заглавие:** Чалык С. (1987). „О некоторых закономерностях проявления гетерозиса у гибридов кукурузы“. *Сельскохозяйственная биология*, №5, 30-33).
- Dimova, D. & Marinkov. E. (1999). *Experimental work and biometrics*. Academic publishing house of HIA, Plovdiv. (**Оригинално заглавие:** Димова, Д. & Маринков. Е. (1999). *Опитно дело и биометрия*. Академично издателство на ВСИ, Пловдив).
- Dimova, D., Petrovska, N. & Ivanov, L., (2014). Use of recurrent selection of early flowering in the late maize synthetic population. *Crop Sciences*, 51(2-3), 108-112.
- Ivanov, L., & Dimova, D., (2015). Breeding characteristics of topcross maize hybrids with paternal line 26A, by the methods of cluster analysis and component analysis. *Agrarian Sciences*, 7(17), 37-42. (**Оригинално заглавие:** Иванов, Л., & Димова, Д., (2015). *Селекционна характеристика на топкрос хибриди царевица с бащина линия 26А чрез методите клъстерен анализ и анализ на компонентите*. *Аграрни науки*, 7(17), 37-42).
- Ivanov, L., & Valchinkov, S., (2015). Breeding assessment of topcross maize hybrids with 139 96B paternal line, via the methods of cluster analysis and analysis of the components, *Proceedings of the Union of Scientists - Ruse*, 3(7), 43-48. (**Оригинално заглавие:** Иванов, Л., & Вълчинков, Ст., (2015). *Селекционна оценка на топкрос хибриди царевица с бащина линия 139 96В, чрез методите клъстерен анализ и анализ на компонентите*. *Известия на Съюза на учените - Русе*, 3(7), 43-48).
- Omarov, F. (1975). *Agricultural Biology*, 10, 1, 123-127. (**Оригинално заглавие:** Омаров, Ф. (1975). *Сельскохозяй. Биология*, 10, 1, 123-127).

Petrovska, N., 2006. Study and Improvement of Initial Material for Maize Breeding. PhD Thesis. Maize Research Institute – Knezha (**Оригинално заглавие:** *Проучване и подобряване на изходен материал за селекция на царевицата, Дисертация за придобиване на образователна и научна степен “Доктор”*).

Petrovska, N., & Dimova, D., (2010). Analysis and valuation of synthetic maize populations, derived from different cycles of recurrent selection. Plant Science, (6), 503-507. (**Оригинално заглавие:** *Петровска, Н., & Димова, Д. (2010). Анализ и оценка на синтетични популации царевица, произлезли от различни цикли на рекурентна селекция. Растениевъдни науки, (6), 503–507*).

Petrovska, N., & Dimova, D., (2012). Analysis and valuation of maize inbred lines of different maturity groups. Agricultural Sciences, IV(11), 125-129. (**Оригинално заглавие:** *Петровска, Н., & Димова, Д. (2010). Анализ и оценка на самоопрашени линии царевица от различни групи на зрялост. Аграрни науки, IV(11), 125 –129*).

Petrovska, N., & Valkova, V., (2014) Application of periodic selection in medium-early synthetic maize population. I. Results of the First Cycle in Synthetics “1/2003”. Plant Science, 60(1), 71-74.

Romero, E. & Fray, K. (1973). Crop. Sci, 13, 331-337

Shanin, Y., (1977). Methodology of field trial. Sofia: Bulgarian Academy of Science. (**Оригинално заглавие:** *Шанин, Й. (1977). Методика на полския опит. София: Издателство на БАН*).

Sprague, F. (1983) "Heterosis in maize: theory and practice." Heterosis: Reappraisal of theory and practice. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Valkova, V., 2013. Heterosis Manifestation of the Grain Yield and the Elements of the Crops for Maize Hybrids from Different Groups of Maturity. Plant Science, 50 (3), 36-40

Vulchinkov, St., & Vulchinkova, P. (2018). Breeding progress achieved of Bulgarian maize hybrids from different vegetation groups II. Grain moisture at harvest, Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 21(1), 117-127.

Vulchinkova, P. & Vulchinkov, St, (2013). Heterosis and Degrees of Dominance in F1 of Traits, Characterizing New Maize Hybrids. Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 16 (5), 1263-1275.

БЛАГОДАРНОСТИ

Докладът отразява резултати от работата по проект № 24-ФАИ-01, финансиран от фонд „Научни изследвания“ на Русенския университет.