

УДК 631.523:633.854.78

ГЕТЕРОЗИС ПО КОМПЛЕКСУ ХОЗЯЙСТВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ У СТЕРИЛЬНЫХ ГИБРИДОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА

В.В. Волгин,

доктор сельскохозяйственных наук

А.Д. Обыдало,

младший научный сотрудник

ФГБНУ ВНИИМК

Россия, 350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17

Тел.: (861) 259-44-23

E-mail: vniimk-centr@mail.ru

Для цитирования: Волгин В.В., Обыдало А.Д. Гетерозис по комплексу хозяйственно-биологических признаков у стерильных гибридов подсолнечника // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2015. – Вып. 4 (164). – С. 3–13.

Ключевые слова: подсолнечник, линия, гибрид, признак, гетерозис, доминирование, промежуточное наследование.

Целью данной работы является изучение проявления эффекта гетерозиса в потомстве F_1 новых линий подсолнечника по комплексу хозяйственно-биологических признаков. Опыты проводили в 2012–2014 гг. на полях центральной экспериментальной базы ВНИИМК, г. Краснодар. Две современные стерильные материнские формы в 2012 г. опылялись под изолятором типа «фукав» каждой из 10 линий-опылителей, которые характеризуются высокой или средней комбинационной способностью по урожайности семян. Полученные гибриды в количестве 20 образцов и их родительские компоненты в 2013–2014 гг. оценивались по комплексу хозяйственно-биологических признаков. По урожайности семян в 2013 и 2014 гг. наблюдался положительный истинный гетерозис у всех 20 изучаемых гибридов. Совершенно другое явление наблюдалось по конкурентному гетерозису. Так, например, в 2013 г. только у трех гибридов, или 15 %, отмечался положительный достоверный гетерозис, а в 2014 г. – у шести гибридов, или в 30 % случаев. При этом следует отметить, что три гибрида, которые показали положительный достоверный гетерозис в 2013 г., подтвердили это явление и в 2014 г. По признаку

масличности семян положительный истинный достоверный гетерозис отмечался у девяти гибридов, или 45 %, в 2013 г. и 10 гибридов, или 50 % от общего числа, в 2014 г. В 2013 г. достоверно высокий истинный гетерозис по сбору масла проявился у 19 гибридов, или 95 % от общего числа, у одного гибрида, или 5 % из всех изученных образцов, – отрицательный гетерозис, в 2014 г. – у 18 гибридов, или в 90 % случаев, наблюдался положительный гетерозис. Необходимо отметить, что достоверно высокий истинный гетерозис имеет место быть практически у всех изученных гибридов как по урожайности семян, так и по сбору масла. По данным за 2013 г., достоверно высокий конкурентный гетерозис по признаку сбора масла отмечался у пяти гибридов, или 20 % от общего числа, в 2014 г. этот показатель составил шесть гибридов, или 30 % от общего числа изученных в опыте образцов. В то же время у девяти гибридов, или 45 %, в 2013 г. и восьми гибридов, или 40 % от общего числа, в 2014 г. наблюдался достоверный отрицательный конкурентный гетерозис.

UDC 631.523:633.854.78

Heterosis on a complex of economically biological traits in sterile sunflower hybrids

Volgin V.V., doctor of agriculture

Obydalo A.D., junior researcher

FGBNU VNIIMK

17, Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia

Tel.: (861) 259-44-23

vniimk-centr@mail.ru

Key words: sunflower, line, hybrid, trait, heterosis, dominance, intermediate inheritance.

A purpose of this work was to study an effect of heterosis in F_1 progeny of new sunflower lines on a complex of economically biological traits. The trials were conducted in fields of the institute in Krasnodar region in 2012–2014. Two modern sterile maternal forms were pollinated under an insulator (so call “sleeve”) by each of ten lines-pollinators characterized with a high or middle combining ability on seed yield. The obtained 20 hybrids and their parental components were estimated on a complex of economically biological traits in 2013–2014. The positive true heterosis was observed in all 20 studied hybrids on seeds yield in 2013 and 2014. A quite different phenomenon was observed for a competitive heterosis. Thus, for example, a positive true heterosis was noted only for three hybrids, or 15%, in 2013 and for six hybrids, or 30%, in 2014. Here with it should be mentioned three hybrids having the positive true heterosis in 2013

showed it in 2014 too. On a trait 'oil content' of seeds we observed the positive true heterosis in nine hybrids, or 45%, in 2013 and in ten hybrids, or 50% of total amount, in 2014. On trait 'oil yield' 19 hybrids, or 95%, showed the positive true heterosis and one hybrid (or 5%) had the negative heterosis in 2013, and 18 hybrids, or 90% of total amount, showed the positive heterosis in 2014. A really high true heterosis can be noted almost for all hybrids both on seed yield and oil yield. Due to data for 2013, really high competitive heterosis on a trait 'oil yield' was marked for five hybrids, or 20%, in 2014 there were six such hybrids, or 30% of a total amount of samples studied during trials. At the same time, nine hybrids, or 45%, in 2013 and eight hybrids, or 40% of total amount, in 2014 showed the true negative competitive heterosis.

Введение. Проявление эффекта гетерозиса впервые нашло применение в исследованиях с гибридной кукурузой [1]. В настоящее время это явление широко используется почти у всех культурных растений [2].

В бывшем СССР в 20–30-х годах прошлого столетия проводилась интенсивная работа по межсортовой гибридизации подсолнечника [3; 4; 5]. Однако это направление не получило широкого распространения в силу относительно низкой прибавки урожайности у межсортовых гибридов.

Более результативными оказались исследования по инбридингу с целью создания в дальнейшем межлинейных гибридов. В СССР эти работы проводились, начиная с 1919 г. на Саратовской опытной станции Плачек [3; 4]. Было установлено, что в некоторых случаях гибридизация самоопыленных линий существенно повышает урожайность семян подсолнечника. В дальнейшем эти исследования были продолжены Морозовым [7], несколько позже аналогичные работы нашли применение во ВНИИМК [5; 6; 8].

Недостатком приводимой выше работы являлось то, что не удавалось полу-

чать полностью гибридное потомство, т.к. часть семян завязывалась от самоопыления и проявление эффекта гетерозиса было неполным.

Открытие надежного и в дальнейшем широко применяемого источника ЦМС (цитоплазматической мужской стерильности) Leclercq [9] и обнаружение Kinman [10] генов восстановления фертильности пыльцы создало все необходимые условия для развития гетерозисной селекции и гибридного семеноводства подсолнечника.

В процессе исследований, проведенных Ананьевой [15] на Саратовской опытной станции и Щербаком [14] на Воронежской станции, установлено, что гетерозис у гибридов подсолнечника проявляется не только по урожайности семян, но и по высоте растений, диаметру корзинки и площади листовой поверхности.

Также рядом отечественных авторов: Ждановым [15], Картамышевым [16], Климовым [17; 18], выявлено, что, наряду с повышением урожайности семян, в первом поколении некоторых гибридов произошло увеличение крупности семян, высоты растений, а в отдельных случаях возросла устойчивость к поражению заразой, ложной мучнистой росой, ржавчиной и другими болезнями.

В.С. Пустовойт еще в 20-е годы прошлого столетия считал перспективным использование гетерозиса подсолнечника. Им были получены первые гибриды подсолнечника, которые превосходили на 21–41 % по урожайности семян лучшие сорта того периода [11]. В опытах Морозова [12] были получены межлинейные гибриды подсолнечника, лучшие из которых превышали стандартный сорт Саратовский 169 по урожайности семян на 17–22 %, а по сбору масла с гектара – на 28–41 %.

Вольф и Думачева [19] установили в своих опытах, что более 50 % изученных гибридов показали значительный гетерозис по сравнению с наиболее продуктивным родителем, однако перспективных комбинаций, превышающих стандарт по урожайности семян на 10 % и более, было сравнительно немного (10–20 % в зависимости от условий года). Выявлено, что гетерозис по сбору масла даже у лучших комбинаций ниже, чем по урожайности семян. Это находит свое объяснение в пониженной масличности самоопыленных линий.

По сведениям, представленным Думачевой [20], гетерозис по продуктивности у гибридов подсолнечника обеспечивается, главным образом, за счет увеличения числа семян в корзинке, существенное превышение их по лужистости и массе 1000 семян наблюдалось значительно реже. Однако лучшие комбинации проявляли гетерозис по обоим элементам урожайности. Межлинейные гибриды наибольший гетерозис проявляли по урожайности семян, сбору масла и высоте растений.

Аналогичные результаты получили в исследованиях, проведенных Kesteloot, Colabelliet al. [21]. Выявлено, что высокоурожайные гибриды, в отличие от низкоурожайных, имели длинные и широкие семядоли, длинный первый лист, крупные листья, большую высоту растений, более крупные корзинки, большую сухую массу листьев, стеблей, корзинок, большее число семян на корзинку и более высокую массу семян, были устойчивы к ржавчине.

Зажарским и др. [22] установлено, что проявление гетерозиса по элементам продуктивности у масличного подсолнечника носит дискретный характер. Чаще всего репродуктивное сверхдоминирование проявляется за счет массы 1000 семян (47,1 %), реже – по количеству семян в корзинке (30,6 %) и комплексу признаков (20,3 %).

В опытах, осуществленных Бочковым и Савченко [23] проявлялся гетерозис по высоте растений у всех, без исключения, гибридных комбинаций. Масличность семян наследуется, как правило, по высокомасличному родителю, однако имеются случаи промежуточного наследования и сверхдоминирования. Стерильные простые гибриды существенно (более чем в 2 раза) превосходили исходные родительские формы по устойчивости к фомопсису.

В исследованиях Hladni et al. [24] наблюдалось высокое проявление эффекта гетерозиса у гибридов подсолнечника по урожайности семян, их числу в корзинке и массе 1000 семян по сравнению со средними значениями родителей и с лучшим родителем.

Леоновой, Кириченко и Сивенко [25] установлено, что характер наследования массы 1000 семян зависит от значения данного признака у родительских компонентов гибридов подсолнечника. При получении крупноплодных гибридов проявлялись доминирование лучшей родительской формы или же гетерозис. Большое значение имеет установленный факт проявления у подсолнечника гетерозисного эффекта в образовании масла в семенах [26].

Повышение масличности гибридов по сравнению с родительскими инцухт-линиями следует рассматривать как своего рода последствие гетерозиса, проявляющегося у гибридов в форме увеличения числа и размера листьев [27]. Это влияет на увеличение фотосинтетической деятельности и количества образующихся в листьях углеводов, служащих исходным материалом для синтеза масла.

Эффективность использования метода межлинейной гибридизации в селекции на гетерозис по таким основным компонентам продуктивности, как высокая масличность семян (ядра), крупносемянность, а также значительная облиственность и высокорослость, предопределена

проявлением по ним эффектов гетерозиса, либо доминированием [28].

Горбаченко [29] изучал проявление эффекта гетерозиса по ряду признаков на примере создания низкорослых гибридов для условий Ростовской области. Им установлено, что почти все гибриды по основным элементам структуры урожая проявили гетерозис. Большинство изученных гибридов проявили гетерозис по урожаю семян за счет уменьшения количества пустых семян в центральной части корзинки и увеличения их крупности. Наследование признака длительности периода от всходов до цветения в большинстве случаев идет по раннеспелому родителю или носит промежуточный характер с доминированием раннеспелого родителя. Удлинение вегетационного периода относительно поздней исходной формы наблюдается очень редко, и было отмечено за все годы изучения всего лишь у 1,8–5,6 % комбинаций. Для получения высокомасличных гибридов необходимо привлекать в скрещивания низкорослые формы подсолнечника с высоким содержанием масла в семянках или же подбирать отцовскую форму, обладающую высокой комбинационной способностью по этому признаку. Для получения тонколузжистых низкорослых гибридов необходимо привлекать в скрещивания лучшие по этому показателю исходные родительские компоненты. В то же время отмечено незначительное проявление гетерозиса по массе 1000 семян, высоте растений и диаметру корзинки.

В опытах Marinkovic [30] высота растений подсолнечника наследовалась по типу сверхдоминирования. Важную роль в определении высоты растений в F_1 играли аддитивные и неаддитивные эффекты с преобладанием последних, т.к. соотношение ОКС/КС было равно 0,013. По числу листьев на растении у девяти гибридов F_1 было частичное доминирование, промежуточное наследование – у трех комбинаций, доминирование – у двух и сверхдоминирование – у одной комбинации.

Рядом авторов [31; 32; 33] выявлено, что урожайность гибридов достоверно зависит от генетической отдаленности родительских линий.

Отмечая значительный объем проведенных исследований по гетерозису межлинейных гибридов подсолнечника, следует сказать, что основные работы носили в большинстве случаев фрагментарный характер (изучались 1–2 признака). Нами созданы новые линии подсолнечника на основе самоопыления простых, трехлинейных и двойных межлинейных гибридов, происходящих от лучших линий, полученных из сортов и в результате скрещиваний линий с современными коммерческими гибридами.

В связи с этим нами была поставлена задача изучения проявления эффекта гетерозиса в потомстве F_1 новых линий подсолнечника по комплексу хозяйственно-биологических признаков.

Материалы и методы. Опыты проводили в 2012–2014 гг. на полях центральной экспериментальной базы ВНИИМК, г. Краснодар.

Современные материнские формы ВА93А (линия под номером 11), Кубанский 93А (простой гибрид на основе ЦМС, номер 12) в 2012 г. опылялись под изолятором типа «рукав» каждой из 10 отцовских линий: СЛ₁₃2310Б (1), СЛ₁₃3854Б (2), ВК654Б (3), СЛ₀₅16Б (4), СЛ₁₃2196Б (5), СЛ₁₃2272Б (6), СЛ₁₂3876Б (7), СЛ₁₃2286Б (8), СЛ₁₃2260Б (9), СЛ₁₃2266Б (10).

Следует отметить, что все перечисленные выше линии характеризуются высокой или выше средней комбинационной способностью по урожайности семян.

Полученные гибриды в количестве 20 образцов и их родительские компоненты выращивались в 2013–2014 гг. на четырехрядных делянках в трехкратной повторности, общая площадь делянки 24,5 м², учетная – 12,2 м². Густота стояния растений составила 55–60 тыс. шт./га. Контролем служил трехлинейный скороспелый гибрид Юпитер.

В течение вегетации проводили фенологические наблюдения (длительность периода всходы–цветение), биометрические измерения (высота растений, наклон корзинки, диаметр корзинки, количество листьев) по методике в изложении Лукомца и др. [34]. Объем выборки составлял 25 учетных растений.

После уборки учитывали урожайность и массу 1000 семян. Масличность определяли методом ядерно-магнитного резонанса.

Достоверность различий (HSP_{05}) вычисляли по методике в изложении Доспехова [35], степень доминирования (степень фенотипического проявления признака) – посредством сравнения средней выраженности признака у гибрида и обеих родительских форм по формуле Beil, Atkins [36]:

$$h_p = \frac{F_1 - m_p}{P - m_p},$$

где h_p – оценка доминантности;

F_1 – среднее арифметическое признака в первом поколении гибрида;

P – среднее арифметическое значение признака более мощного родителя;

m_p – среднее арифметическое значение признака родителей.

При условии $h_p > 1$ классифицировали положительный гетерозис, $h_p = 0,5-1,0$ – положительное доминирование, при h_p в диапазоне от $+0,5$ до $-0,5$ – промежуточное наследование, при $h_p = -0,5$ до $-1,0$ – отрицательное доминирование, при $h_p < -1,0$ – отрицательный гетерозис.

Величину истинного и конкурсного гетерозиса вычисляли по Омарову [37]:

$G_{ист.}, \% = F_1 - P_{лучш.}/P_{лучш.}$ – гетерозис истинный,

$G_{конк.}, \% = F_1 - St/St$ – гетерозис конкурсный,

где F_1 – среднее арифметическое значение признака в первом поколении гибрида;

$P_{лучш.}$ – среднее арифметическое значение признака более мощного родителя;

St – среднее арифметическое значение признака стандарта.

Результаты и обсуждение. Достоверность различий между вариантами и по-

вторностями устанавливали с помощью однофакторного дисперсионного анализа. Дисперсионный анализ опыта, включающего родительские линии и гибриды F_1 , позволил выявить, что различия между вариантами достоверны, а между повторностями отсутствуют. Это дает возможность проводить анализ проявления эффекта гетерозиса по изучаемым признакам.

В процессе осуществления исследований было установлено, что отдельные гибриды обладают достоверно более высокими показателями изучаемых признаков по сравнению с гибридом подсолнечника Юпитер.

По показателям изучаемых 11 признаков родительских компонентов и их гибридов определяли фенотипическое проявление и предполагаемый тип наследования. В 2013 г. (табл. 1) у 40 % гибридов наблюдался положительный гетерозис по признаку продолжительность периода всходы–цветение, что не является желательным для производственных целей, исключение составляют только те случаи, когда этот процесс сопровождается гетерозисом по признаку продуктивности семян подсолнечника.

Таблица 1

Степень доминирования хозяйственно-биологических признаков у простых стерильных гибридов подсолнечника ($n = 20$)

г. Краснодар, ВНИИМК, 2013 г.

Признак	Фенотипическое проявление, %				
	положит. гетерозис	положит. доминир.	промежут. наследование	отрицат. доминир.	отрицат. гетерозис
Период всходы–цветение	40	5	25	15	15
Высота растений	60	30	10	-	-
Количество листьев	75	10	15	-	-
Диаметр корзинки	95	5	-	-	-
Наклон корзинки	10	15	50	15	10
Кол-во семян в корзинке	100	-	-	-	-
Масса 1000 семян	90	5	5	-	-
Урожай семян	100	-	-	-	-
Урожайность семян	95	5	-	-	-
Масличность семян	70	20	10	-	-
Сбор масла	100	-	-	-	-

В остальных случаях отмечали все возможные варианты фенотипического проявления изучаемого признака – от положительного доминирования до отрицательного гетерозиса.

По высоте растений в основном отмечался положительный гетерозис – в 60 % случаев, что, при превышении оптимального уровня, может отрицательно сказаться на габитусе растений (нежелательны растения выше 190 см). Положительное доминирование было у 30 % растений, у 10 % – промежуточное наследование.

Что касается количества листьев, то наблюдалось соотношение, аналогичное признаку высота растения. Положительный гетерозис по этому признаку был у 75 % растений и положительное доминирование – у 10 % растений, что является положительным явлением, т.к. это может повысить продуктивные способности подсолнечника, и промежуточное наследование – у 15 % растений.

По признаку диаметр корзинки в 95 % случаев проявился положительный гетерозис, в остальных вариантах – положительное доминирование, что, конечно, может способствовать повышению продуктивности семян у подсолнечника.

Наклон корзинки наследовался во всех возможных вариантах – от положительного до отрицательного гетерозиса, при этом наибольшее число фенотипических проявлений было промежуточным. С точки зрения селекции, первичного и промышленного семеноводства, конечно, наилучшим является уменьшение величины наклона корзинки: при этом они лучше освещаются, проветриваются, что, в свою очередь, снижает развитие многих болезней подсолнечника и такие растения более технологичны для уборки комбайном.

Стопроцентный положительный гетерозис был отмечен по признаку количества семян в корзинке, а это практически напрямую положительно влияет на урожайность семян подсолнечника, при

условии отсутствия существенного снижения массы 1000 семян.

Однако в наших исследованиях масса 1000 семян в 90 % случаев наследовалась по типу положительного гетерозиса и только в 10 % случаев проявилось положительное доминирование и промежуточное наследование. Это явление также положительно сказывается на урожайности семян подсолнечника.

По признаку урожай семян наблюдался 100 %-ный положительный гетерозис, что и следовало ожидать, судя по данным двух предыдущих признаков.

Аналогичное явление было отмечено и по урожайности семян (95 %) и сбору масла (100 %).

Что касается масличности семян, то в 70 % случаев наблюдался положительный гетерозис, в 20 % – положительное доминирование и в 10 % – промежуточное наследование.

Аналогичное фенотипическое проявление изучаемых признаков отмечено с незначительным отклонением и в 2014 г. (табл. 2).

Таблица 2

Степень доминирования хозяйственно-биологических признаков у простых стерильных гибридов подсолнечника (n = 20)

г. Краснодар, ВНИИМК, 2014 г.

Признак	Фенотипическое проявление, %				
	положит. гетерозис	положит. доминир.	промежут. наследование	отрицат. доминир.	отрицат. гетерозис
Период всходы–цветение	30	10	25	25	10
Высота растений	65	25	10	-	-
Количество листьев	65	25	10	-	-
Диаметр корзинки	95	5	-	-	-
Наклон корзинки	25	20	30	5	20
Кол-во семян на корзинке	100	-	-	-	-
Масса 1000 семян	90	10	-	-	-
Урожай семян	100	-	-	-	-
Урожайность семян	100	-	-	-	-
Масличность семян	85	5	10	-	-
Сбор масла	100	-	-	-	-

Учитывая то, что селекционера интересует фенотипическое проявление положительного гетерозиса по признакам, контролирующим продуктивность семян подсолнечника, отметим различия именно по этим показателям.

Так, если в 2013 г. по количеству листьев положительный гетерозис наблюдался в 75 %, то в 2014 г. – в 65 % случаев, по диаметру корзинки цифры были одинаковыми – 95 %, по количеству семян на корзинке – 100 % и массе 1000 семян – 90 %, урожаю семян, урожайности семян и сбору масла – 95–100 %. Небольшие различия отмечены по масличности семян; так, если в 2013 г. положительный гетерозис наблюдался в 70 %, то в 2014 г. – в 85 % случаев.

Наиболее важными признаками, характеризующими продуктивность семян подсолнечника, являются урожайность и масличность семян, а также сбор масла. Именно по этим показателям нами изучались истинный и конкурсный гетерозис.

Таблица 3

Проявление гетерозиса по урожайности семян гибридов подсолнечника, %

г. Краснодар, ВНИИМК

Комбинация скрещивания	Гетерозис			
	истинный		конкурсный*	
	2013 г.	2014 г.	2013 г.	2014 г.
11А × 1Б	11,9**	92,2**	-10,3**	-19,6**
12А × 1Б	11,9**	16,3**	-9,2**	-4,6
11А × 2Б	97,0**	110,2**	-1,9	-12,1**
12А × 2Б	11,5**	13,6**	-9,1**	-6,9
11А × 3Б	87,2**	50,0**	-22,9**	-37,3**
12А × 3Б	15,0**	9,2**	-6,3	-10,5**
11А × 4Б	112,8**	128,6**	-0,9	4,6
12А × 4Б	43,1**	233,6**	16,6**	19,9**
11А × 5Б	142,3**	145,5**	4,1	5,9
12А × 5Б	36,2**	38,7**	11,0**	13,7**
11А × 6Б	97,7**	100,0**	-18,8**	-16,3**
12А × 6Б	9,2**	12,7**	-11,0**	-8,8**
11А × 7Б	119,1**	118,0**	-10,0**	-8,8**
12А × 7Б	13,1**	198,4**	-7,8	-7,8**
11А × 8Б	139,9**	154,3**	0	7,2
12А × 8Б	32,3**	34,3**	-7,8	10,1**
11А × 9Б	120,8**	129,7**	3,1	11,1**
12А × 9Б	44,2**	45,0**	17,6**	19,0**
11А × 10Б	13,0**	99,2**	-5,6	16,7**
12А × 10Б	26,5**	10,8**	3,1	-9,2**

* – урожайность стандартного гибрида Юпитер в 2013 г. составила 3,19 т/га, в 2014 г. – 3,06 т/га;
** – отклонение существенно на 5 %-ном уровне значимости

Как следует из таблицы 3, по урожайности семян в 2013 и 2014 гг. наблюдался положительный истинный гетерозис у всех 20 изучаемых гибридов. Совершенно другое явление наблюдалось по конкурсному гетерозису. Так, например, в 2013 г. только у трех гибридов, или 15 %, отмечали положительный достоверный гетерозис, а в 2014 г. – у шести гибридов, или в 30 % случаев. При этом следует отметить, что три гибрида, которые показали положительный достоверный гетерозис в 2013 г., подтвердили это явление и в 2014 г.

Наряду с положительным наблюдался и достоверный отрицательный конкурсный гетерозис как в 2013, так и в 2014 г.

По признаку масличность семян положительный истинный достоверный гетерозис отмечался у девяти гибридов, или 45 %, в 2013 г. и у 10 гибридов, или 50 % от общего числа, – в 2014 г. (табл. 4).

Таблица 4

Проявление гетерозиса по масличности семян гибридов подсолнечника, %

г. Краснодар, ВНИИМК

Комбинация скрещивания	Гетерозис			
	истинный		конкурсный*	
	2013 г.	2014 г.	2013 г.	2014 г.
11А × 1Б	9,9**	10,3**	-0,4	5,6**
12А × 1Б	2,6	16,5**	0,2	5,5**
11А × 2Б	3,9	4,7	-5,8**	0,2
12А × 2Б	-1,7	0,2	-4,4**	2,2
11А × 3Б	12,6**	13,3**	2,1	8,5**
12А × 3Б	6,0**	7,8**	3,1	8,5**
11А × 4Б	11,9**	14,0**	1,5	9,2**
12А × 4Б	3,9	-5,1**	1,0	5,8**
11А × 5Б	11,2**	11,4**	0,8	6,7**
12А × 5Б	0,2	2,0	-2,9	2,7
11А × 6Б	4,3**	7,0**	-6,2**	2,5
12А × 6Б	-2,1	0,7	-4,8**	1,3
11А × 7Б	3,4	4,4	-6,2**	0
12А × 7Б	-4,1	-2,2	-6,7**	-2,0
11А × 8Б	5,5**	5,4**	-4,4**	0,9
12А × 8Б	-3,2	-3,1	-5,8**	-2,5
11А × 9Б	12,4**	13,7**	3,5	11,2**
12А × 9Б	5,3**	7,5**	2,5	8,3**
11А × 10Б	3,7	2,6	-0,6	-1,8
12А × 10Б	-2,4	-1,6	5,0**	-0,9

* – масличность стандартного гибрида Юпитер в 2013 г. составила 48 %, в 2014 г. – 44,8 %;
** – отклонение существенно на 5 %-ном уровне значимости

В 2014 г. у одного гибрида, или 5 % от общего числа, наблюдался достоверный отрицательный истинный гетерозис.

Положительный достоверный конкурсный гетерозис по масличности семян в 2013 г. отмечался только в одном случае из 20 (5 %), в то же время отрицательный достоверный конкурсный гетерозис наблюдался у восьми гибридов, или 40 % от общего числа. В 2014 г., в отличие от 2013 г., достоверно высокий конкурсный гетерозис имел место быть у девяти гибридов, или у 45 % от общего числа.

Таким образом, наряду с урожайностью и по масличности в наших исследованиях наблюдался положительный достоверно высокий конкурсный гетерозис.

Проявление истинного и конкурсного гетерозиса по сбору масла у гибридов подсолнечника представлено в таблице 5.

Таблица 5

Проявление гетерозиса по сбору масла у гибридов подсолнечника, %

г. Краснодар, ВНИИМК

Комбинация скрещивания	Гетерозис*			
	истинный		конкурсный	
	2013 г.	2014 г.	2013 г.	2014 г.
11А × 1Б	143,1**	114,3**	10,1**	-14,6**
12А × 1Б	15,6**	18,3**	-8,7**	1,6
11А × 2Б	105,9**	122,5**	-23,9**	-11,4**
12А × 2Б	-10,9**	12,5**	-13,0**	-4,9
11А × 3Б	113,7**	71,4**	-21,0**	-31,7**
12А × 3Б	22,0**	15,4**	-3,6	-2,4
11А × 4Б	142,1**	166,0**	0	14,6**
12А × 4Б	48,5**	51,0**	18,1**	27,6**
11А × 5Б	144,5**	178,0**	5,1	13,0**
12А × 5Б	36,7**	38,5**	8,0	17,1**
11А × 6Б	36,4**	116,3**	23,2**	-13,8**
12А × 6Б	7,3**	9,6**	-15,2**	-7,3
11А × 7Б	127,5**	128,6**	-15,9**	-8,9**
12А × 7Б	9,2**	7,7	-13,8**	-8,9**
11А × 8Б	158,8**	171,4**	-4,4	8,1
12А × 8Б	28,4**	27,9**	1,5	8,1
11А × 9Б	149,2**	162,1**	6,5	23,6**
12А × 9Б	52,3**	52,9**	20,3**	29,7**
11А × 10Б	139,2**	106,1**	-11,6**	-17,9**
12А × 10Б	12,8**	-4,8	11,7**	-9,8**

* – сбор масла у стандартного гибрида Юпитер в 2013 г. составил 1,38 т/га, в 2014 г. – 1,23 т/га;

** – отклонение существенно на 5 %-ном уровне значимости

В 2013 г. достоверно высокий истинный гетерозис проявился у 19 гибридов, или 95 % от общего числа, у одного гиб-

рида – отрицательный гетерозис, или 5 % из всех изученных образцов.

В 2014 г. достоверно высокий истинный гетерозис наблюдался у 18 гибридов, или 90 % от общего числа.

Следует отметить, что достоверно высокий истинный гетерозис проявляется практически у всех изученных гибридов как по урожайности семян, так и по сбору масла.

По данным за 2013 г., достоверно высокий конкурсный гетерозис по признаку сбора масла отмечался у пяти гибридов, или 20 % от общего числа, в 2014 г. этот показатель составил шесть гибридов, или 30 % от общего числа изученных в опыте образцов. В то же время у девяти гибридов, или 45 %, в 2013 г. и восьми гибридов, или 40 % от общего числа, в 2014 г. наблюдался достоверный отрицательный конкурсный гетерозис.

Очевидно, что наблюдаемое явление довольно редкого проявления конкурсного гетерозиса по урожайности и сбору масла у изученных гибридов объясняется довольно высокими показателями этих признаков у стандартного гибрида подсолнечника Юпитер, с которым эти гибриды и сравнивались.

В целом, можно отметить, что среди ЦМС-тестеров лучшим по комбинационным способностям является простой гибрид Кубанский 93А (12), среди отцовских образцов – линии СЛ₀₅16Б (4), СЛ₁₃2196Б (5), СЛ₁₃2286Б (8), СЛ₁₃2260Б (9).

Заключение. Установлено, что отдельные гибриды обладают достоверно более высокими показателями изучаемых признаков по сравнению со стандартным гибридом подсолнечника Юпитер. У 40 % гибридов наблюдался положительный гетерозис по признаку продолжительность периода всходы–цветение, что является нежелательным для производственных целей, исключение составляют только те случаи, когда этот процесс сопровождается гетерозисом по признаку продуктивности семян подсолнечника. В остальных случаях отмечали все воз-

возможные варианты фенотипического проявления изучаемого признака – от положительного доминирования до отрицательного гетерозиса. Стопроцентный положительный гетерозис был отмечен по признаку количества семян на корзинке и в 90 % случаев – положительный гетерозис по массе 1000 семян, а это практически напрямую положительно влияет на урожайность семян подсолнечника.

По урожайности семян в 2013 и 2014 гг. наблюдался положительный истинный гетерозис у всех 20 изучаемых гибридов. Совершенно другое явление наблюдалось по конкурсному гетерозису. Так, например, в 2013 г. только у трех гибридов, или 15 %, отмечали положительный достоверный гетерозис, а в 2014 г. – у шести гибридов, или в 30 % случаев. При этом следует отметить, что три гибрида, которые показали положительный достоверный гетерозис в 2013 г., подтвердили это явление и в 2014 г. По признаку масличности семян достоверный положительный истинный гетерозис отмечался у девяти гибридов, или 45 %, в 2013 г. и десяти гибридов, или 50 % от общего числа, в 2014 г. В 2013 г. достоверно высокий истинный гетерозис по сбору масла проявился у 19 гибридов, или 95 % от общего числа, у одного гибрида – отрицательный гетерозис, или 5 % из всех изученных образцов, в 2014 г. достоверно высокий истинный гетерозис наблюдался у 18 гибридов, или 90 % от общего числа.

Следует отметить, что достоверно высокий истинный гетерозис проявляется практически у всех изученных гибридов как по урожайности семян, так и по сбору масла.

По данным за 2013 г., достоверно высокий конкурсный гетерозис по признаку сбора масла отмечался у пяти гибридов, или 20 % от общего числа, в 2014 г. этот показатель составил шесть гибридов, или 30 % от общего числа изученных в опыте образцов. В то же время у девяти гибридов, или 45 %, в 2013 г. и восьми гибридов, или 40 % от общего числа, в 2014 г.

наблюдался достоверный отрицательный конкурсный гетерозис.

Список литературы

1. *Гужов Ю.Л.* Гетерозис и урожай. – М.: Колос, 1969. – 219 с.
2. *Лобашев М.Е.* Генетика. – Л.: Изд-во ЛГТУ, 1967. – 718 с.
3. *Плачек Е.М.* Формообразовательные процессы у подсолнечника под влиянием гибридизации и инцухта // Труды всесоюзного съезда по генетике, селекции, семеноводству и племенному животноводству. – Л., 1930. – Т. 2. – С. 395–396.
4. *Плачек Е.М.* Селекция подсолнечника // Селекция и семеноводство. – 1936. – Т. 7. – № 8. – С. 12–22.
5. *Пустовойт В.С.* Избранные труды. – М.: Колос, 1966. – 368 с.
6. *Щербак С.Н.* Шесть лет инцухта подсолнечника // Яровизация. – 1940. – № 2. – С. 49.
7. *Морозов В.К.* Оценка инцухт-семей подсолнечника при помощи диаллельных скрещиваний // Селекция и семеноводство. – 1936. – № 2. – С. 55–59.
8. *Ягодкин И.Г.* Применение метода инцухта и диаллельных скрещиваний в культуре подсолнечника // Селекция и семеноводство. – 1937. – № 1. – С. 21–27.
9. *Leclercq P.* Sunflower hybrids using male sterility // Proc. of the 4 Intern. Sunfl. Conf., Memphis, Tennessee. – 1970. – P. 123–126.
10. *Kinman M.L.* New developments in USDA and State Experiment Station sunflower breeding programs // Proc. of the 4 Intern. Sunfl. Conf., Memphis, Tennessee. – 1970. – P. 181–183.
11. *Пустовойт В.С.* Избранные труды. – М.: Колос, 1966. – 368 с.
12. *Морозов В.К.* Практическое использование эффекта гетерозиса у подсолнечника // Семеноводство. – 1934. – № 4. – С. 69.
13. *Ананьева С.В.* Гибридологический анализ некоторых признаков подсолнечника // Физиологическая стойкость озимых и яровых хлебов и подсолнечника // Труды Саратовской опытной станции. – М., 1936. – С. 15–21.
14. *Щербак С.Н.* Шесть лет инцухта подсолнечника // Яровизация. – 1940. – № 2. – С. 49.
15. *Жданов Л.А.* Подсолнечник // Краткий отчет о научно-исследовательской работе за 1950 год. – Краснодар, 1951. – С. 238–241.
16. *Картамышев В.Г.* Вопросы семеноводства подсолнечника и льна масличного // Краткий отчет о научно-исследовательской работе ВНИИМК за 1951 год. – Краснодар, 1952. – С. 121–131.
17. *Климов И.М.* О комбинационной способности сортов подсолнечника // Селекция и семеноводство масличных культур. – Краснодар, 1972. – С. 71–75.

18. Климов И.М. Межсортовая гибридизация подсолнечника и эффект гетерозиса // Сб.: Казахская опытная станция ВНИИ масличных культур. – Алма-Ата, 1977. – С. 10.

19. Вольф В.Г., Думачева Л.П. Гетерозисный эффект у подсолнечника // Селекция и семеноводство. – Киев, 1972. – Вып. 20. – С. 64–69.

20. Думачева Л.П. Проявление гетерозиса у гибридов первого поколения подсолнечника: автореф. дис. канд. ... с.-х. наук. – Харьков, 1972. – 25 с.

21. Kesteloot J., Colabelli M. [et al.]. Determinacion de las diferencias entre hibridos de alto y bajo rendimiento en girasol (*Helianthus annuus* L.) // Proc. of the 2nd Intern. Sunfl. Conf. – Buenos Aires, 1985. – 2. – P. 781–786.

22. Зажарский В.Т., Михайлова А.П., Егорова Т.Т. Наследование хозяйственно-ценных признаков у подсолнечника при внутривидовой гибридизации // Гибридизация и мутагенез в селекции растений. – Воронеж, 1988. – С. 103–121.

23. Бочковой А.Д., Савченко В.Д. Наследование некоторых признаков у межлинейных гибридов подсолнечника // Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 1997. – Вып. 118. – С. 3–5.

24. Hladni, N., Scoric D., Kraljevic-Balalic M., Ivanovic M., Sacac Z. and Miklic V. Heterosis for agronomically important traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.) // *Helia*. – 2007. – 30. – № 7. – P. 191–198.

25. Леонова Н.Н., Кириченко В.В., Сивенко А.А. Проявление эффекта гетерозиса и комбинационная способность линий подсолнечника кондитерского типа // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2015. – Вып. 1 (161). – С. 16–21.

26. Гундаев А.И. Использование гетерозиса у подсолнечника и получение гибридных семян на основе мужской стерильности // Гетерозис в растениеводстве. – Л., 1968. – С. 358–367.

27. Вольф В.Г. Гетерозис у подсолнечника и использование цитоплазматической мужской стерильности // Гетерозис в растениеводстве. – Л.: Колос, 1968. – С. 348–357.

28. Буллов В.В. Генетическое обоснование и результаты использования метода межлинейной гибридизации в селекции подсолнечника: дис. ... д-ра с.-х. н. – Харьков, 1988. – 238 с.

29. Горбаченко Ф.И. Селекция и гетерозис низкорослых форм подсолнечника: дис. ... канд. с.-х. наук. – Ростов-на-Дону, 1981. – 189 с.

30. Marincovic R. Inheritance of plant height and leaf number in diallel crossings of sunflower inbreds // Proc. of 10th Intern. Sunfl. Conf. Surfers Paradise, Australia, March 14–18, 1982. – P. 232–233.

31. Cheres M.T., Miller J.F., Crane J.M., Knapp S.L. Genetic distance as a predictor of heterosis and hybrid performance within and between heterotic groups in sunflower. *Theor. and Appl. // Genet.* – 2000. – V. 100. – No 6 – P. 889–894.

32. Усов В.В. Некоторые особенности изучения и оценки самоопыленных линий подсолнечника для получения гетерозисных гибридов. – Автореф. дис. канд. с.-х. наук. – Рамонь, 2003. – 27 с.

33. Усатов А.В., Горбаченко Ф.И., Азарин К.В., Горбаченко О.Ф., Тихобаева В.Е., Маркин Н.В. Связь между эффектом гетерозиса у гибридов и генетическими дистанциями между родительскими линиями подсолнечника // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2013. – Вып. 2 (155–156). – С. 8–13.

34. Лукомец В.М., Тишков Н.М., Баранов В.Ф., Пивень В.Т., Уго Торро Корреа, Шуляк И.И. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами. – Краснодар, 2010. – 327 с.

35. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

36. Beil G.M., Atkins R.E. Inheritance of quantitative characters in grain sorghum // *G. of science State*. – 1965. – Vol. 39. – P. 345–358.

37. Омаров Д.С. К методике учета и оценки гетерозиса у растений // *Сельскохозяйственная биология*. – М.: Колос, 1975. – С. 123–127.

References

1. Guzhov Yu.L. Geterozis i urozhay. – М.: Kolos, 1969. – 219 s.

2. Lobashev M.E. *Genetika*. – L.: Izd-vo LGTU, 1967. – 718 s.

3. Plachek E.M. Formoobrazovatel'nye protsessy u podsolnechnika pod vliyaniem gibrizatsii i intsukhta // *Trudy vsesoyuznogo s'ezda po genetike, seleksii, semenovodstvu i plemennomu zhivotnovodstvu*. – L., 1930. – T. 2. – S. 395–396.

4. Plachek E.M. *Selektsiya podsolnechnika // Selektsiya i semenovodstvo*. – 1936. – T. 7. – № 8. – S. 12–22.

5. Pustovoyt V.S. *Izbrannye trudy*. – М.: Kolos, 1966. – 368 s.

6. Shcherbak S.N. *Shest' let intsukhta podsolnechnika // Yarovizatsiya*. – 1940. – № 2. – S. 49.

7. Morozov V.K. *Otsenka intsukht-semey podsolnechnika pri pomoshchi diallel'nykh skreshchivaniy // Selektsiya i semenovodstvo*. – 1936. – № 2. – S. 55–59.

8. Yagodkin I.G. *Primenenie metoda intsukhta i diallel'nykh skreshchivaniy v kul'ture podsolnechnika // Selektsiya i semenovodstvo*. – 1937. – № 1. – S. 21–27.

9. Leclerq R. Sunflower hybrids using male sterility // *Proc. of the 4 Intern. Sunfl. Conf., Memphis, Tennessee*. – 1970. – P. 123–126.

10. Kinman M.L. New developments in USDA and State Experiment Station sunflower breeding programs // Proc. of the 4 Intern. Sunfl. Conf., Memphis, Tennessee. – 1970. – P. 181–183.
11. Pustovoyt V.S. Izbrannye trudy. – M.: Kolos, 1966. – 368 s.
12. Morozov V.K. Prakticheskoe ispol'zovanie efekta geterozisa u podsolnechnika // Semenovodstvo. – 1934. – № 4. – C. 69.
13. Anan'eva S.V. Gibridologicheskiy analiz nekotorykh priznakov podsolnechnika // Fiziologicheskaya stoykost' ozimyykh i yarovyykh khlebov i podsolnechnika // Trudy Saratovskoy opytnoy stantsii. – M., 1936. – C. 15–21.
14. Shcherbak S.N. Shest' let intsukhta podsolnechnika // Yarovizatsiya. – 1940. – № 2. – C. 49.
15. Zhdanov L.A. Podsolnechnik // Kratkiy otchet o nauchno-issledovatel'skoy rabote za 1950 god. – Krasnodar, 1951. – S. 238–241.
16. Kartamyshev V.G. Voprosy semenovodstva podsolnechnika i l'na maslichnogo // Kratkiy otchet o nauchno-issledovatel'skoy rabote VNIIMK za 1951 god. – Krasnodar, 1952. – S. 121–131.
17. Klimov I.M. O kombinatsionnoy sposobnosti sortov podsolnechnika // Seleksiya i semenovodstvo maslichnykh kul'tur. – Krasnodar, 1972. – S. 71–75.
18. Klimov I.M. Mezhsortovaya gibridizatsiya podsolnechnika i effekt geterozisa // Sb.: Kazhskaya opyt'naya stantsiya VNII maslichnykh kul'tur. – Alma-Ata, 1977. – S. 10.
19. Vol'f V.G., Dumacheva L.P. Geterozisnyy effekt u podsolnechnika // Seleksiya i semenovodstvo. – Kiev, 1972. – Vyp. 20. – S. 64–69.
20. Dumacheva L.P. Proyavlenie geterozisa u gibridov pervogo pokoleniya podsolnechnika: avtoref. dis. kand. ... s.-kh. nauk. – Khar'kov, 1972. – 25 s.
21. Kesteloot J., Colabelli M. [et al.]. Determinacion de las diferencias entre hibridos de alto y bajo rendimiento en girasol (*Helianthus annuus* L.) // Proc. of the 2nd Intern. Sunfl. Conf. – Buenos Aires, 1985. – 2. – P. 781–786.
22. Zazharskiy V.T., Mikhaylova A.P., Egorova T.T. Nasledovanie khozyaystvenno-tsennykh priznakov u podsolnechnika pri vnutrividovoy gibridizatsii // Gibridizatsiya i mutagenez v seleksii rasteniy. – Voronezh, 1988. – S. 103–121.
23. Bochkovoy A.D., Savchenko V.D. Nasledovanie nekotorykh priznakov u mezhlineynykh gibridov podsolnechnika // Nauch.-tekh. byul. VNIIMK. – 1997. – Vyp. 118. – C 3–5.
24. Hladni, N., Scoric D., Kravec-Balalic M., Ivanovic M., Sacac Z. and Miklic V. Heterosis for agronomically important traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.) // *Helia*. – 2007. – 30. – No 7. – R. 191–198.
25. Leonova N.N., Kirichenko V.V., Sivenko A.A. Proyavlenie efekta geterozisa i kombinatsionnaya sposobnost' liniy podsolnechnika konditerskogo tipa // Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK. – 2015. – Vyp. 1 (161). – S. 16–21.
26. Gundaev A.I. Ispol'zovanie geterozisa u podsolnechnika i poluchenie gibridnykh semyan na osnove muzhskoy steril'nosti // Geterozis v rastenievodstve. – L., 1968. – S. 358–367.
27. Vol'f V.G. Geterozis u podsolnechnika i ispol'zovanie tsitoplazmaticheskoy muzhskoy steril'nosti // Geterozis v rastenievodstve. – L.: Kolos, 1968. – S. 348–357.
28. Burlov V.V. Geneticheskoe obosnovanie i rezul'taty ispol'zovaniya metoda mezhlineynoy gibridizatsii v seleksii podsolnechnika: dis. ... d-ra s.-kh. n. – Khar'kov, 1988. – 238 s.
29. Gorbachenko F.I. Seleksiya i geterozis nizkoroslykh form podsolnechnika: dis. ... kand. s.-kh. nauk. – Rostov-na-Donu, 1981. – 189 s.
30. Marincovic R. Inheritance of plant height and leaf number in diallel crossings of sunflower inbreds // Proc. of 10th Intern. Sunfl. Conf. Surfers Paradise, Australia, March 14–18, 1982. – P. 232–233.
31. Cheres M.T., Miller J.F., Crane J.M., Knapp S.L. Genetic distance as a predictor of heterosis and hybrid performance within and between heterotic groups in sunflower. *Theor. and Appl. Genet.* – 2000. – V. 100. – No 6 – P. 889–894.
32. Usov V.V. Nekotorye osobennosti izucheniya i otsenki samoopylenykh liniy podsolnechnika dlya polucheniya geterozisnykh gibridov. – Avtoref. dis. kand. s.-kh. nauk. – Ramon', 2003. – 27 s.
33. Usatov A.V., Gorbachenko F.I., Azarin K.V., Gorbachenko O.F., Tikhobaeva V.E., Markin N.V. Svyaz' mezhdru efektom geterozisa u gibridov i geneticheskimi distantsiyami mezhdru roditel'skimi liniyami podsolnechnika // Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK. – 2013. – Vyp. 2 (155–156). – C. 8–13.
34. Lukomets V.M., Tishkov N.M., Baranov V.F., Piven' V.T., Ugo Torro Korrea, Shulyak I.I. Metodika provedeniya polevykh agrotekhnicheskikh opytov s maslichnymi kul'turami. – Krasnodar, 2010. – 327 s.
35. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 s.
36. Beil G.M., Atkins R.E. Inheritance of quantitative characters in grain sorghum // *G. of science State.* – 1965. – Vol. 39. – P. 345–358.
37. Omarov D.S. K metodike ucheta i otsenki geterozisa u rasteniy // *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya.* – M.: Kolos, 1975. – C. 123–127.