

<https://doi.org/10.61308/RGYI5658>

Наследяване на количествени признаци и биометрични показатели при хибрид Кнежа 560. III. Обща височина на растенията, височина до залагане на основния кочан, брой листа, площ на прикочанния лист

Валентина Вълкова

Институт по царевицата – Кнежа, 5835, Селскостопанска Академия, София

E-mail: valkova_valentina@abv.bg

Валентина Вълкова ORCID: 0000-0002-0809-8677

Резюме: Експериментът е заложен в Опитното поле на Институт по царевицата – Кнежа през периода 2017-2019 година, съобразно утвърдената агротехника за региона. Изведен е по блоков метод, в две повторения, при две гъстоти на посева – оптимална (5500 p/da) и завишена (7000 p/da) и условия без напояване. Анализирани са моделите на унаследяване на количествените признаци и биометричните показатели, свързани с продуктивността, при високодобивния средно късен хибрид Кнежа 560 и неговите филиални генерации. Основната цел на проучването е да се оценят и анализират преобладаващите генни действия и взаимодействия, които определят наследяването на количествените характеристики при царевицата, както и тяхната връзка с проявите на хетерозис и генни влияния. Резултатите показват изразен хетерозисен ефект в първото хибридно поколение (F1), последвано от депресия в F2. Въпреки, че стойностите варират при различните условия на средата, посоката на проявление остава непроменена. В процеса на унаследяването на признаците най-съществено влияние има свръхдоминирането. Доминантните генни ефекти играят водеща роля при формирането на признаците обща височина на растенията, височина до залагане на кочана и площ на прикочанния лист, като тяхното действие е насочено към усиляване на тези характеристики. Наследяването на броя на листата се определя от сложен генетичен контрол и зависи до голяма степен от условията на средата. Получените резултати разширяват селекционната оценка на хибрид Кнежа 560, като въз основа на анализа са направени конкретни препоръки за включването на изследваните материали в ефективни селекционни програми.

Ключови думи: царевица; филиални генерации; хетерозис; степени на доминиране; генни ефекти

Inheritance of quantitative traits and biometrical indexes of Kneja 560 hybrid. III. Overall height of the plants, height of the ear location, number of leafs and ear leaf area

Valentina Valkova

Maize Research Institute – Knezha, 5835, Agricultural Academy, Sofia

E-mail: valkova_valentina@abv.bg

Valentina Valkova ORCID: 0000-0002-0809-8677

Citation: Valkova, V. (2025). Inheritance of quantitative traits and biometrical indexes of Kneja 560 hybrid. III. Overall height of the plants, height of the ear location, number of leafs and ear leaf area. *Bulgarian Journal of Crop Science*, 62(5) 11-17 (Bg).

Abstract: The experiment was conducted at the Experimental Field of the Maize Institute – Kneja during the period 2017-2019, in accordance with the established agronomic practices for the region. It was carried out using a block method with two replications, at two planting densities – optimal (5500 plants/da) and increased (7000

plants/da) and under non-irrigated conditions. The inheritance patterns of the quantitative traits and biometric indicators related to productivity were analyzed in the high-yield medium-late hybrid Kneja 560 and its filial generations. The main objective of the study was to evaluate and analyze the predominant genetic actions and interactions that determine the inheritance of quantitative traits in maize, as well as their relationship with heterosis manifestations and genetic influences. The results show a pronounced heterosis effect in the first hybrid generation (F1), followed by depression in F2. Although the values vary under different environmental conditions, the direction of manifestation remains unchanged. In the process of inheritance of the traits, the most significant influence comes from overdominance. Dominant genetic effects play a leading role in the formation of traits such as the total plant height, height to the ear insertion, and the area of the flag leaf, with their action aimed at enhancing these characteristics. The inheritance of the number of leaves is determined by complex genetic control and is largely dependent on environmental conditions.

The obtained results expand the selection assessment of the Kneja 560 hybrid, and based on the analysis, specific recommendations have been made for including the studied materials in effective breeding programs.

Keywords: maize; filial generations; heterosis; degrees of dominance; genetic effects

ВЪВЕДЕНИЕ

Аграрният сектор с царевично зърно в България се развива в динамична среда, която е адаптирана към изискванията на Европейския съюз, конкуренцията на чуждестранни фирми на зърнения пазар и променящите се климатични условия по време на вегетацията на растенията. Земеделската практика показва, че царевичните хибриди достигат своя пълен потенциал в региони с климат, който съвпада с условията, за които са създадени и райониранни (Suprunov, 2009; Petrovska et al., 2017; Song et al., 2019). Отглеждането им в райони с различни климатични условия носи риск от неосъществяване на продуктивния им потенциал, което може да повлияе негативно на величината на добива. Това поставя пред селекционерите сериозна задача – създаване на нови хибриди с по-висок добив, устойчиви на абиотични и биотични стресови фактори, ефективно използващи вода, с подобро качество на зърното, бързо освобождаващи влага в зърното при прибиране, с по-кратък вегетационен период, с цел по-ранно освобождаване на площите, висок жътвен индекс и по-добра адаптивност към климатичните промени.

За да бъде селекционният процес по-ефективен при създаването на нови хибриди, е необходимо да се включат изследвани изходни

материали, притежаващи важни стопански характеристики. Важно е също да се изясни механизъмът на наследяване на тези признаци и да се разберат генетичните ефекти, които участват във формирането и изразяването им (Valkova and Petrovska, 2016; Petrovska et al., 2017).

Хибриден Кнежа 560 е нов, високодобивен представител на средно късната царевична група по зрялост. Утвърден е и вписан в списъка на Официалната сортова листа на България със заповед на МЗХ № РД 12-4/13.06.2017 г. и е награден със Златен медал за своето представяне на десетото национално изложение „Изобретения, Трансфер, Иновации – ИТИ 2017“ (Valkova and Petrovska, 2018, 2020).

Целта на изследването е да се оцени какви генни действия и взаимодействия са налице при наследяване на количествени признаци в новосъздадения хибрид Кнежа 560, както и да се установи връзката между тези признаци и проявите на хетерозис. Проучването ще допринесе за обогатяване на селекционната оценка на хибрида, а също така ще разшири разбирането за хетерозиса като основен метод в царевичната селекция.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Изследването е проведено на експерименталното поле на Институт по царевицата – Кне-

жа в периода 2017-2019 г. Включеният в изпитванията средно късен хибрид Кн 560, създаден в Института по царевицата – Кнежа, е изпитан заедно със своите филиални генерации. Хибрида представлява простолинеен тип, създаден чрез метода на междудулиейната хибридизация, а семепроизводството му се извежда на фертилна основа. Признат е официално през 2017 г., с издаден сертификат № 11153/30.10.2018, и е вписан в Сортовата листа на Република България. За високата си продуктивност и добрите си агрономически показатели, Кн 560 е отличен със Златен медал по време на X-то национално изложение „Изобретения, Трансфер, Иновации – ИТИ 2017“, организирано от Съюза на изобретателите в България.

През първата година в селекционното поле на Института под изолатор са получени и размножени родителските форми на хибрид Кн 560 - майчината (P_1) и бащината (P_2) форми, както и първото му поколение – простолинейния хибрид (F_1). През втората година са създадени втората хибридна генерация (F_2) и беккросното поколение към майчината форма (BCP_1) и бекроса към бащиния компонент (BCP_2).

През 2019 година всички филиални генерации са изпитани в рандомизирани полски експерименти, провеждани по блоков метод, в две повторения. Опитните парцелки са с площ от 10 m², като са приложени стандартни агро-технически практики за региона при условия без напояване. Опитите са заложени при две гъстоти на посева – 5500 p/da и 7000 p/da.

Биометричните измервания на стъблото и кочана са направени върху 20 растения за P_1 , P_2 и F_1 , а за F_2 , BCP_1 и BCP_2 – по 60 растения от всяко повторение. Площта на прикочанния лист е определена по методика на Shopova and Yordanov (1990).

Получените резултати са подложени на генетичен анализ за изчисляване на истинския и хипотетичен хетерозис в F_1 , както и на инбредна депресия в F_2 (Omarov, 1975). Степени на доминиране в F_1 са определени по методика на Romero and Frey (1973). Проучен е относителният принос на генните ефекти при наследяване на признаците по методика на

Gamble (1962 a, b), а унаследяването в широк смисъл (H^2) е анализирано по Genchev et al. (1975).

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Настоящата статия е част от серия публикации, изготвени въз основа на резултатите от проведеното проучване. Резултатите от това проучване са публикувани и в две други научни статии (Valkova and Petrovska, 2021, 2022).

Данните представени в Таблица 1 показват средните стойности на изследваните биометрични показатели на родителските линии (P_1 и P_2) и хибридните поколения F_1 , F_2 , BCP_1 и BCP_2 на средно късния хибрид Кнежа 560. Експериментите са поведени при две различни гъстоти на посева – оптимална за развитието на растенията (5500 p/da) и увеличена – 7000 p/da. Всяка промяна в гъстотата на посева влияе на микроклимата, в който растенията се развиват, без това да променя останалия комплекс от условия на средата. Този експериментален подход позволява в рамките на една стопанска година да се анализира както генетичния контрол на признаците, така и влиянието на различните условия на отглеждане върху генетичните параметри.

Таблица 2 представя резултатите от оценката на хетерозиса в F_1 , инбредната депресия в F_2 , степените на доминиране в F_1 и F_2 (h_1 и h_2) и коефициентът на наследяване в широк смисъл H^2 . Хетерозисът е определен по Omarov (1975) в две направления – генетично (хипотетичен) и генетико – селекционно (истински).

Резултатите от анализа на генните ефекти, свързани с наследяването на проучваните признаци за хибрид Кнежа 560 са представени в Таблица 3. В изследването са отчетени – адитивни (a), доминантни (d) и епистатни генни ефекти, като последните включват адитивни x адитивни (aa), адитивни x доминантни (ad) и доминиантни x доминантни (dd) взаимодействия.

Таблица 1. Средни стойности за признаците обща височина на растенията, височина до основния кочан, брой листа и площ на прикочанния лист при хибрид Кнежа 560**Table 1.** Mean values of the traits overall height of the plants, height of the ear location, number of leafs and ear leaf area of hybrid Kneja 560

Признаци / Traits	Гъстота на посева (p/da) / Plant density (p/da)	Популации / Populations					
		P1	P2	F1	F2	BCP1	BCP2
Обща височина на растенията (cm) / Overall height of the plants (cm)	5500	204.20 (±4.6)	192.80 (±4.4)	285.80 (±5.6)	243.50 (±8.6)	255.90 (±5.5)	254.40 (±6.0)
	7000	182.90 (±11.0)	189.20 (±6.1)	281.55 (±6.2)	249.92 (±7.2)	251.47 (±6.2)	250.67 (±6.1)
Височина до основния кочан (cm) / Height of the ear location (cm)	5500	61.90 (±18.7)	84.50 (±9.4)	124.55 (±7.4)	108.75 (±13.7)	107.33 (±10.5)	109.05 (±9.9)
	7000	77.75 (±11.7)	82.30 (±10.1)	132.05 (±6.3)	107.47 (±14.3)	100.85 (±13.1)	104.63 (±11.9)
Брой листа / Number of leafs	5500	10.00 (±0.0)	11.95 (±8.8)	13.90 (±11.9)	13.53 (±27.6)	12.83 (±9.2)	13.07 (±8.3)
	7000	11.70 (±10.0)	12.25 (±5.9)	13.75 (±4.6)	13.40 (±28.0)	12.35 (±7.6)	13.00 (±8.5)
Площ на прикочанния лист (cm ²) / Ear leaf area (cm ²)	5500	425.83 (±26.6)	470.70 (±26.1)	692.96 (±25.1)	645.05 (±10.6)	604.79 (±13.1)	632.47 (±12.8)
	7000	443.71 (±9.0)	523.09 (±9.5)	752.70 (±5.0)	621.73 (±12.7)	615.78 (±12.2)	632.99 (±13.0)

Таблица 2. Хетерозис, инбредна депресия и доминиране в F1 и F2 за признаците дължина на кочана, брой на редовете в кочана и брой зърна в ред при хибрид Кнежа 560**Table 2.** Heterosis effect, inbreeding depression and dominance in F1 and F2 for the traits height of the plants, height of the ear location, number of leafs and ear leaf area of hybrid Kneja 560

Признаци / Traits	Гъстота на посева / (p/da) / Plant density (p/da)	Хетерозис в F1 (%) / Heterosis effect in F1 (%)		Инбредна депресия в F2 (%) / Inbreeding depression in F2 (%)	Степени на доминиране / Degrees of dominance		Наследяемост в широк смисъл (H ²) / Heritability in broad sense (H ²)
		Хипотетичен / Hypothetical	Истински / Real		h1	h2	
Обща височина на растенията (cm) / Height of the plants (cm)	5500	43.99	39.99	14.80	15.39	15.87	61.82
	7000	51.33	48.81	11.24	30.32	40.55	10.23
Височина до основния кочан (cm) / Height of the ear location (cm)	5500	70.15	47.40	12.69	4.54	6.29	58.95
	7000	65.01	60.45	18.62	22.87	24.12	69.03
Брой листа / Number of leafs	5500	26.65	16.32	2.64	3.00	5.25	88.28
	7000	14.82	12.24	2.55	6.45	10.36	95.20
Площ на прикочанния лист (cm ²) / Ear leaf area (cm ²)	5500	54.59	47.22	6.91	10.91	17.54	-374.51
	7000	55.71	43.90	17.40	6.79	6.97	72.33

Таблица 3. Генни ефекти в наследяването на признаците дължина на кочана, брой на редовете в кочана и брой зърна в ред при хибрид Кнежа 560**Table 3.** Gene effects for inheritance for the traits height of the plants, height of the ear location, number of leafs and ear leaf area of hybrid Kneja 560

Признаци / Traits	Гъстота на посева (p/da) / Plant density (p/da)	Генетичен фон / Genetic background m	Аддитивни/ Additives a	Доминантни/ Dominances d	Епистатни взаимодействия / Epistasis interactions		
					aa	ad	dd
Обща височина на растенията (cm) / Overall height of the plants (cm)	5500	243.50	1.50	133.93	46.60	-4.17	-98.65
	7000	249.92	0.80	100.10	4.60	3.95	-73.67
Височина до основния кочан (cm) / Height of the ear location (cm)	5500	108.75	-1.72	49.12	-2.23	9.58	-35.03
	7000	107.47	-3.78	33.13	-18.90	-1.51	32.08
Брой листа / Number of leafs	5500	13.53	-0.23	0.59	-2.33	0.74	0.28
	7000	13.40	-0.65	-1.13	-2.90	-0.38	3.65
Площ на прикочанния лист (cm ²) / Ear leaf area (cm ²)	5500	645.05	-27.68	139.02	-105.69	-5.24	-86.37
	7000	621.73	-17.21	279.93	10.62	22.48	-35.95

В резултат от направеното проучване е установено:

Обща височина на растенията. Височината на растенията е ключов показател, който отразява реакцията на растенията спрямо промените в условията на средата. Данните сочат, че по-високата гъстота на посева намалява стойностите на този показател при всички поколения, с изключение на втората хибридна генерация (F₂). Наследяването на признака протича със силно изразен хетерозис, като средните стойности на хипотетичният хетерозис са 47,66%, а на истинския – 44,4%. Според класификацията на Turbin et al. (1974), хибрид Кнежа 560 попада в категорията високохетерозисни форми, тъй като истинският хетерозис надвишава 20%. Данните за инбредната депресия показват, че при поколението (F₂) настъпва намаляване на височината със средно 13%. Допълнителните данни за степените на доминиране в F₁, за този признак потвърждават проявите на хетерозис, израз на което са стойностите на положително свръхдоминиране ($h_1 > 1$). Данните за степента на доминиране в F₁ и F₂ подкрепят предишни резултати, според които наследяването на

общата височина на растенията се определя основно от доминантни и епистатни генни действия - $h_2 > h_1$ (Valkova and Petrovska, 2016).

При наследяване на общата височина най-голям дял имат доминантните (d) генни ефекти, като този ефект е по-силно изразен при оптималната гъстота на посева. Според епистатните взаимодействия с най-голяма тежест са адитивните x адитивни (aa) генни ефекти, които също са положителни и усилват проявата на признака (Таблица 3).

Височина на залагане на основния кочан. Средните стойности на този показател показват различна реакция на отделните генерации спрямо промяната на гъстотата на посева (Таблица 1). Увеличаването на гъстотата води до намаляване на височината на залагане на кочана при бащиния компонент (P₂) и хибридните поколения (F₂, BCP₁ и BCP₂), докато при майчиния компонент (P₁) и самият хибрид се наблюдава обратна тенденция.

Хетерозисният ефект по отношение на този признак е ясно изразен както спрямо средната стойност на родителските форми (67,6%), така и спрямо родителя с по-висока стойност на показателя (53,9%). Високите нива на хе-

терозис в F1 поколението се съпътстват от инбредна депресия в F2, която достига 15,7%. Степените на доминиране в F1 сочат, че признакът се унаследява с изразено положително доминиране.

В генетичният контрол на височината на залагане на основния кочан доминантните генни ефекти имат най-голямо влияние, като те са с положителен знак и способстват за увеличаване на показателя, особено при оптималната гъстота на посева. Адитивните (a) генни ефекти и дигенни епистатни взаимодействия редуцират проявата на признака в различна степен в зависимост от гъстата на посева.

Броят на листата е важен показател, който влияе върху фотосинтетичните показатели и формирането на добива. Този признак е генетично детерминиран и изменчивостта му в различните условия на отглеждане е сравнително ниска в сравнение с останалите проучвани показатели. С увеличаване на гъстотата на посева, неговите стойности намаляват при хибридните поколения (F1, F2, BCP1 и BCP2), докато при родителските форми се наблюдава обратна зависимост.

Положителният хетерозис по този показател е с най-ниски стойности спрямо останалите анализирани признаци, което съответства и на най-слабата инбредна депресия (2,6%). Наследяването на броя на листата се осъществява чрез положително свръхдоминиране.

Данните в Таблица 3 разкриват сложния характер на генетичния контрол върху този показател. При оптималната гъстота на отглеждане доминиращи са доминантните генни ефекти, както и доминантните х доминантни (dd) и адитивните х доминантни (ad) генни взаимодействия, които са с положителен знак и засилват проявата на признака в хибрида. При по-високата гъстота наследяването е сложно и не се наблюдава доминация на конкретни генни ефекти.

Площта на прикочанния лист е от съществено значение за фотосинтетичната активност на растенията и е тясно свързан с

фотосинтетичната площ на цялото растение (Shopova and Yordanov, 1990).

При повечето поколения по-високата гъстота на посева води до увеличаване площта на прикочанния лист, с изключение на F2 поколението. Най-високи стойности са отчетени при F1 хибридното поколение – 722,83 cm², а най-ниски при майчиния компонент на хибрида P1 – 434,77 cm².

Анализът потвърждава както значителен хетерозис - 55,2% (хипотетичен), така и 45,6% (истински) (Таблица 2). В наследяването на този признак водеща роля имат доминантните (d) генни ефекти, които са с положителен знак и усилват експресията на признака.

Данните относно стойностите и вариациите на коефициента на наследяемост в широк смисъл (H2) дават възможност за анализ на относителния дял на изменчивостта, обусловена от генетичните фактори (Таблица 2). Според Genchev et al. (1975) този коефициент може да бъде класифициран по следния начин: висок (30-60%), среден (10-30%) и нисък (5-10%). Hristov et al. (1982) посочват, че при високи стойности на наследяемостта селекционният процес се улеснява, тъй като фенотипният отбор по даден признак става по-ефективен благодарение на силната връзка между фенотипа и генотипа.

Основните показатели като височината на кочана и броя на листата се характеризират с висока наследяемост при различни гъстоти на посева, което предполага, че фенотипният отбор при тях ще бъде ефективен. За разлика от тях, при останалите два показателя коефициентът на наследяемост варира в зависимост от средовите условия, което ограничава възможността за селекция по фенотип.

ИЗВОДИ

Анализът на получените резултати позволява да се направят следните заключения: При наследяването на изследваните показатели в F1 хибридното поколение се наблюдава ясно изразен хетерозисен ефект,

последван от депресия в F2. Признаците се унаследяват в резултат на положително свръхдоминиране ($h1>1$). Доминантните генни ефекти играят водеща роля в генетичния контрол на общата височина на растенията, височината до залагане на кочана и площта на прикочанния лист, като те са положителни и допринасят за по-силната изява на тези признаци. За разлика от тях, броят на листата се контролира от по-сложен генетичен механизъм, който до голяма степен се влияе от факторите на средата.

ЛИТЕРАТУРА

- Gamble, E. E.** (1962 a). Gene effects in corn (*Zea mays* L.): I. Separation and relative importance of gene effects for yield. *Canadian Journal of Plant Science*, 42(2), 339-348.
- Gamble, E. E.** (1962 b). Gene effects in corn (*Zea mays* L.): II. Relative importance of gene effects for plant height and certain component attributes of yield. *Canadian Journal of Plant Science*, 42(2), 349-358.
- Genchev, G., Marinkov, E., & Yovcheva, V.** (1975). Biometric methods in plant breeding, *Genetics and selection*, Zemizdat, Sofia.
- Hristov, K., Hristova, P., & Genova, Iv.** (1982). Inheritance of Quantitative Traits in Maize and Variability of Genetic Parameters. II. Cob Length, Grain Length and Number of Rows. *Genetics and Selection*, (3).
- Omarov, D. S.** (1975). To the Methods of Accounting and Assessment of Heterosis in Plants. *Agriculture. Biology*, №1, pp. 123-127.
- Petrovska, N., Valkova, V., & Ilchovska, M.** (2017). Breeding Evaluation of New Maize Hybrids, *Science and Technologies*, vol. VII, № 6, 12-18.
- Romero, G. E., & Frey, K. J.** (1973). Inheritance of Semidwarfness in Several Wheat Crosses 1. *Crop science*, 13(3), 334-337.
- Song, X., Tsvetkov, Y., Zhang, R., Jin, H., & Zhang, J. M.** (2019). Retrospect and perspective for corn production and breeding research in Heilongjiang Province of China. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 22 (6), 1-14.
- Suprunov, Al.** (2009). Selection of ultra-early maize hybrids in the Krasnodar Territory, *Maize and sorghum*, №1, pp. 8-11.
- Shopova, Kr., & Yordanov, G.** (1990). Study on the formation and inheritance of the area of the stalked leaf of corn, *Genetics and selection*, № 2, pp. 123-130.
- Turbin N., Khotyleva, L., & Tarutina, L.** (1974). Diallel analysis in plant breeding. *Minsk*.
- Valkova V., & Petrovska, N.** (2016). Inheritance of quantitative signs and some biometric indexes and mutability of the genetic indexes of Knezha 442 maize hybrid II. Overall height of the plants, height of the ear location, number of leaves and ear leaf area, *Agricultural University – Plovdiv, Scientific Works*, vol. LX, book 2, 2016 Scientific and Practical Conference Organic Farming – History and Prospects, pp. 97-106.
- Valkova V., & Petrovska, N.** (2020). Seed production characteristic of the lines KC 10 9 and XM 99 23, *Field Crop Studies* (2020), 13(1), 61-70.
- Valkova, V., & Petrovska, N.** (2018). Kneja 560 – a new mid-late maize hybrid. *Agricultural sciences and technology*, Vol. 10, No 3, pp. 191-194.
- Valkova, V., & Petrovska, N.** (2022). Inheritance of quantitative sings and biometric indexes of Kneja 560 hybrid. I. Length of the ear, number of rows per ear, number of grains per row. *Agricultural sciences*, Volume 14, Issue 33, DOI:10.22620/agrisci.2022.33.011
- Valkova, V., & Petrovska, N.** (2021). Inheritance of quantitative sings and biometric indexes of Kneja 560 hybrid. II. Length of the grain, grain weight per EAR and present of in the grain in ear. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 24(6), 171-182.

Received: June, 27, 2025; Approved: September, 01, 2025; Published: October, 2025