

<https://doi.org/10.61308/BVXL5902>

Хибридизация между *Helianthus annuus* L. и *Helianthus ciliaris* DC

Величко Трайков*, Мирослава Христова-Чербаджи

Лесотехнически университет - гр. София

*E-mail: vtraykov@ltu.bg

Резюме: Дивият слънчоглед *Helianthus ciliaris* DC (Тексаска синя трева или Космат слънчоглед) е многогодишен вид. Целта на това изследване е да се получат хибриди от междувидово кръстосване и да се характеризира първото хибридно потомство. Извършена е хибридизация между дивия вид и култивирания слънчоглед *Helianthus annuus* L. Процентът на кръстосване е нисък (около 50%). Семена и хибридни растения са получени и в двете посоки на кръстосване. Докато при директното кръстосване бяха получени 20% F_1 растения от общия брой семена, при реципрочното кръстосване - само 2%. Всички растения от първото поколение имат едногодишен цикъл на развитие. F_1 хибридите силно наподобяваха култивирания слънчоглед по най-важните морфологични характеристики, въпреки че имат междинен тип на наследяване. Установено е, че дивите видове носят *Rf* гени за CMS Pet-1. След самоопрашване, кръстосано опрашване на F_1 растения и обратно кръстосване с култивиран слънчоглед са получени семена за F_2 , BC_1 поколенията.

Ключови думи: *Helianthus ciliaris* DC; междувидова хибридизация; слънчоглед

Hybridization of *Helianthus annuus* L. and *Helianthus ciliaris* DC

Velichko Traykov*, Miroslava Hristova-Cherbadzhi

Forestry University – Sofia, Bulgaria

*E-mail: vtraykov@ltu.bg

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

Abstract: The *Helianthus ciliaris* DC (Texas Blueweed or Hair-Like Sunflower) is a perennial species. The aim of our investigation is to receive hybrids from interspecific crossing and to characterize the first hybrid progeny. Hybridization between the wild species and cultivated sunflower *Helianthus annuus* L. was made. The cross ability rate was low (around 50 %). Seeds and hybrid plants were obtained in both directions of crossing. While in the direct cross 20% F_1 plants from the total number of seeds were obtained, in the reciprocal cross - only 2%. The F_1 plants had an annual growth cycle. The hybrid plants strongly resembled the cultivated sunflower by the most important morphological characters even though they had an intermediate type of heritability. It was established that the wild species carried *Rf* genes for CMS Pet-1. After self-pollination, sib-pollination of the F_1 plants and back-crossing with cultivated sunflower, seeds for F_2 , BC_1 generations were received.

Key words: *Helianthus ciliaris* DC; interspecific hybridization; sunflower

ВЪВЕДЕНИЕ

Установено е, че много от видовете в род *Helianthus* са носители на възстановителни

фертилността гени (*Rf*); гени, контролиращи цитоплазмената мъжка стерилност; гени, определящи устойчивостта към биотични (болести) и абиотични (околната среда) стресо-

ви фактори, високо съдържание на масло и отделни мастни киселини и други (Christov, 1996a;1996b; Christov et al., 2009; Christov, 2013; Hristova-Cherbadzhi, 2023). Включването им в междувидова хибридизация с културния слънчоглед е не само интересен от теоретична гледна точка, но и перспективен експеримент за получаване на генетично разнообразие. В момента отдалечената хибридизация е основният метод, който се прилага в селекцията на тази култура за постигането на разнообразен изходен материал, който след изравняване (получаване на инбредни линии) и характеризирание може да бъде включен в хетерозисната селекция и накрая в семепроизводството.

Дивият многогодишен вид *Helianthus ciliaris* D.C. (Космат слънчоглед) принадлежи към секция *Ciliares*, серия *Ciliares* (Schilling and Heiser, 1981; Seiler and Gulya, 2004), известен в Америка като „Тексаска синя трева“. „Синята трева“ се среща в сухи до влажни, алкални почви от крайна западна Оклахома, през Високите и Южните равнини и Западен Тексас, през Южно Ню Мексико до югоизточна Аризона и в Южна Калифорния. Местобитанията на *H. ciliaris* се простират до около 2600 m надморска височина. Хаплоидният брой хромозоми е $n=34$ (51) (Rogers et al., 1982). Това означава, че този вид тетраплоиден ($2n = 4x = 68$) и хексаплоиден ($2n = 6x = 102$) образци. Хромозомният набор на култивирания слънчоглед е $2n=34$, т.е. той е диплоиден вид.

Видът *Helianthus ciliaris* е интересен с това, че може да бъде донор на устойчивост към болести (патогени – мана и др., паразита - синя китка) (Christov, 1991; 2013; Hristova-Cherbadzi, 2009) и към неприятели – *Bothynus gibbosus* (Scarabaeidae), *Masonaphismasoni* (Aphididae), *Zygogramma exclamationis* (Chrysomelidae) (Rogers et al., 1982), източник на гени за ранозрялост (Christov, 1991; 2013) и *Rf* гени (Christov, 2013; Hristova-Cherbadzi, 2009). Видът е проучван като алтернативен източник на горива, възобновяеми ресурси, естествен каучук, полифенол, биоетанол (Seiler, 2007). Произвежда дехидрин (Giordani et al., 2003),

използван като лекарство против отоци при котки и кучета. Дехидринът (DHN) е мултифамилни протеини, присъстващи в растенията, които се произвеждат в отговор на стрес от студ и суша. Те са хидрофилни, надеждно термостабилни и неопределени, стрес протеини с голям брой заредени аминокиселини, които принадлежат към семейството на изобилните аминокиселини от Група II (LEA) (по FAO). Генът, който отговаря за продуцирането е проучен - GenBank, 2006: LOCUSCAC43181; VERSIONCAC43181.1, GI: 14588999; REFERENCE 1: Cavallini, A., Giordani, T. and Natali, L. Evolution of a dehydrin encoding DNA sequence within the genus *Helianthus*; REFERENCE 2: Cavallini, A. Submitted (04-OCT-2000) Cavallini A., Dept. Agricultural Plant. Biology, University of Pisa, Via Matteotti 1/B, Pisa, I-56124, ITALY.

Nenova et al. (2014), съобщават за успешна междувидова хибридизация между култивиран слънчоглед (*Helianthus annuus* L.) и многогодишния вид *Helianthus ciliaris* (M-092) чрез ембрионална култура за извършване на кръстосвания.

Целта на това изследване е да се получат хибриди от първото потомство след кръстосването, да се оцени комбинативната способност на родителите, участващи в междувидовата хибридизация и да се характеризира полученото хибридно потомство и проявата на хетерозис при него.

МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

Изходният материал, използван в проучването са три линии (стерилните аналози 11A, 333A и 125A и фертилните закрепители на стерилността 11B, 333B и 125B) от културния слънчоглед *Helianthus annuus* L. и многогодишния див вид *Helianthus ciliaris* D.C.

Многогодишният див вид *H. ciliaris* D.C. (образец PI 653552) е получен to NCRPIS, USA през 2013 г. и успешно интродуциран в опитна градина до гр. Добрич на почва - чернозем през 2020 г. Културният слънчоглед *H. annuus*,

включен в хибридизацията, е представен от три самоопрашени линии (инбредни) с техните фертилни закрепители на стерилността (В линията) и стерилните им аналози (А линията). Всички стерилни аналози са на основата на ЦМС РЕТ-1. Линия 125 е получена след многократно самоопрашване от сорт Иреге, Унгария и спада към маслодайния слънчоглед. Линиите са със справочен номер в ИАСАС: 4545/765.2017 (А); 4546/765.2017 (В) и са собственост на Михсан ЕООД. Линия 333 е получена от кръстоска между линия 234В х линия НА425В с последващо самоопрашване на отбрано F_1 растение. Линиите спадат към маслодайния слънчоглед, собственост на Михсан ЕООД и са със справочен номер в ИАСАС: 4544/765.2017 (А); 4543/765.2017 (В). Линия 11, спада към слънчогледа, подходящ за ядене.

Първоначалните кръстоски между дивия вид и културния слънчоглед са направени в две последователни години - 2023 г. и 2024 г. Родителските форми и получените през първата година хибридни растения са отгледани при полски условия в района на Добрич през 2024 г. Хибридизацията е извършвана по методиката, описана от Hristova-Cherbadzhi (2007) и Hristova-Cherbadzhi (2012).

При отдалечената хибридизация са осъществени двупосочни кръстоски от типа:

културен слънчоглед (А линия) х див вид
и див вид х културен слънчоглед (В линия).

Направена е морфологична и фенологична характеристика на *H. ciliaris*, на линиите културен слънчоглед и на полученото първо хибридно потомство.

Резултатите от опита при родителите и хибридите от правата кръстоска за признаците - височина на растението и диаметър на питата са статистически обработени. Статистическата обработка на експерименталните данни обхваща определянето на следните генетически характеристики с помощта на съответните методи: хипотетичен и истински хетерозис (Omarov, 1975); наследяване d/a (Genchev et.

al., 1975); варирането на признаците в родителските форми и хибридните генерации е определено с вариационния коефициент VC (Mather & Jinks, 1982); средното ниво на признаците е определено със средната аритметична ($\bar{x}$), а на диаметъра на питата - със средна квадратична ($\bar{x}_q$) (Snedecor, 1961).

Хипотетичният (Ххип) и *истинският* (Хист) хетерозис е изчислен по формулите на:

$$\text{Хист} = [(F_1 - P) / P] \times 100, \%,$$

където: F_1 - средната стойност за първо хибридно поколение,

P - средната стойност за по-добрия родител.

$$\text{Ххип} = \{ \{F_1 - [(P_1 + P_2) / 2]\} / [(P_1 + P_2) / 2] \} \times 100, \%,$$

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 - partial dominance),

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

d/a = $> \pm 1.0$ - свръхдоминиране (h - heterosis / superdominance);

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

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

вариационен коефициент (VC) - е пресметнат по формулата:

$$VC = \frac{Sd}{\bar{x}} \cdot 100 (\%),$$

където Sd - средно квадратно отклонение,
 $\bar{x}$ - средна аритметична стойност.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЯ

Многогодишният див вид *H. ciliaris* D.C. (PI 653552) е получен от NCRPIS, USA, предоставени на доц. М. Чербаджи, с подкрепата на проф. G. Seiler от USDA-ARS, Fargo, North Dakota, USA. Успешно е интродуциран в опитна градина до гр. Добрич на почва - чернозем през 2020 г. Силно развитие на образеца е отчетено през 2024 г. (Фигура 1). Тази година е наблюдавано така нареченото явление *тропически нощи*, когато нощните температури не падаха под 25 °C (през юли-август) по време на масовия цъфтеж. Това, в комбинация с неравномерното разпределение по време на вегетацията и на без това недостатъчните валежи е причина стопанската 2024 г. да бъде определена като крайно неблагоприятна, което доведе до значителни понижения на добивите на земеделските култури в северната част на България. Потвърждение на това намираме и в Доклада на FAS към UDSA от март 2025, където се казва, че „През пазарната година 2024/25 България събра най-малка-

та 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 метрични тона, най-малката реколта от 2013 г.“.

Видът *H. ciliaris* демонстрира висока устойчивост и отлична адаптация към условията на средата. Растенията достигат височина до 50 cm. Стъблата им са овласинени и са с белезникав цвят (като налеп). Листата са срещуположни и тесни с 1 жилка, вълнообразни, имат няколко малки, твърди власинки и са синьо-зелени на цвят. Обилно цъфна през септември-октомври, а може да цъфти юни-октомври (Rogers et al., 1982). При нашите условия той бутонизира юли, започва да цъфти август-септември, а узрява ноември. Вегетационният му период е продължителен. Вегетативните му органи остават зелени и жизнени до късна есен. Получени са и семена, дълги около 3 mm. Броят на семената в пита бе от 3 до 7. Съцветието е кошничка (пита), характерна за едно от най-големите семейства на цъфтящите растения, семейство *Asteraceae* (*Compositae*). Съцветията на дивия вид *H. ciliaris* са малки, с диск от 1,5 до 2,5 cm в диаметър и с 12 езичести цветове. Лобът на диска е червен (Фигура 2).



Фигура 1. Растения от вида *H. ciliaris*
 Figure 1. Plant *Helianthus ciliaris*



Фигура 2. Съцветие на *H. ciliaris*
 Figure 2. Heads of *Helianthus ciliaris*

Резултатите за кръстосването през 2023 г. са представени в таблица 1. Процентът на успешно осеменени съцветия не е много висок - от 46.15 до 50 % (може да се каже с относително добра кръстосваемост), а броят на семената от едно съцветие е нисък (средно от 1 до 19). През 2024 г. беше много сухо и вероятно поленът бързо е изгубил жизненост, защото кръстосваемостта тук е много, много ниска в правата кръстоска (8,7 %,от 23 съцветия само 2 са със семена - 1 и 3 на брой), а при реципрочната - семена не са получени.

Интересното е, че има разлика в резултатите от отделните линии. Това означава, че линиите, въпреки че всички са диплоиди, в различна степен се комбинират с *H. ciliaris*. Не винаги културният слънчоглед се кръстосва с дивите видове от род *Helianthus*. В случая, диплоидна хомогенна хомозиготна инбредна линия трябва да се съчетае с хексаплоиден хетерозиготен образец-популация, което не напълно се е получило. С линия 11 не са получени семена от кръстоските. Това е необходимо да се обясни, защото поради малките съцветия и малкото количество отделен полен от тях, прашецът се събира от няколко пити заедно, а не растение по растение, а при реципрочната кръстоска влияние, вероятно оказва и цитоплазмата от дивия вид.

Комбинирането на една с друга родителска форма по време на процеса хибридизация се нарича комбинативност. Тази способност определя предаването на желаните гени и характеристики в тяхното потомство, като се търси по-добро изявяване на признаците там.

Комбинативната способност е генетически предопределена, но степента на кръстосваемост зависи и от условията на средата, както в случая - високата температура и ниската въздушна влажност.

Според Georgieva-Todorova (1976) кръстосваемостта и плодовитостта на отдалечените хибриди се обуславя от родствената отдалеченост на родителските форми и степента на генетичните различия между тях. Хибридизацията е ограничена от генетична несъвместимост при кръстосване, генетична отдалеченост и различни нива на пloidност. Между основните проблеми на отдалечената хибридизация са липса или слаба кръстосваемост между родителските форми и получаване на семена с недоразвит ендосперм. Chandler and Beard (1978) потвърждават, че един от механизмите, който пречи на успешното кръстосване е абортът на хибридно ембрио. Според Olivieri et al. (1988) в някои случаи на несъвместимост поленовите зърна не достигат до стигмата, а в други прорастването на поленовите тръбички се блокира в тъканите на стигмата и горната част на стъбалцето. Посоката на кръстосване също оказва влияние върху степента. При извършване на реципрочни кръстоски се увеличават възможностите за кръстосване на дивите видове с културния слънчоглед. Според Hristova-Cherbadzhi (2007) и Hristova-Cherbadzhi (2012), при многогодишните видове най-висок процент сполучливи кръстоски и жизнени хибридни растения се получават от групата на хексаплоидните видове, следва-

Таблица 1. Степен на кръстосваемост, завръз на семената и покълване в двете посоки на кръстосване
Table 1. Degree of crossability, seed setting and germination in both directions of crossing

Опрашени съцветия /Pollinated inflorescences			Общ брой семена / Total number of seeds	Брой хибридни растения Number of hybrid plants	
общ брой/ total number	със семена/ seeds			брой/ number	%
брой/ number	%				
<i>H. annuus</i> x <i>H. ciliaris</i>					
6	3	50.00	59	12	20.3
<i>H. ciliaris</i> x <i>H. annuus</i>					
13	6	46.15	106	2	1.89

ни от тетраплоидните и накрая диплоидните. Фертилността на F_1 растенията е висока при кръстоски с едногодишните видове, докато хибридите на някои многогодишни видове в F_1 и BC_1 поколение проявяват висока степен на стерилност. От значение е и посоката на кръстосване. Между основните проблеми на отдалечената хибридикация е стерилността на получените хибриди, дългия период на покой на хибридните семена и т.н. Колкото по-трудно се кръстосват видовете, толкова по-разнообразни са хибридните потомства. С две думи, основният проблем в междувидовата хибридикация при слънчогледа е ембрионалната и постембрионалната несъвместимост, която се опитваме да преодолеем с този опит.

Общият брой семена за правата кръстоска е 59, а за реципрочната - 106. Завръзът на семена за отделна комбинация обаче е много нисък. Средният брой на тръбестите цветове в съцветието на културния слънчоглед е 1300, а за дивия вид - 130, т.е. от 1 съцветие на културния слънчоглед средно са получени 20 семена (1,54 %), а на дивия - 17 (13 %). Въпреки по-ниския завръз при правата кръстоска са отгледани общо 12 F_1 растения или 20,3 %, за разлика от 1.89 % при кръстоската *H. ciliaris* x *H. annuus* или 2 хибридни растения. Тези проценти на F_1 растенията спрямо получените семена посочват ниската кълняемост и жизненост на хибридните семена.

Растенията от F_1 поколението имат едногодишен цикъл на развитие, подобен на

този на култивирания слънчоглед, за разлика от дивия многогодишен вид. Хибридните растения силно наподобяваха култивирания слънчоглед по най-важните морфологични характеристики, въпреки че имат междинен тип наследственост – интермедиерно наследяване между двата родителя (Таблица 2). Стъблото F_1 растенията е зелено и окосмено. Срещат се разклонени и неразклонени форми. Разклоненията започват от основата на стъблото и продължават до средата му. Цветоносното стъбло е издължено и завършва с едно централно съцветие. Този признак е типичен за дивия вид. Наличието на разклонения в хибридните материали предполага доминантно наследяване и е морфологичен маркер за успешна хибридикация, подобно на антоциана, който също е характерен признак за дивия вид. Те доказват трансфер на генетичен материал от *H. ciliaris* към генотипа на F_1 растенията. Листата са сърцевидни с изострен и удължен връх, зелени, окосмени. Съцветията на F_1 са дребни, както при тези на дивия вид, но по-едри от тях, с тъмнолилави тръбести цветове и близалце, оранжев прашец и оранжево-жълти езичести цветове.

Процентът на вариране (VC) и за двата признака при *H. ciliaris* (популация) е малко по-висок и почти двоен спрямо този при *H. annuus* (линия) (Таблица 3). Линията за разлика от популацията е самоопрашена, изравнена, в хомозиготно състояние на генотипа.

Най-добра представа за хибридното потомство от правата кръстоска дава наследяване-

Таблица 2. Характеризиране на родители и техен F_1 хибрид, 2024

Table 2. Characterization of parents and their F_1 hybrid, 2024

Признаци/Traits	<i>H. annuus</i>	F_1 <i>H. annuus</i> x <i>H. ciliaris</i>	<i>H. ciliaris</i>
Фенологични показатели/Phenological parameters			
Жизнен цикъл/ Life cycle	едногодишен/ annual	едногодишен /annual	многогодишен/ perennial
Вегетационен период, дни/ Vegetation period, days	115	122	253
Продължителност на цъфтеж на централното съцветие, дни/ Duration of flowering of the central inflorescence, days	9	7	5

Морфологични показатели/Morphological parameters			
Хипокотил /Hypocotyl			
Антоцианово оцветяване/ <i>Anthocyanin staining coloration</i>	липсва/ <i>missing</i>	средно/ <i>average</i>	средно/ <i>average</i>
Събло/ Stem			
Височина на растенията, cm/ <i>Height of the plants, cm</i>	120-130	140-160	40-50
Разклоненост/ <i>Branching</i>	липсва/ <i>missing</i>	от основата до средата/ <i>from the base to the middle</i>	в основата/ <i>at the base</i>
Брой разклонения/ <i>Number of branches</i>	0	3 - 7	1 - 3
Оцветяване/ <i>Staining Coloration</i>	зелено/ <i>green</i>	зелено/ <i>green</i>	зелено/ <i>green</i>
Трихоми при върха/ <i>Trichomes at the top apex</i>	много слабо/ <i>very weak</i>	средно/ <i>average</i>	средно/ <i>average</i>
Лист/ leaf			
Брой листа/ <i>number of leaves</i>	24 - 28	32 - 36	64 - 71
Дължина на листната петура, cm/ <i>Leaf blade length, cm</i>	25 - 27	15 - 18	6 - 9
Ширина на листната петура, cm/ <i>Leaf width, cm</i>	23- 25	7 - 9	2 - 3
Цвятна листната петура/ <i>Leaf Petal Color</i>	зелен/ <i>green</i>	зелен/ <i>green</i>	синьо-зелен/ <i>blue-green</i>
Дължина на листната дръжка, cm/ <i>Petiole length, cm</i>	12 - 13	2 - 3	1
Антоцианово оцветяване/ <i>Anthocyanin staining coloration</i>	липсва/ <i>missing</i>	липсва/ <i>missing</i>	липсва/ <i>missing</i>
Съцветие/ Inflorescence			
Положение на централната пита/ <i>Position of the central head</i>	полуобърнато/ <i>half inverted</i>	вертикално/ <i>vertically</i>	вертикално/ <i>vertically</i>
Форма от страната на семето/ <i>Seed side shape</i>	изпъкнал/ <i>convex</i>	изпъкнала/ <i>convex</i>	изпъкнала/ <i>convex</i>
Диаметър централната пита, cm/ <i>Diameter of the central head , cm</i>	20- 22	8-19	1,5 - 2,5
Брой прицветни листа/ <i>Number of bracts</i>	52	38	35
Оцветяване/ <i>Staining Coloration</i>	зелено/ <i>green</i>	зелено/ <i>green</i>	синьо-зелено/ <i>blue-green</i>
Брой езичести цветове/ <i>Number of single ray flower</i>	36	28-32	12
Оцветяване/ <i>Staining Coloration</i>	оранжево/ <i>orange</i>	оранжево/ <i>orange</i>	оранжево/ <i>orange</i>
Форма/ <i>Form</i>	яйцевидна/ <i>ovoid</i>	яйцевидна/ <i>ovoid</i>	удължена/ <i>elongated</i>
Брой тръбести цветове/ <i>Number of disk flowers</i>	1262 - 1383	679 - 1252	129- 134
Оцветяване на тръбестите цветове/ <i>Coloring coloration of disk flowers</i>	жълто/ <i>yellow</i>	тъмнолилаво/ <i>dark purple</i>	тъмнолилаво/ <i>dark purple</i>
Оцветяване на полена/ <i>Pollen coloring</i>	жълто/ <i>yellow</i>	оранжево/ <i>orange</i>	оранжево/ <i>orange</i>
Семе/ seed			
Ронливост/ <i>Friability</i>	липсва/ <i>missing</i>	при узряване/ <i>upon ripening</i>	при узряване / <i>upon ripening</i>
Големина/ <i>Size</i>	средна/ <i>average</i>	малка/ <i>small</i>	малка/ <i>small</i>
Форма/ <i>Form</i>	яйцевидна/ <i>ovoid</i>	яйцевидна/ <i>ovoid</i>	яйцевидна/ <i>ovoid</i>
Основен цвят/ <i>Primary color</i>	черен/ <i>black</i>	кафяв-черен/ <i>brown-black</i>	кафяв/ <i>brown</i>
Технологични показатели/ Technological parameters			
Брой семена от самоопрашване/ <i>Number of seeds from self-pollination</i>	6-36	1-5	0
Осеменяване:/ <i>Insemination:</i>			
- при принудително самоопрашване - in forced self-pollination	0-3	0-2.82	0
- при свободно опрашване, %- with open pollination, %	72.1	0.83-15.7	4.6

то d/a, варирането (VC) и истинският хетерозис по показателите височина на растенията и диаметър на питата. Варирането на признака височина на растението е 29,85 %, а за диаметъра на питата - 7,13 %. Тези стойности са по-високи от тези за родителите. Този резултат можем да обясним с разнообразие в популацията, което се проектира и в хибридната генерация.

Наблюдава се свръхдоминиране по отношение височината като влияние за изязата на признака при хибрида оказва по-високия родител. По отношение диаметъра на питата също се наблюдава доминиране на културния слънчоглед като родител в кръстоската, но по-точно частично доминиране.

F₁ растенията проявяват силно изявен хетерозис по отношение височината на стъблото като хипотетичният е 80,67%, а истинският - 23,13 %. Що се отнася до признака диаметър на питата е отчетен висок хипотетичен хетерозис, докато истинският е с отрицателна стойност, т.е. тук има изявен хетерозисен ефект спрямо родителят с по-висока стойност.

Част от F₁ растенията са фертилни. Това показва, че дивия вид е носител на Rf гени за ЦМС РЕТ-1. Може да бъде използван за донор, но трябва да се вземе на предвид, че генотипът на дивия вид е в хетерозиготно състояние, щом има и мъжкостерилни растения. Стерилността може да бъде и белег за гене-

тична и биологична отдалеченост на двата вида и трудно преодоляване на бариерите на несъвместимост. След свободно опрашване на тези растения са получени от 1 до 5 семена. След самоопрашване на 5 централни съцветия са получени общо 16 семена (Фигура 3). След кръстосването с прашец от F₁ растенията на културния слънчоглед - линия 125A са получени от 7 до 43 семена или от 0,5 до почти 5 % завръз. Положителният резултат за семена, зародили се при обратното кръстосване (бекросна кръстоска), показва, че прашецът от F₁ хибридите е жизнеспособен.



Фигура 3. Семена от *H. ciliaris*., *H. annuus*-линия 333A и F₁ *H. annuus* x *H. ciliaris*
Figure. 3. Seeds of *H. ciliaris*., *H. annuus*- line 333A and F₁ *H. annuus* x *H. ciliaris*

Таблица 3. Статистическа обработка по генетически характеристики при родители и техен F₁ хибрид, 2024

Table 3. Statistical processing of genetic characteristics in parents and their F1 hybrid, 2024

P ₁ - <i>H. annuus</i>		P ₂ - <i>H. ciliaris</i>		F ₁ - <i>H. annuus</i> x <i>H. ciliaris</i>				
χ	VC	χ	VC	χ	VC	d/a	X хип	X ист
Височина на растението/ Height of the plant								
124,5	3,91	45,2	4,89	153,3	29,85	1,73 h	80,67	23,13
Диаметър на питата/ Diameter of head								
21,0	2,74	2,2	5,19	16,7	7,13	0,54 pd	43,97	-20,48

pd (partialdominance) - частично доминиране;
h (heterosis / superdominance) - свръхдоминиране;
(+) - влияе родителят с по-висока стойност на отчитания признак

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение може да се каже, че ядрен генетичен материал от дивия вид е пренесен в културния слънчоглед чрез успешно директно кръстосване. Осъществена е междувидова хибридизация между многогодишния *Helianthus ciliaris* и *Helianthus annuus* при полски условия. Степента на кръстосваемост е относително добра, но броят на семената от едно съцветие - нисък. Несъвместимостта между двете родителски форми е висока. Този резултат се дължи вероятно на далечната родствена връзка или на други причини, например като по-високия цитоплазмен ефект на многогодишния вид върху хромозомната конюгация и др. Семена от двупосочното кръстосване са получени, въпреки че процентът им е много нисък. F_1 растенията имат междинен тип наследственост, но наподобяват дивия родител по най-важните биоморфологични характеристики. След самоопрашване и кръстосването им с културния слънчоглед са получени семена за F_2 и BC_1 поколенията.

Благодарности

Изключително много благодарим на проф. G. Seiler от USDA-ARS, Fargo, North Dakota, USA за помощта в избора и да получим от North Central Regional Plant Introduction Station (NCRPIS), USA образеца PI 653552 от вида *H. ciliaris* D.C., както и на Laura Marek от USDA-ARS-MWA-PIRU, Iowa State University (ISU), Ames, IA.

ЛИТЕРАТУРА

- Chandler, J. M., & Beard, B. H.** (1978). *Sunflower interspecific hybridization using embryo culture*. p. 510-515. In Proc. 8th Int. Sunflower Conf., Minneapolis, MN. 23-27 Juli 1978. Int. Sunflower Assoc., Paris, France.
- 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.** (1996a). Hexaploid *Helianthus* species as a rich source of germplasm for the sunflower breeding. In: Proceedings of the EUCARPIA Symposium on

- Breeding of oil and protein crops, 5-8. VIII, August, Zaporozhye, Ukraine, pp. 46–56.
- Christov, M.** (1996b). Characterization of wild *Helianthus* species as sources of new features for sunflower breeding. In: Caligari P.D.S. & Hind D.J.N. (eds). *Compositae: Biology & Utilization. Proceedings of the International Compositae Conference*, Kew, 1994, 2, pp. 547–570, Royal Botanic Gardens, Kew.
- 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.: Sources of resistance to the parasite *Orobanche cumana* Wallr. *Helia*, 32(51), 65-73.
- FAO** - https://agrovoc.fao.org/skosmosOneCGIAR/cgi/ar/page/?clang=tr&uri=c_23e9c76f
- Report of FAS, USDA, 2025. Oilseeds and Products Market Update - https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Oilseeds%20and%20Products%20Market%20Update_Sofia_Bulgaria_BU2025-0004.pdf
- Genchev, G., Marinkov, E., Yovcheva, V., & Ognianova, A.** (1975). Biometric methods in plant breeding, genetics and selection. *Zemizdat, Sofia*, pp. 226-229 (Bg).
- Georgieva-Todorova Y.** (1976). Interspecific relationships in the genus *Helianthus* L. ed. Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, 167 p. (Bg).
- Giordani, T., Natali, L., & Cavallini, A.** (2003). Analysis of a dehydrin encoding gene and its phylogenetic utility in *Helianthus*. *Theoretical and applied genetics*, 107(2), 316-325.
- Hristova-Cherbadzi, M.** (2007). *Study of new sunflower forms by remote hybridization* (Doctoral dissertation, Ph. D. Dissertation, Sofia).
- Hristova-Cherbadzi, 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 & Biotechnological Equipment*, 23(sup1), 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*. LAP 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.
- Mather, K., & Jinks, J. L.** (1982). Biometrical Genetics. Chapman and Hall. London, UK.
- Nenova, N., Valkova, D., Encheva J., & Tahsin N.** (2014). Promising lines as a result from interspecific hybridization between cultivated sunflower (*Helianthus annuus* L.) and the perennial species *Helianthus ciliaris* (M-092) via embryo culture. Balkan Agricultural

- Congress - Edirne, TURKEY. Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences Special, 2: 1654–1659.
- Olivieri A. M., Lucchin, M., & Parrini, P.** (1988). Self-sterility and incompatibility in sunflower. Proc. of the 12th Intern. Sunfl. Conf., Novi Sad, Yugoslavia, Vol. II, p.p. 339-343.
- Omarov, D. S.** (1975). To the methodology of accounting and estimating heterosis in plants. *Agricultural Biology*, 10(1), 123-127.
- Rogers, Ch. E., Thompson, T. E., & Seiler, G. J.** (1982). III. Section *Ciliares*: series *Ciliares*. Sunflowers with Hair-Like Cilia. In: *Sunflower Species of the United States*, p. 22, 67–68. NSA, Fargo, U.S.A.
- Schilling E. E. & Heiser C. B.** (1981). Intrageneric classification of *Helianthus* (*Compositae*). *Taxon* 30, pp. 393-403.
- Seiler G. & Gulya T.** (2004). Exploration for wild *Helianthus* species in North America: Challenges and opportunities in the search for global treasures. Proc. 16th Int. Sunflower Conf., August 29-September 2, 2004, Fargo, ND, USA.
- Seiler, G. J.** (2007). The potential of wild sunflower species for industrial uses. In: Institute of Field and Vegetable Crops, Oil Crops Department, *Helia*, 30:175-198.
- Snedecor, D. U.** (1961). Statistical methods applied to research in agriculture and biology. Moscow, Selkhozgiz.

Received: January, 25, 2026; *Approved:* March, 02, 2026; *Published:* April, 2026