https://doi.org/10.61308/JNSC4954

Хетерозисна селекция при слънчогледа. Проява на хетерозис при признаците добив и тегло на 1000 семена

Величко Трайков[1]*, Мирослава Христова-Чербаджи[2]
[1]Лесотехнически университет - гр. София
[2]Михсан ЕООД - гр. София
*E-mail: *vtraykov@ltu.bg*

Резюме: Основните селекционни методи са отбор, хибридизация и експериментален мутагенезис. Чрез тях изменчивостта на растенията (променената наследственост, определяща полезни стопански признаци) се направлява от селекционера в желаната селекционна посока. При кръстосаноопрашващи се растения като слънчогледа повсевместно използваният метод за генетично подобряване е хибридизацията и последващото манипулиране на разпадащите се хибридни поколения. Получените интересни материали могат да се включат в създаването на нов хетерозисен (хибриден) сорт. Проследени са някои особености на хетерозисната и комбинативната селекция при слънчогледа, като е анализирана комбинативната способност на родителски форми и наличието на хетерозис в първо хибридно поколение при признаците добив и тегло на 1000 семена. За целта е направена оценка на форми, получени от вътревидова и междувидова хибридизация. При опита с отдалечената хибридизация, затруднение е получаването на семена от кръстоската между културен и див слънчоглед, докато проблема при кръстосването между две линии е тяхната изравненост (хомозиготен генотип и хомогенен материал). Хетерозиготността на родителите в хетерозисната селекция, за разлика от комбинативната, води до поява в F_1 поколението на нежелани признаци като разклоненост и стерилност.

Ключови думи: комбинативна способност; слънчоглед; хетерозис; хетерозисна селекция

Heterosis breeding in sunflower. Manifestation of heterosis in the traits yield and weight of 1000 seeds

Velichko Traykov[1]*, Miroslava Hristova-Cherbadzhi[2]
[1]Forestry University- Sofia
[2]Mihsan Ltd. - Sofia
*E-mail: *vtraykov@ltu.bg*

Citation: Traykov, V., & Hristova-Cherbadzhi, M. (2026). Heterosis breeding in sunflower. Manifestation of heterosis in the traits yield and weight of 1000 seeds. *Bulgarian Journal of Crop Science, 63*(5) 38-51 (Bg).

Abstract: The main breeding methods are selection, hybridization and experimental mutagenesis. Through them, the variability of plants (the changed heredity, determining useful economic traits) is guided by the breeder in the desired selection direction. In cross-pollinated plants such as sunflower, the widely used method for genetic improvement is hybridization and subsequent manipulation of the disintegrating hybrid generations. The obtained interesting materials can be included in the creation of a new heterosis (hybrid) variety. Some features of heterosis and combinative selection in sunflower have been monitored, analyzing the combinative ability of the parental forms and the presence of heterosis in the first hybrid generation for the traits yield and weight of 1000 seeds. For this purpose, an evaluation of forms obtained from intraspecific and interspecific hybridization was made. In the experiment with distant hybridization, the difficulty is obtaining seeds from the cross between cultivated and wild sunflower, while the problem in the cross between two lines is their uniformity (homozygous genotype and homogeneous material). The heterozygosity of the parents in heterosis

selection, unlike combinatorial selection, leads to the appearance of undesirable traits such as branching and sterility in the F_1 generation.

Keywords: combinatory ability; sunflowe; heterosis; heterosis breeding

ВЪВЕДЕНИЕ

Трансферът на гени от един сорт в генома на друг високопродуктивен и адаптивен сорт е основен метод за подобряването на културните растения. *Вътревидовата хибридазация* е основен източник на генетично разнообразие, без което отборът не би имал никаква ефективност.

Под *отдалечена хибридизация* се разбира кръстосването на индивиди от различни видове, принадлежащи към един и същ род, или кръстосване между видовете от различни родове.

Културният слънчоглед (*Helianthus annuus L.*) принадлежи към Род *Helianthus*, а той към семейство *Asteraceae* (*Compositae*), триб *Heliantheae*, подтриб *Helianthinae*, който включва 20 рода с 400 вида (Schilling, 1997).

Търсенето на възможности за подобряване на слънчогледа започва в процеса на утвърждаването му като култура със стопанско производство. Отначало са използвани разновидностите във вида *H. annuus*, а след това вниманието се насочва към видовете от род *Helianthus*.

Thompson et al. (1981) считат, че дивите видове *Helianthus* не само съставляват материал, от който произхождат културните сортове, но са и източник на качества за подобрителната работа със слънчогледа. Значителният брой диви видове и разнообразието на форми във всеки вид предлагат големи възможности за увеличаване на генетичното разнообразие на културния слънчоглед (Skoric, 1982).

Естествената хибридизация и интрогресията се срещат между много видове от род *Helianthus*, често последвани от морфологично сходство между иначе отдалечени форми. Полиплоидията при многогодишните видове също допринася за сложността при класифицирането им. Много от тях са с широко географско разположение и проявяват голяма фенотипна вариабилност, която изглежда се обуславя и от ненаследствения (на околната среда) компонент (Hristova-Cherbadzhi, 2007). Много от видовете са нестабилни и изготвянето на прецизна идентификация и класификация е много трудно (Seiler and Rieseberg, 1997).

Още първите опити, проведени от Satsyperov (1916) за хибридизация на *H. annuus* с *H. argophyllus*, целят създаване на имунни форми с по-високо съдържание на масло в семената.

Fick (1978) посочва, че устойчивостта към болести се среща обикновенно в дивите видове.

В това направление основно работи Pustovoit (Pustovoit, 1963, 1966a, b, 1967, 1968, 1969a, b, 1975). През 1956 г. тя получава фертилни растения от междувидова хибридизация на *H. tuberosus* x *H. annuus* - сорт ВНИИМК-8931. От тази кръстоска са получени първите форми културен слънчоглед, устойчиви към мана. В България в това направление работи M. Christov (Christov, 1991, 1992, 1996a, б, 1998, 1999, 2000, 2013), който също получава интересни нови форми (Hristova-Cherbadzhi, 2023).

Gulya et al. (1997), обобщавайки информацията при слънчогледа от многогодишните проучвания на редица учени установяват, че голяма част от дивите видове и техните разновидности са носители на гени за устойчивост към различни болести, паразити и други вредители. В много случаи, устойчивостта към тях е пренесена в културния слънчоглед и на тази основа са създадени нови линии слънчоглед за хетерозисната селекция.

Повишаването на добива и съдържанието на масло в семената на новите сортове слънчоглед си остава едно от най-важните направления в селекцията на слънчогледа. С важно стопанско значение е и явлението *цитоплазмена мъжка стерилност* (*ЦМС*). То е предпоставка за прецизност в хетерозисната селекция при всички хермафродитни растителни видове.

Цитоплазмената мъжка стерилност е наследствено биологично явление, което се изразява в мъжка стерилност при запазване на женската фертилност на цветовете и растенията (Dankov, 1973).

„Първото съобщение за наличие на ЦМС при слънчогледа е направено от Shtube през 1958г. След него съобщения за ЦМС правят Volyf, Gundaev, Anashchenko“ (Krupnov, 1973). Особеност на посочените източници, обаче е липсата на пълно закрепване на стерилността.

Първият стабилен източник на ЦМС и практически, единствен, използван в хетерозисната селекция при слънчогледа до момента е ЦМС PET-1, открит от Leclercq (1969). ЦМС PET-1 е получен от кръстоска на дивия вид *H. petiolaris* с културен слънчоглед (сорт Армавирский 9345), направена през 1964 г. F_1 растенията са кръстосани с различни линии от културния слънчоглед, без да е извършена кастрация. След самоопрашване на фертилните растения от BC_1 и F_2 е намерено едно стерилно растение. Това растение е кръстосано с културен слънчоглед и всичките получени 37 растения от новото потомство са стерилни. Следващите кръстоски с линии от културен слънчоглед също дават стерилно потомство.

В своята работа Hristova-Cherbadzhi (Hristova-Cherbadzhi, 2007; Hristova-Cherbadzhi, 2009, 2012; Christov et al., 2009; Hristova-Cherbadzi and Christov, 2009; Hristova-Cherbadzhi and Molle, 2016; Boeva et al., 2017) използва отдалечената хибридизация, за да прехвърли гени от диви видове слънчоглед в културния чрез най-традиционния метод за трансфер - естествения полов процес за размножаване на растенията и като краен резултат получава ценни, подобрени нови линии, носители на разнообразни гени.

Цел на това проучване е да се направи оценка на форми, получени от вътревидова и отдалечена хибридизация за тяхната комбинативна способност, да се отчете хетерозиса в първото хибридно поколение при признаците добив и тегло на 1000 семена и да се открояят нови високопродуктивни и адаптивни хибридни комбинации, да се посочат разликите между хетерозисната и комбинативната селекция при слънчогледа.

МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

Материал

Обект на изследването са регистрирани и сертифицирани от фирма *Михсан ЕООД*, и

Таблица 1. Генотипове слънчоглед, включени в изследването
Table 1. Sunflower genotypes, included in the study

***Lines - 7**:*			
Стерилен аналог, A *Sterile analogue, A-lines*		***Възстановител на фертилността, R*** *Fertility restorer, R-lines*	
A1 (333A)	A3 (553A)	R1 (912R)	R3 (102R)
A2 (258A)	A4 (573A)	R2 (1016R)	
***Hybrids - 12**:*			
A1 x R1 (333A x 912R)	A1 x R2 (333A x 1016R)	A1 x R3 (333A x 102R)	
A2 x R1 (258A x 912R)	A2 x R2 (258A x 1016R)	A2 x R3 (258A x 102R)	
A3 x R1 (553A x 912R)	A3 x R2 (553A x 1016R)	A3 x R3 (553A x 102R)	
A4 x R1 (573A x 912R)	A4 x R2 (573A x 1016R)	A4 x R3 (573A x 102R)	

новосъздадени линии културен слънчоглед *Helianthus annuus* L. и хибридни комбинации, получени след кръстосването между тези линии (*вътревидова хибридизация*) (Таблица 1), както и хибридна комбинация, получена след кръстосването на линиия с вида *Helianthus ciliaris* D.C. (*междувидова - отдалечена хибридизация*).

През периода 2022-2024 г. в района на гр. Добрич е проведен полски експеримент с линии слънчоглед и получени от тях хибридни комбинации. Опитът е изведен при условия без напояване, върху слабо излужен черноземи, без фоново (предварително) или вегетативно торене, с едно окопаване.

Експерименталните нови F_1 сортове (хибридни комбинации) са включени в конкурсни сортови опити (КСО) със стандарт за сравнение, подредени по схема на принципа на рандомизиран блоков метод, в три повторения. Големината на опитната парцелка е с отчетна площ 10 m^2 за всеки вариант със сеитбена гъстота от 5500 растения на декар. Сеитбата е направена ръчно с „ръчна сеялка“, като във всяко отделно гнездо се поставят по две семена. След появата на втора двойка същински листа по едно от растенията е отскубвано по време на окопаването. На същото поле, при същите условия и парцелки отново от 10 m^2, но в отделен ред и с различни стандарти се намират и родителските форми.

Методи

Хетерозисът при слънчогледа се наблюдава в прости кръстоски, т.е хибриди, получени чрез кръстосване на цитоплазмени мъжки стерилни инбредни линии с мъжки, възстановители на фертилността (Hladni et al., 2010).

За получаване на хибридни семена в този опит е приложен класическия метод „*Хибридизация“* като е осъществена *топкрос кръстоската* (*проста права кръстоска*),

А (майчин родител) х R (бащин родител) ⟶ F_1 (първо хибридно поколение),

където използваните *ЦМС* линии (А - стерилни аналози на линии закрепители на стерилността - В линии) са стерилни.

При метода „*Принудително опрашване*“ свежият полен от желания баща се нанася чрез „целуване“ на пити в продължение на няколко дни.

Добивът семе е изчислен като получения резултат от опитните парцелки е приравнен в kg/dka. На случаен принцип от всяка парцелка (повторение - 3 броя за отделен вариант) са събрани съцветията (питите) на 55 растения. Семената са ръчно отделени за всяка проба, след което тя е претеглена. От трите повторения (проби) е изчислена средната стойност за отделния вариант, която е приравнена спрямо гъстота от 5500 растения на декар, т.е. стойността е умножена по 100.

Теглото на 1000 семена и *височината на растението* са отчетени по методиката на ИАСАС за вида от 2005 г.

Статистическа обработка на експерименталните данни

Статистическата обработка на експерименталните данни обхваща величините:

• *средна аритметична стойност ($\bar{x}$) - характеризираща съвкупността като цяло и даваща представа за средното значение на изучавания признак. Пресметната е по формулата:*

$$\bar{x} = \frac{\sum \bar{x}_n}{n},$$ където

x - числеността значение на всяко измерване, т.е. величината на вариращия признак за всеки индивид, включен в избраната съвкупност;

n - общият брой на измерванията, т.е. общото число на индивидите (обектите), влизащи в съвкупността;

Σ - знакът за сумиране.

• *вариационен коефициент (VC %) е изчислен по формулата:*

VC% = s.100 / $\bar{x}$, където

s е средното квадратно отклонение.

• *средното квадратно отклонение (s) е изчислено по формулата:*

$s = \pm \sqrt{\Sigma (x - \bar{x})^2 / n}$

• *средна грешка на средната аритметична (σ) е изчислена по формулата:*

$\sigma = s \sqrt{n}$

• *хипотетичният (Ххип) и истинският (Хист) хетерозис е изчислен по формулите (Omarov, 1975):*

Хист = [(F_1 - P) / P] x 100, %,

където: F_1 - средната стойност за първо хибридно поколение,

P- средната стойност за по-добрия родител.

Ххип = §{F_1 - [(P_1 + P_2) / 2]} / [(P_1 + P_2) / 2]§x 100, %,

където: F_1 - средната стойност за първо хибридно поколение,

P_1- средна стойност за майчиния родител,

P_2 - средна стойност за бащиния родител.

• *наследяването d/a е изчислено при F_1 поколението, чрез коефициента на Mather and Jinks (1982) по формулата:*

d/a = {F_1 - [(P_1 + P_2)/2]} / [(P_1 - P_2)/2],

където: F_1 - средна стойност за първо хибридно поколение,

P_1- средна стойност за майчиния родител,

P_2 - средна стойност за бащиния родител;

d/a = от 0 до ± 0.50 - интермедиерно (i - intermediary),

d/a = от ± 0.50 до ± 0.75 - частично доминиране (pd - partialdominance),

d/a = от ± 0.75 до ± 1.0 - доминиране (d - dominance),

d/a = > ± 1.0 - свръхдоминиране (h - heterosis / superdominance);

(+) - родителят с по-висока стойност на отчитания признак,

(-) - родителят с по-ниската стойност на отчитания признак.

При изчисляването на F и P стойностите е използван програмен продукт R (Singh and Chaudhary, 1979; Yaseen and Eskridge, 2020).

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЯ

Направена е оценка за поява на хетерозисни ефекти в получено от топкрос кръстоски хибридно поколение.

Таблица 2. Средна стойност, грешка и вариационен коефициент за три признака по хибриди, отчетени през за 2024 г.

Table 2. Average value, error and coefficient of variation for three traits by hybrids reported in 2024

Хибрид/ *Hybrid*	***Добив, kg/dka/*** *Yield kg/dka*		***Тегло на 1000 семена, g/*** *Weight of 1000 seeds (g)*		***Височина на растението, cm*** / *Height of the plants, cm*	
	x±σ	VC, %	x±σ	VC, %	x±σ	VC, %
333 A x 912 R	283.00±23,67	14,47	63.77±0,62	1,67	168,33±1,67	1,72
333 A x 1016 R	342.67±10,1	5,1	61.20±0,76	2,16	170±2,89	2,94
333 A x 102 R	253.33±17,61	12,03	61.07±0,49	1,37	168,33±1,67	1,72
258 A x 912 R	249.33±15,1	10,47	57.00±0,31	0,93	160±0	0
553 A x 912 R	351.33±25,5	12,56	61.13±0,69	1,95	165±2,89	2,94
573 A x 912 R	392.33±3,18	1,4	59.37±0,56	1,63	166,67±1,67	1,72
258 A x 1016 R	368.00±7,65	3,6	55.97±0,87	2,67	153,33±1,67	1,72
258 A x 102 R	194.33±23,76	21,15	55.67±0,95	2,96	155±2,89	2,94
553 A x 1016 R	370.67±11,64	5,43	58.90±0,76	2,25	166,67±1,67	1,72
553 A x 102 R	338.00±13,6	6,96	60.00±0,61	1,76	165±2,89	2,94
573 A x 1016 R	369.67±23,25	10,88	59.10±0,69	2,03	173,33±1,67	1,72
573 A x 102 R	304.33±22,51	12,8	58.93±0,5	1,48	166,67±1,67	1,72
Стандарт	350.03±15,6	9,58	62.08±0,93	2,95	166,67±1,67	1,72

x±σ - средна стойност за вариант ± средна грешка на средната аритметична
VC, % - вариационен ксефицкент

Всички описани хибриди се отнасят към групата на средно ранните сортове. Разликата във времето на цъфтеж е от 1 до 4 дни. Хибридите са фертилни и неразклонени. Това означава, че бащините форми са добре изравнени по тези признаци.

В Таблица 2 са представени получени за 2024 г. резултати за признаците добив семе (kg/dka), тегло на 1000 семена (абсолютна маса) (g), и височина на растението (cm), при получените F_1 хибриди. Необходимо е да се провери по най-значимите за практиката признаци (добив и тегло на семето) дали при новите хибриди има хетерозис, за да може да се твърди, че това са хетерозисни хибриди.

Вариационният коефициент (VC) е относителна единица (в проценти), което позволява да се сравнят вариационни редове, отразяващи различни признаци, измервани с разнообразни величини (m, g, cm, n и т.н.). Така например VC за признака височина на растението е от 0 до 2,94 %, а за теглото на 1000 семена - от 0,93 до 2,96 %. За признака добив семе, обаче той е в по-големи граници - от 1,4 до 21,15 %. Хибридът 258 A x 102 R е с най-високата стойност.

Средна грешка на средната аритметична (σ) за височината и теглото на 1000 семена също е в по-тесни граници (съответно - 0-2,89 и 0,31-0,95), докато за добива семе е от 3,18 до 25,5 (при 553 A x 912 R). Стойностите са допустими за формиране на изводи. При ниската точност (високата стойност за грешката) установените величини не са надеждни.

Вариационният коефициент разкрива кой признак е по-консервативен и кой по пластичен, по-податлив на изменения под въздействието на различни фактори като сушата например. Колкото по-голямо е значението на вариационния коефициент, толкова по вариабилен, по-податлив на изменения е даденият признак в членовете на съвкупността.

За 2024 г. при хибридите „Кръстоските“ е отчетен статистически значим ефект на ниво 1 % (добив семе: F = 19.953, p = 0,0000; тегло на 1000 семена: F = 4.632, p = 0,0002 и височина на растението F = 7.163, p = 0,0000) и при трите признака. Това означава, че *разликите между кръстоските са със значително влияние върху признаците добив, тегло на 1000 семена и височина на растението.*

В Таблица 3 са представени сравнително средните стойности на най-важния за всеки нов хибрид признак - добив семе на декар, както при самите хибриди, така и при техните родители. Към резултатите за 2024 г. са прибавени и такива, предварително получени за предните две години.

Наблюдават се разлики в средните стойности. Стойностите варират не само по ге-

Таблица 3. Средни стойности за признака добив семе (kg/dka) на проучваните генотипове слънчоглед за периода 2022-2024 г.
Table 3. Average values for the trait seed yield (kg/dka) of the studied sunflower genotypes for the period 2022-2024

Година/ *Year* / ***Растителен материал/*** *Plant material*	2024 г.	2023 г	2022 г.
Родителски форми слънчоглед/ *Parent forms sunflower*			
333 A	58	78	80
258 A	**63**	**81**	**83**
553 A	58	76	76
573 A	53	65	70
912 R	55	**65**	**67**
1016 R	58	66	69
102 R	**50**	**65**	**67**
Хибриди/ *Hybrids*			
333 A x 912 R	283	475	487
333 A x 1016 R	343	**547**	**549**
333 A x 102 R	253	460	465
258 A x 912 R	249	470	466
553 A x 912 R	351	459	475
573 A x 912 R	**392**	503	511
258 A x 1016 R	368	449	424
258 A x 102 R	**194**	**243**	**300**
553 A x 1016 R	371	509	489
553 A x 102 R	338	477	507
573 A x 1016 R	370	494	515
573 A x 102 R	304	432	439

нотипи, но и по години. 2024 г. беше много по-суха от предните две, с дългъг период от време на задържали се високи температури и без валежи. Според Boshnakova-Petrova, (2025) „През пазарната година 2024/25 България събра най-малката си реколта от маслодайни култури за последните 15 години поради горещото и сухо лятно време, което се отрази негативно на добивите. Въз основа на окончателните официални данни за реколтата, българската реколта от слънчоглед е спаднала до само 1,45 милиона тона, най-малката реколта от 2013 г.“.

С най-висок добив през останалите две години се откроява хибридната комбинация 333 А х 1016 R с 549 kg/dka за 2022 г. и 547 kg/dka за 2023 г. Най-добре адаптирал се към стресовите абиотични фактори през 2024 г. е хибридът 573 А х 912 R с добив от 392 kg/dka.

С най-нисък добив и през трите години е хибридната комбинация 258 А х 102 R, т.е. независимо какви са климатичните условия двете родителски линии не проявяват добра комбинативна способност една с друга. Тази кръстоска не е добра за последващо включване в производство. Тя просто ще бъде бракувана.

В таблица 4 са представени средните стойности на признака добив семе на декар сравнително по години както при самите хибриди, така и при техните родители.

За да се отчете хетерозисът в първото хибридно поколение при двата признака са изчислени *хипотетичният* (Ххип) и *истинският хетерозис* (Хист) по години. Резултатите са предтавени в Таблица 5.

Първото, което прави впечатление са много високите стойности както на хипотетичния, така и на истинския хетерозис при признака добив (Табл. 5). Това е в резулатат от голямата разлика в получените първоначално средни стойности (Табл. 3) за хибридите, в сравнение с родителските форми. Така например, за 2022 г. добивът при родителските форми варира от 67 до 83, а при хибридите от 300 до 549 kg/dka. За 2023 г. добивът при родителите е от 65 до 81, а при хибридите от 243 до 547 kg/dka. През 2024 г. обаче варирането на признака е от 194 до 392 kg/dka и от 50 до 63 за родителите. Върху ниския резултат при хибридите, влияние оказват основно неблагоприятните климатични условия - високи температури и суша, но причина за тези стойности са и по-бързото изцъфтяване на съцветията, по-бързото падане на жизнеността на прашеца, та дори и наличието на по-малко опрашващи пчели.

Що се отнася за признака тегло на 1000 семена (Табл. 5), при всички хибридни комбинации са пресметнати положителни стойности за хипотетичния хетерозис, докато за истинския има и отрицателни. Този хетерозис

Таблица 4. Средни стойности за признака тегло на 1000 семена (g) по години
Table 4. Average values for the trait weight per 1000 seeds (g) by year

Година/ *Year* / ***Растителен материал/*** *Plant material*	2024 г.	2023 г	2022 г.
Родителски форми слънчоглед / *Parent forms sunflower*			
333 А	**67**	**74,3**	**76,2**
258 А	50,7	53,5	56,8
553 А	61,5	64,1	65,1
573 А	**39**	48,4	49,3
912 R	42,6	45,5	45,8
1016 R	42,4	44	44,1
102 R	**39,4**	**41,8**	**44**
Хибриди/ *Hybrids*			
333 А х 912 R	**63,8**	**65,4**	**65,9**
333 А х 1016 R	61,2	63,6	63,9
333 А х 102 R	61,1	64,5	64,9
258 А х 912 R	57	57,7	58,3
553 А х 912 R	61,1	62,2	62,9
573 А х 912 R	59,4	61,2	61,2
258 А х 1016 R	56	**56,3**	**57**
258 А х 102 R	**55,7**	58	58,3
553 А х 1016 R	58,9	59,8	60,5
553 А х 102 R	60	60,4	61,2
573 А х 1016 R	59,1	60,1	60,5
573 А х 102 R	58,9	58	59,8

се получава в резултат от сравнението на F_1 поколението с по-добрия родител. Например, линия 333 А е с най-високи стойности на този признак в сравнение с останалите родителки форми и дори с хибридните комбинации и през трите години (Табл. 4). Поради тази причина всички хибридни комбинации с участието на тази линия са с отрицателни стойности на истинския хетерозис (Табл. 5). Най-нисък хетерозис е отчетен при хибридната комбинация 333 А х 1016 R.

Най-висок хетерозис за добива е отчетен при хибридна комбинация 573 А х 912 R и за трите години като стойностите в процентите са близки (Табл.5). Добивът семе (Табл. 3) през 2024 г. за тази кръстоска също е най-висок. Този хибриден сорт успява да се адаптира към абиотичния стрес и да прояви потенциала си.

Интересно е, че за 2024 г. стойностите за истинския и хопотетичния хетерозис при кръстоските 333 А х 1016 R и 553 А х 1016 R

Таблица 5. Хипотетичен и истински хетерозис (%) по отношение на признаците добив семе и тегло на 1000 семена при генотипове слънчоглед по години

Table 5. Hypothetical and true heterosis (%) regarding the traits yield and weight per 1000 seeds in sunflower genotypes by year

Хибридна комбинация/ *Hybrid combination*	**Хист**			**Ххип**		
	2024 г.	2023 г.	2022 г.	2024 г.	2023 г	2022 г.
Добив семе*/Yield seed*						
333А х 912R	388	509	509	401	564	563
333А х 1016R	491	601	586	491	660	637
333А х 102R	336	490	481	369	543	533
258А х 912R	295	480	461	322	544	521
553А х 912R	505	504	525	521	551	564
573А х 912R	**613**	**674**	630	**626**	**674**	**646**
258А х 1016R	484	454	411	508	511	458
258А х 102R	**208**	**200**	**261**	**243**	**233**	**300**
553А х 1016R	540	570	543	540	617	574
553А х 102R	483	528	567	526	577	609
573А х 1016R	538	648	**636**	567	654	641
573А х 102R	474	565	527	490	565	541
Тегло на 1000 семена */Weight of 1000 seeds*						
333А х 912R	-4,78	-11,98	-13,52	16,42	9,18	8,03
333А х 1016R	-8,66	**-14,40**	**-16,14**	**11,88**	**7,52**	**6,23**
333А х 102R	**-8,81**	-13,19	-14,83	14,85	11,11	7,99
258А х 912R	12,43	7,85	2,64	22,19	16,57	13,65
553А х 912R	-0,65	-2,96	-3,38	17,39	13,50	13,44
573А х 912R	39,44	**26,45**	**24,14**	45,59	**30,35**	28,71
258А х 1016R	10,45	5,23	0,35	20,41	15,49	12,98
258А х 102R	9,86	8,41	2,64	23,64	21,72	15,67
553А х 1016R	-4,23	-6,71	-7,07	13,38	10,64	10,81
553А х 102R	-2,44	-5,77	-5,99	18,93	14,07	12,19
573А х 1016R	39,39	24,17	22,72	45,21	30,09	**29,55**
573А х 102R	**49,49**	19,83	21,30	**50,26**	28,60	28,19

и за 2023 г. при 573 A x 912 R и 573 A x 102 R са еднакви. Това е в резултат от еднакви добиви за дадения период на родителите им, т.е. там няма по-добър. Истинският хетерозис определя превъзходството на хибрида по даден признак над най-добрия от родителите, а хипотетичния - превъзходството над средната стойност за двата родителя.

При останалите комбинации и през трите години стойността на истинския хетерозис е по-ниска от тази на хипотетичния.

При хибрида 333 A x 912 R стойностите за истинския и хипотетичния хетерозис са еднакви за 2022 и 2023 г от 509 %, докато изразено това е добив семе има разлика, съответно 487 kg/dka първата година и 475 kg/dka - втората (Табл. 3).а хибридната комбинация 258 A x 102 R с най-нисък добив е отчетен хетерозисен ефект, което е обяснимо при голямата разлика в стойностите му с тези за родителите (Табл. 3). Докато линията 258 A е с най-високия добив и през трите години, то тестерът 102 R е с най-ниския. Въпреки това отчетеният хетерозис при хибрида е най-нисък в сравнение с останалите хибриди и през трите години.

Aslam et al. (2010) и Chahal et al. (2019) наблюдават висока експресия на хетерозисни ефекти върху добива. Получени са високи стойности за добива спрямо средните за родителите (18,3 до 72,38 %) (Ahmed et al., 2021). Memon et al. (2015), Depar et al. (2017), Khan et al. (2018) и Lakshman et al. (2020) откриват благоприятен висок хетерозисен ефект от използваните родители за добива на семена. Според Karasu et al. (2010) слънчогледът показва значителен хетерозис в добива на семена и компонентните характеристики. Наличието на хетерозис е оценка за избор на подходящи комбинатори от родителски линии, които са генетично различни една от друга (Kanwal et al., 2015).

Според Mena et al. (2013), Vikas et al. (2015) и Saeed et al. (2023) е необходимо да се получат изравнени, стабилни, инбредни родители с добра комбинативна способност, за да може по-нататъшния статистически анализ да бъде ефективен. Такъв например е анализа „Линии x Тестери“, който е най-ефективният метод за оценка на голям брой инбредни линии по обща (*ОКС*) и специфична комбинативна способност (*СКС*).

В началото е необходимо да се разработи ефективен план за получаването на такива интересни форми, които ще се използват като изходни родители, например от отдалечената хибридизация. Крайната цел на комбинативната селекция е получаване на генетично разнообразие. Това може да бъде постигнато чрез пренос на ядрен или цитоплазмен генетичен материал от див вид в културния слънчоглед, т.е. на гени, контролиращи признаци, които ги няма в културната форма.

Резултати от междувидовата хибридизация на културния слънчоглед линиия 333 A от *Helianthus annuus L.* с дивия вид *Helianthus ciliaris* D.C. са представени в по-ранна публикация (Traykov and Hristova-Cherbadzhi, 2026). В първото поколение на междувидовия хибрид *H. annuus* x *H. ciliaris* е отчетено проява на силно изявен хетерозисен ефект по отношение височината на стъблото като хипотетичният хетерозис е 80,67, а истинския - 23,13 %. За признака диаметър на питата хипотетичният хетерозис е висок - от 43,97 %, докато истинският е с отрицателна стойност от - 20,48 %, т.е. тук е изявен хетерозисен ефект спрямо родителят с по-висока стойност. В този пример за междувидовия хибрид хетерозисният ефект не е с толкова високи стойности както при хибридите от вътревидовата хибридизация, защото и разликите в изходните стойности на наблюдавания признак не са толова големи.

В таблица 6 са представени резултатите от изчисленото *наследяване d/a* за F_1 поколението от вътревидовите кръстоски.

d/a = от 0 до ± 0.50 интермедиерно (i - intermediary) наследяване;

d/a = > ± 1.0 - свръхдоминиране (h - heterosis / superdominance);

(+) - родителят с по-висока стойност на отчитания признак.

Таблица 6. Наследяване d/a на признаците добив семе и тегло на 1000 семена при генотипове слънчоглед по години
Table 6. Inheritance d/a of the traits yield and weight per 1000 seeds in sunflower genotypes by years

Хибридна комбинация/ *Hybrid combination*	***Наследяване d/a*** */ Inheritance d/a*		
	2024 г.	2023 г.	2022 г.
Добив семе*/Yield seed*			
333A x 912R	245,33 h	464 h	475,69 h
333A x 1016R	**343** h	535 h	535, 45 h
333A x 102R	239,5 h	449 h	453,69 h
258A x 912R	234,25 h	460,88 h	456,62 h
553A x 912R	313,33 h	446,18 h	459,11 h
573A x 912R	**446** h	**503** h	465,33 h
258A x 1016R	343,8 h	439,2 h	413,14 h
258A x 102R	**185,31** h	**233,88** h	**290,63** h
553A x 1016R	**371** h	494,8 h	478,64 h
553A x 102R	324,5 h	464,18 h	491,11 h
573A x 1016R	392,2 h	**625** h	376 h
573A x 102R	269,67 h	**432** h	393,33 h
Тегло на 1000 семена */Weight of 1000 seeds*			
333A x 912R	0,16 i	0,09 i	0,08 i
333A x 1016R	**0,12** i	**0,08** i	**0,06** i
333A x 102R	0,15 i	0,11 i	0,08 i
258A x 912R	0,22 i	0,17 i	0,14 i
553A x 912R	0,17 i	0,14 i	0,13 i
573A x 912R	0,46 i	**0,30** i	0,29 i
258A x 1016R	0,20 i	0,15 i	0,13 i
258A x 102R	0,24 i	0,22 i	0,16 i
553A x 1016R	0,13 i	0,11 i	0,11 i
553A x 102R	0,19 i	0,14 i	0,12 i
573A x 1016R	0,45 i	**0,30** i	**0,30** i
573A x 102R	**0,50** i	0,29 i	0,28 i

d/a = от 0 до ± 0.50 интермедиерно (i - intermediary) наследяване;
d/a = > ± 1.0 - свръхдоминиране (h - heterosis / superdominance);
(+) - родителят с по-висока стойност на отчитания признак.

Впечатление правят огромните стойности за признака добив, но това също се дължи на голямата разлика в експерименталните дани за родителите и за хибридите. При всички комбинации и през трите години е отчетено свръхдоминиране при наследяването на добива. Интермедиерно е наследяването за теглото на 1000 семена. Средните стойности при хибридите за този признак са в границите, зададени от стойностите на родителските форми.

Родителят с по-висока отчетена стойност и за двата признака оказва влияние върху изявата им.

При добива и за трите години най-ниска е стойността на наследяването d/a при комбинация 258 A x 102 R, докато при теглото – е при хибрида 333 A x 1016 R.

Получените числа за хибридна комбинация 333 A x 1016 R през 2024 г., за кръстоска 573 A x 912 R през 2023 г., за 553 A x 1016 R през 2024 г. и за 573 A x 102 R през 2023 г. са еднакви със самите стойности за добива на хибрида, защото родителите, които участват в ктръстоските са с еднакъв добив. При комбинациите 573 A x 912 R през 2024 г. и 573 A x 1016 R през 2023 г. стойността (за разлика от останалите, които са по-ниски) е по-висока, защото вторият родител е с по-високо число.

В сравненние с тези резултати, при междувидовия хибрид е наблюдавано свръхдоминиране (1,73 h) по отношение височината, като влияние за изявата на признака оказва по-високия родител. По отношение диаметъра на питата също се наблюдава доминиране и по-точно частично доминиране (0,54 pd) на признака, като културния слънчоглед като родител в кръстоската оказва влияние върху изявата му.

Във връзка с посочените по-горе резултати може да се каже, че докато при отдалечената хибридизация най-трудният момент е да се получат семена от кръстоската между културен и див слънчоглед, то проблема при вътревидовото кръстосване между линии се оказа изравеността им. Хетерозиготността в хетерозисната селекция за разлика от комбинативната води до поява в F_1 поколението на нежелани признаци, например като разклоненост и стерилност.

Това означава, че кръстосваемостта и плодовитостта на отдалечените хибриди зависи от родствената отдалеченост на родителските форми, изразяваща се главно в генетичните различия между тях, т.е. от различията в геномите и в цитоплазмата. Една кръстоска е успешна ако отдалечеността се преодолее като се получи поколение и понататъшно интересно комбиниране на генотипите (*комбинативна селекция*).

Не всяка линия от културния слънчоглед *H. annuus* може да се комбинира с див вид (Traykov and Hristova-Cherbadzhi, 2026), като разлика може да има дори между правата и реципрочната кръстоска. Отдалечената хибридизация се осъществява по-лесно, когато майчиния родител е културната форма. Това твърдение е в потвърждение на изводите, направени от Hristova-Cherbadzi (2007).

Изборът на родители е много важен и при *хетерозисната селекция*, поради различията които може да има в биологичните им особености, едновременният им цъфтеж, влияние на екологичните фактори и други. За разлика от *отдалечената хибридизация*, при *вътревидовата* посоката на кръстосване не е от значение, защото може да се осъществи само правата кръстоска, поради стерилността на майката.

Комбинативност е способността на родителските инбредни линии при вътревидова кръстоска да се комбинират една с друга по време на процеса хибридизация, така че желаните гени и характеристики да се предадат на техните потомства. Комбинативната способност е генетически предопределена. В тяхното потомство се търси по-добро изявяване на признаците. Експериментално е доказано, че по-продуктивни хибриди, т.е. по-високо добивни, се получават от инбредни линии с висока комбинативна способност. Повишаването на добива семе на новите хетерозисни сортове слънчоглед остава едно от най-важните направления в селекцията на слънчогледа.

Основното предварително условие за проектиране на модела „Идеал за хибрид“ е да се получат родителски линии, притежаващи желани гени, така че да могат да се кръстосат като родителски линии, които произвеждат превъзходно F_1 потомство спрямо съществуващите хибриди за най-голям брой агрономични характеристики.

Комбинативната способност е генетически предопределена и при междувидовата хибридизация. Разликата е в това, кой е най-важния за проследяване признак. В този случай това са степента на кръстосваемост (некръстосваемост или слаба кръстосваемост между родителските форми), завръза на семената, брой развили се F_1 растения и наличие или отсъствие на фертилност. Други особености на отдалечената хибридизация са: различна степен на безплодие, аборт на хибридното ембрио, получаване на семена с недоразвит ендосперм, намалена жизненост на хибридите в F_1, стерилност на получените хибриди и широк и продължителен формообразувателен процес (дълъг период на покой на хибридните семена). В понятието отдалеченост се включват и морфологични, анатомични, биохимични, физиологични и биофизични различия между индивидите на кръстосваните родове. Върху кръстосваемостта на видове от различни родове оказват влияние хромозомния брой на родителските форми, опрашването на близалцето в по-ранно развитие, обработката на пестика с растежни стимулатори, предварително въздействие на кръстосващите се растения с физични и химични фактори, както и екологичните фактори на отглеждане.

При вътревидовото опрашване проблем може да се окаже наличието на работещи пчели и бързото спадане на жизнеността на полена.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отчетен е хетерозисен ефект в F_1. Проявите на хетерозис (хипотетичен и истински) за признака добив семена са с високи положителни стойности, независимо от типа на хибридите, като наследяването е чрез свръхдоминиране. При всички хибриди наследяване-

то за признака тегло на 1000 смена е интермедиерно. Очертава се сходен генетичен контрол за тези признаци при всички хибриди слънчоглед.

В резултат на проучването са отбрани интерсни хибридни комбинации 333 A x 1016 R и 573 A x 912 R, които могат да бъдат включени в регистрация и последващо производство, за разлика от комбинацията 258 A x 102 R, която не е подходяща.

Това решава основната задача в селекционната програма при слънчогледа, която е разработване на дивергентни инбредни линии (комбинативна селекция) чрез отдалечената хибридизация с включени в генотипа им гени, контролиращи комплексно устойчивости към абиотични и биотични фактори, линии, които да участват в получаването на разнообразни, високодобивни и стабилни хибриди (хетерозисна селекция).

Хетерозисът в производството на семена може да доведе до повишен добив, тъй като слънчогледа е кръстосаноопрашваща се култура. Получаването на хетерозиса в F_1 хибридите и комбинативната способност на родителите е свързан с необходимостта от доста време и средства. По тази причина е добре да се намерят и методи за прогнозиране, подпомагащи целенасочения подбор на родители, които в най-висока степен да отговарят на селекционните цели и пазарни изисквания.

ЛИТЕРАТУРА

Ahmed, M. A., Tamer, H. A. H., & Hamdy, A. Z. (2021) Heterosis for seed, oil yield and quality of some different hybrids sunflower. OCL, 28, 25-28.

Aslam, S., Khan, S.M., Saleem, M., Qureshi, A.S., Khan, A., Aslam, M., & Khan, S.M. (2010) Heterosis for the movement of oil quality in sunflower (*Helli-anthus annuus* L.), Pakistan Journal of Botany, 42: 1003-1008.

Boeva, I., Hristova-Cherbadzhi, M., & Dobrichova, A. (2017). Potential and perspectives in the management of a sunflower-growing farm. In: „New Realities in Management“ Collection of papers from the jubilee international scientific conference on the occasion of the 50th anniversary of the Department of Management and Administration, October 20-21, 2017, „Science and Economics“ Publishing House, University of Economics - Varna, 167-177, ISBN 978-954-21-0947-1.

Boshnakova-Petrova, M., (2025). Oilseeds and Products Market Update. USDA. Bulgaria 2025.

Chahal, R. K., Dhillon, S. K., Kandhola, S. S., Kaur, G., Kaila, V., & Tyagi, V. (2019) Magnitude and nature of gene effects controlling oil content and quality components in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Helia, 42, 73–84.

Christov, M. (1991). Possibilities and problems in the hybridization of cultivated sunflower with species of the genus *Helianthus* L. Helia, 14(15): 35–40.

Christov, M. (1992). New sources of male sterility and opportunities for their utilization in sunflower hybrid breeding. *Helia*, 15(16), 41-47.

Christov, M. (1996a). Characterization of *Helianthus* species as sources of new features for sunflower breeding. Proceeding of the International Compositae Conference, Royal Botanic Gardens, Kew,UK, 24VII-5 VIII,1994, 2: 547-570.

Christov, M. (1996b). Hybridization of cultivated sunflower and wild *Helianthus* species. Proceeding of the International Compositae Conference, Royal Botanic Gardens, Kew,UK, 24VII-5 VIII,1994, 2, 603-615.

Christov, M. (1998). Using wide hybridization for production of new sunflower forms. XVth International Congress on Sexual Plant Reproduction, Wageningen, 16-21. 08. 1988.

Christov, M. (1999). Production of new CMS sources in sunflower. *Helia*, 22(31): 1-12.

Christov, M. (2000). Production of intergeneric hybrids in *Compositae*. Vortr. Pflanzenzüchtg, 47, 43.

Christov, M. (2013). Contribution of interspecific and intergeneric hybridization to sunflower breeding. Helia, 36 (58): 1–18.

Christov, M., Batchvarova, R., & Hristova-Cherbadzhi, M. (2009). Wild species of *Helianthus* L. - source of resistance to the parasite *Orobanche cumana* Wallr. Helia, 32(51), 65–74.

Dankov T. (1973). Cytoplasmic male sterility in cultivated plants and its significance for hybrid seed production. Agricultural Science, Sofia, №2 (Bg).

Depar, S., Baloch, M. J., Kumbhar, M. B., & Chachar, Q. D. (2017) Heterotic performance of F1 hybrids for phonological, yield, oil and protein traits of sunflower. Pakistan Journal Agriculture Engineering Veterinary Science, 33, 12–22

Fick G.N. (1978). Breeding and genetics. *In*: J.F. Carter (ed) Sunflower science and technology. Agron. Monogr. 19, ASA, CSSA, and SSSA, Madison, Wisconsin, 280-338.

Gulya, T., Rashid, K. Y. & Masirevic. S. M. (1997). Sunflower Diseases. B. Sunflower Technology and Production (Editor, A. A. Schneiter). P.p. 263-379.

Hladni, N., Skoric, D., & Balalic, M. K. (2010). Line x tester analysis for yield component in sunflower (Helianthus annuus L.). Genetica, 42(2), 297-306.

Hristova-Cherbadzhi,M. (2007). Study of new sunflower forms by remote hybridization received. Ph.D. thesis, Sofia, Bulgaria (Bg)

Hristova-Cherbadzhi, M. (2009). Characterization of hybrids, forms and lines, obtained from interspecific hybridization of cultivated sunflower *Helianthus annuus* L. with wild species of genus *Helianthus*. Biotechnology and Biotechnological Equipment, 23(2): 112-116.

Hristova-Cherbadzhi, M. (2012). Study of new forms of sunflower received by distant hybridization. Breeding and genetics of cultivated sunflower - methods, new lines, new crosses, new cms source. Lambert Academic Publishing, ISBN 978-3-659-13617-7.

Hristova-Cherbadzhi, M. (2023). The top Bulgarian contributions to sunflower breeding. Helia, 46(79): 143-167. ISSN: 1018-1806; e-ISSN: 2197-0483

Hristova-Cherbadzi, M. & Christov, M. (2009). Characterization of new sunflower R lines, obtained from the hybridization of cultivated sunflower *Helianthus annuus* L. with the annual species *Helianthus bolanderi* Gray. In: Modern scientific problems of creation of varietal and hybrid olive crops and technologies of their cultivation, Proceedings of the International Conference, August 4-6, 2009, Zaporozhye, Ukraine, 82-84.

Hristova-Cherbadzhi, M., & Molle, E. (2016). Evaluation of variation on sunflower single crosses. Proceeding of the 19th International Sunflower Conference, Edirne, Turkey, 583-592.

IASAS (2005) „Methodology for conducting distinctness, homogeneity and stability tests for sunflower (*Helianthus annuus* L.)", Bulgaria 2005

Kanwal, N., Sadaqat, H. A., Ali, Q., Ali, F. , Bibi, I. & Niazi, N. K. (2015). Breeding progress for morphology and genetic pattern in *Helianthus annuus* L. Life Science Journal, 12, 49-56.

Karasu, A. M., Oz, M., Sincik, A. T., Goksoy, Z. M., & Turan, T. (2010) Combining ability and heterosis for yield and yield component in sunflower. Notule Botaniceae Horti Agrobotanici Cluj, 38, 259-264.

Khan, H., Ali, S., Ahmed, I., Khan, I., Hussain, S., Khan, B.A., & Suhaib, M. (2018) Agronomic and qualitative evaluation of different local sunflower hybrids. *Pakistan Research*, 31, 69-78.

Krupnov, V. A. (1973). Genetic and cytoplasmic male sterility of plants. „Colossus", Moscow. (Ru).

Lakshman, S. S., Chakrabarty, N. R., Godki, M. K., & Kole, P. C. (2020). Heterosis study in sunflower (Helliantus annuus L) hybrid for yield attributing traits in high salinity condition for identification of superior sunflower hybrid for coastal saline belts. *European Journal of Experimental Biology*, 1, 1-10.

Leclercq, P. (1969). Une sterilite male cytoplasmique chez le tournesol. Ann. Amelior. *Plantes, 19*(2), 99-106.

Mather, K. & Jinks, J. L. (1982). Biometrical genetics. Chapman Hall, London.

Memon, S., Baloch, M.J., Baloch, G.M., & Jatoi, W. A. (2015) Combining ability through line x tester analysis for phenological, seed yield and oil traits in sunflower (Helianthus annuus L.). Euphytica, 204, 199-209.

Mena, H. P., Sujatha, M., & Varaprasad, K. S. (2013). Achievements and bottlenecks of heterosis breeding of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in India. Indian Journal of Genetic, 73, 123-130.

Omarov, D. S. (1975). To the methodology of accounting and estimating heterosis in plants. *Agricultural Biology, 10*(1), 123-127.

Pustovoit, G. V. (1963). Sunflower breeding for group immunity by the method interspecific hybridization. Oil and essential oil crops, Moscow, pp.75-92 (Ru).

Pustovoit, G. V. (1966a). Interspecies hybridization as a method of sunflower group immunity breeding. Genetics, 1, pp. 59-69 (Ru).

Pustovoit, G. V. (1966b). Breeding, seed production and some agrotechnical issues of the sunflower. Kolos, Moscow, 1-368 (Ru).

Pustovoit, G. V. (1967). Selection of sunflower for resistance to sclerotinia by the method interspecies hybridization, Bulletin of Scientific and Technical Information on Oil Cultures. Krasnodar, VNIIMK, vol. 1/7/, pp. 5-10 (Ru).

Pustovoit, G. V. (1968). Selection of sunflower for resistance to sclerotinia. „Agricultural Biology". M., „Colossus", vol. 3, No. 1, p. 91-95 (Ru)

Pustovoit, G. V. (1969a). Sunflower breeding for herd immunity by the method interspecific hybridization. Agricultural Biology, 6, pp. 803-812 (Ru).

Pustovoit, G. V. (1969b). Sunflower breeding for herd immunity by the method interspecific hybridization. Report on a collection of published and completed works of the candidate of agricultural sciences degree competition, Abstract, Moscow, p. 51 (Ru).

Pustovoit, G. V. (1975). Sunflower breeding for group immunity by the method interspecies hybridization. In the book Podsolnecnik, M., „Colossus", pp. 164-209 (Ru).

Saeed, M.Q., Razzaq, H., Mustafa, W., Farooqi, M. H., Fatima, Q. U. A., Tanveer, A., Kishwar, S., Sarwar, M .K. S., Asghar, S., & Majeed, T. (2023) Genetic assessment and estimation of combining ability for oil and yield related traits in sunflower (Helianthus annuus L.). Biological and Clinical Sciences Research Journal, 168, 1-8.

Satsyperov, F. (1916). Experience of crossing two forms of the sunflower Helianthus annuus x Helianthus argophyllus. Tr. acc. bot., gen. and selec. 9: 207-244. (Ru)

Schilling, E. E. (1997). Phylogenetic analysis of *Helianthus* (*Asteraceae*) based on chloroplast DNA restriction site data. Theor Appl Genet 94: 925-933.

Seiler, G. J., & Rieseberg, L. H. (1997). Systematics, Origin, and Germplasm Resources of the Wild and Domesticated Sunflower. p. 21-66. *In*: A.A. Schneiter (ed.) Sunflower Technology and Production.

Singh, R. K., & Chaudhary, B. D. (1979). Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis. Hierarchial and factorial mating designs for quantitative genetic analysis in tetrasomic potato. R. Ortis; A.Golmirzaie. Theor Appl Genet (2002) 104, pp. 675-679.

Skoric, D. (1982). Correlations for important agronomic characters between parent lines and F_1 hybrids. p. 238. *In* Proc. 10th Int.Sunflower Conf., Surfers Paradise, Australia. 14-18 March. Int. Sunflower Assoc., Paris, France.

Thompson, T. E., Zimmerman, D. C., & Roger, C.E. (1981). Wild *Helianthus* as a genetics resource. Field Crops Research, 4: 333-343.

Traykov, V. & Hristova-Cherbadzhi, M. (2026). Hybridization of *Helianthus annuus* L. and *Helianthus ciliaris* DC. Bulgarian Journal of Crop Science, 63(2), 98-107 (Bg).

Vikas, K., Shankegoud, I., & Govindappa, M. R. (2015). Evaluation and characterization of sunflower germplasm accessions for quantitative characters. Electronic Journal of Plant Breeding, 6, 257-263.

Yaseen, M., & Eskridge, K. M. (2020) DiallelAnalysisR: diallel analysis with R.R package version 0.3.0, https://cran.r-project.org/package=DiallelAnalysisR

Received: July, 23, 2026; *Approved:* August, 23, 2026; *Published:* October, 2026