

ПРОЯВЛЕНИЕ ЭФФЕКТА ГЕТЕРОЗИСА ПО ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫМ ПРИЗНАКАМ У ТОМАТА В ОТКРЫТОМ ГРУНТЕ

А. М. ДОБРЮДЬКИН, И. Г. ПУГАЧЕВА, М. М. ДОБРЮДЬКИН, Т. В. НИКОНОВИЧ

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Беларусь, 213407*

А. В. КИЛЬЧЕВСКИЙ

*ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси»
г. Минск, Беларусь, 220027*

(Поступила в редакцию 20.04.2018)

Основой для получения высоких урожаев томата является создание сортов и гибридов, обладающих высокими хозяйственно ценными признаками в сочетании с проявлением эффекта гетерозиса по ним у гибридных комбинаций. Явление гетерозиса используется для многих сельскохозяйственных культур, а в большинстве экономически развитых стран мира гетерозисные гибриды томата для защищенного грунта практически вытеснили сорта, подобная тенденция прогнозируется и для условий открытого грунта. Селекция на гетерозис основывается на оценке хозяйственно ценных признаков гибридных комбинаций совместно с исходными формами с последующим изучением проявления эффекта гетерозиса. В результате наших исследований установлены наибольшие положительные значения эффекта гетерозиса по признаку «ранняя урожайность» у гибридных комбинаций с материнскими компонентами Линия - Б-3-1-8 и Линия - № 1; по товарной урожайности у гибридов с Линией Б-3-1-8, превышение составило от 1,4 % до 147,7 %. Положительный эффект гетерозиса по массе плода наблюдался у большинства гибридов с материнскими компонентами Линия - Б-3-1-8, Доходный и достигал 84,0 и 62,7 % соответственно. Изучение длительности хранения плодов в большинстве случаев указывает на снижение этого признака, о чем свидетельствуют отрицательные значения эффекта гетерозиса. Установлено, что гибриды, имеющие высокий процент гетерозиса, не всегда оказываются лучшими, это наблюдается тогда, когда родительские образцы имеют низкие значения изучаемого признака. Анализ степени доминирования дает более достоверную информацию о характере наследования хозяйственно ценных признаков: положительное сверхдоминирование отмечено при наследовании ранней, товарной, общей урожайности и массы плода, а для длительности хранения плодов характерно промежуточное наследование.

Ключевые слова: *гетерозис, томат, гибридная комбинация, открытый грунт, урожайность, сохранность плодов, степень доминирования.*

The basis for obtaining high yields of tomato is the creation of varieties and hybrids that have high economically valuable traits in combination with manifestation of heterosis effect according to them in hybrid combinations. The phenomenon of heterosis is used for many crops, and in most of the economically developed countries of the world, heterotic hybrids of tomato grown in protected soil have practically replaced other varieties, a similar trend is predicted for open ground conditions. Selection according to heterosis is based on the evaluation of economically valuable features of hybrid combinations in conjunction with initial forms with subsequent study of manifestation of heterosis effect. As a result of our studies, the greatest positive values of heterosis effect were established on the basis of "early yield" indicator in hybrid combinations with the maternal components Line-B-3-1-8 and Line-1; according to the commodity yield of hybrids with Line B-3-1-8, the excess was from 1.4% to 147.7%. The positive influence of heterosis on fruit weight was observed in most hybrids with the maternal components Line-B-3-1-8 and Dokhodnyi and reached 84.0 and 62.7%, respectively. The study of duration of fruit storage in most cases indicates a decrease in this sign, as evidenced by negative values of heterosis effect. It has been established that hybrids with a high percentage of heterosis are not always the best, this is observed when parental samples have low values of the studied trait. An analysis of the degree of dominance provides more reliable information about the nature of inheritance of economically useful characteristics: positive overdominance is noted when inheriting the early, commodity, and total yield and weight of the fruit, and intermediate inheritance is characteristic of the duration of fruit storage.

Key words: *heterosis, tomato, hybrid combination, open ground, yield, fruit preservation, degree of dominance.*

Введение

В сельскохозяйственном производстве томат занимает одно из ведущих мест на потребительском рынке среди овощных культур. Выращивание томата осуществляется в овощеводческих, фермерских хозяйствах и частном секторе как в защищенном, так и открытом грунте [1]. Основой для получения высоких урожаев томата является создание сортов и гибридов, обладающих высокими хозяйственно ценными признаками в сочетании с проявлением эффекта гетерозиса по ним у гибридных комбинаций. Создание гетерозисных гибридов дает возможность преодоления отрицательных корреляций между хозяйственно ценными и неблагоприятными признаками, сочетать в одном генотипе высокую общую и специфическую комбинационную способность, улучшать показатели качества и товарности урожая. Таким образом селекция на гетерозис получила широкое распространение и эффект гетерозиса используется для многих сельскохозяйственных культур, а в большинстве экономически развитых стран мира гетерозисные гибриды томата для защищенного грунта практически вытеснили сорта, подобная тенденция прогнозируется и для условий открытого грунта [2, 3,4,5].

Гетерозис по характеру проявления классифицируется на истинный (превышение над лучшей родительской формой), конкурсный (по отношению к стандарту) и гипотетический (превосходство над средним показателем обоих родителей) [6].

Основная часть

Научно-исследовательская работа выполнялась в течение двух лет опытным поле кафедры сельскохозяйственной биотехнологии и экологии БГСХА. Материалом для изучения эффекта гетерозиса послужили гибридные комбинации, полученные по схеме топкроссов 4x7 (двадцать восемь комбинаций). В качестве материнских образцов использовались стерильные, партенокарпические и фертильные формы: Б-3-1-8 (ФМС), Линия – №3(ФМС + партенокарпия), Доходный, Калинка (фертильные); в качестве отцовских – семь селекционных линий, характеризующихся наличием генов лежкости и длительным периодом хранения плодов в нерегулируемых условиях. Стандартом являлся сорт Доходный.

Исследуемые образцы высаживались в 4-кратной повторности по 7 растений на делянке. Схема посадки 70x30 см. Доза удобрений N₆₀ (P₂O₅)₁₂₀ (K₂O)₁₂₀. Агротехника общепринятая для томата открытого грунта. Анализировали раннюю, товарную, общую урожайность, массу плода и длительность хранения плодов. Истинный гетерозис оценивали как процент превышения значения признака у гибрида F₁ над значением лучшей родительской линии $[(F_1 - P_{лучш}) / P_{лучш}] \times 100\%$. Степень доминирования (Hr) определяли по Дж.Л. Брюейкеру $Hr = (F_1 - M_p) / (P_{лучш} - M_p)$; где F₁ – это значение изучаемого признака у гибрида, P_{лучш} – лучший показатель у одной из исходных форм, M_p – среднее значение признака у исходных форм[7].

По признаку «ранняя урожайность» наибольшие положительные значения гетерозиса отмечены у гибридных комбинаций с материнскими компонентами Линия – Б-3-1-8 и Линия – № 1, отрицательное значение по этому признаку имели 5 образцов из 28.

По товарной урожайности большинство гибридов в первый год исследований имели положительный гетерозис (табл. 1). Наибольший эффект гетерозиса отмечен у гибридов, в качестве материнского компонента у которых выступала Линия – Б-3-1-8. Превышение лучших гибридов по товарной урожайности над лучшим родителем колебалось от 17,4 % (Линия - Б-3-1-8 x Линия – 5) до 45,0 % (Линия - Б-3-1-8 x Линия – 4). Отрицательное значение гетерозиса в 2007 году выявлено у 9 комбинаций из 28.

Таблица 1. Истинный гетерозис у гибридов томата в открытом грунте по товарной урожайности, %

Наименование образца	Годы исследований				Среднее за два года	
	1-й		2-й		урожайность, ц/га	гетерозис, %
	урожайность, ц/га	гетерозис, %	урожайность, ц/га	гетерозис, %		
Линия–Б-3-1-8 x Линия – 1	210,0	38,2	641,3	142,6	425,7	90,4
Линия–Б-3-1-8 x Линия – 2	192,0	28,0	552,0	45,9	372,0	37,0
Линия–Б-3-1-8 x Линия – 3	192,0	26,3	604,3	194,8	398,2	110,6
Линия–Б-3-1-8 x Линия – 4	190,0	45,0	616,7	250,4	403,4	147,7
Линия–Б-3-1-8 x Линия – 5	162,0	17,4	492,3	39,0	327,2	28,2
Линия–Б-3-1-8 x Линия – 8	167,0	19,3	446,3	238,9	306,7	129,1
Линия–Б-3-1-8 x Линия– 10	140,0	-20,0	457,7	18,0	298,9	-1,0
Доходный x Линия – 1	187,0	16,1	651,7	22,0	419,4	19,1
Доходный x Линия – 2	158,0	-1,9	536,0	0,4	347,0	-0,8
Доходный x Линия – 3	181,0	12,4	639,7	19,8	410,4	16,1
Доходный x Линия – 4	209,0	29,8	454,3	-14,9	331,7	7,5
Доходный x Линия – 5	190,0	18,0	438,7	-17,8	314,4	0,1
Доходный x Линия – 8	162,0	0,6	684,7	28,2	423,4	14,4
Доходный x Линия – 10	185,0	5,7	647,0	21,2	416,0	13,5
Линия – №1 x Линия – 1	140,0	-7,9	464,0	70,2	302,0	31,2
Линия – №1 x Линия – 2	120,0	-20,0	441,7	16,8	280,9	-1,6
Линия – №1 x Линия – 3	123,0	-19,1	464,0	70,2	293,5	25,6
Линия – №1 x Линия – 4	160,0	12,7	547,3	100,7	353,7	56,7
Линия – №1 x Линия – 5	133,0	-6,3	595,3	68,0	364,2	30,9
Линия – №1 x Линия – 8	155,0	9,2	548,3	101,1	351,7	55,2
Линия – №1 x Линия – 10	147,0	-16,0	542,3	39,8	344,7	11,9
Калинка x Линия – 1	175,0	15,1	258,0	-56,6	216,5	-20,8
Калинка x Линия – 2	175,0	15,9	516,3	-13,2	345,7	1,4
Калинка x Линия – 3	210,0	38,2	425,0	-28,6	317,5	4,8
Калинка x Линия – 4	170,0	12,6	635,0	6,7	402,5	9,7
Калинка x Линия – 5	150,0	-0,7	587,3	-1,3	368,7	-1,0
Калинка x Линия – 8	155,0	2,6	533,0	-10,4	344,0	-3,9
Калинка x Линия – 10	138,0	-21,1	551,7	-7,3	344,9	-14,2

Во второй год исследований отрицательный гетерозис по товарной урожайности отмечался у восьми комбинаций. Остальные гибриды имели превосходство над лучшим родителем от 0,4 до 250,0 %. В среднем за два года отрицательные значения гетерозиса имели семь гибридов, а у остальных истинный гетерозис находился в пределах 1,4 – 147,7 %. Наибольший гетерозисный эффект по товарной урожайности выявлен в гибридных комбинациях Линия - Б-3-1-8 x Линия – 3,

Линия - Б-3-1-8 x Линия – 4 и Линия - Б-3-1-8 x Линия – 8. Проявление эффекта гетерозиса по общей урожайности схоже с эффектом гетерозиса по товарной урожайности. Максимальное значение гетерозиса за два года исследований имела гибридная комбинация Линия – №1 x Линия – 8 (69,1 %).

Изучение эффекта гетерозиса по массе плода в первый год проведения исследований позволило выявить 10 комбинаций, имеющих отрицательное значение (табл. 2). Положительный эффект гетерозиса наблюдался у большинства гибридов с материнскими компонентами Линия – Б-3-1-8, Доходный и достигал 84,0 и 62,7 % соответственно. На второй год положительные значения были отмечены лишь у десяти гибридных комбинаций, а в среднем за два года – у четырнадцати. Полученные результаты указывают предположительно на промежуточный характер наследования признака «масса плода» у большого числа комбинаций, когда в качестве исходного материала использовались контрастные по массе плода крупноплодные и мелкоплодные формы.

Таблица 2. Истинный гетерозис у гибридов томата в открытом грунте по массе плода, %

Наименование образца	Годы исследований				Среднее за два года	
	1-й		2-й		масса плода,г	гетерозис, %
	масса плода,г	гетерозис, %	масса плода,г	гетерозис, %		
Линия–Б-3-1-8 x Линия – 1	69,0	11,3	103,0	13,2	86,0	12,3
Линия–Б-3-1-8 x Линия – 2	92,0	84,0	111,0	40,5	101,5	62,3
Линия–Б-3-1-8 x Линия – 3	77,0	18,5	116,0	107,1	96,5	62,8
Линия–Б-3-1-8 x Линия – 4	75,0	44,2	101,0	3,1	88,0	23,7
Линия–Б-3-1-8 x Линия – 5	62,0	14,8	92,0	9,5	77,0	12,2
Линия–Б-3-1-8 x Линия – 8	67,0	0,0	98,0	25,6	82,5	12,8
Линия–Б-3-1-8 x Линия – 10	57,0	-16,2	85,0	13,3	71,0	-1,5
Доходный x Линия – 1	87,0	29,9	109,0	16,0	98,0	23,0
Доходный x Линия – 2	83,0	23,9	77,0	-18,1	80,0	2,9
Доходный x Линия – 3	62,0	-7,5	79,0	-16,0	70,5	-11,8
Доходный x Линия – 4	109,0	62,7	69,0	-29,6	89,0	16,6
Доходный x Линия – 5	69,0	3,0	60,0	-36,2	64,5	-16,6
Доходный x Линия – 8	69,0	3,0	97,0	3,2	83,0	3,1
Доходный x Линия – 10	94,0	38,2	87,0	-7,4	90,5	15,4
Линия – №1 x Линия – 1	70,0	2,9	67,0	-26,4	68,5	-11,8
Линия – №1 x Линия – 2	67,0	-1,5	64,0	-19,0	65,5	-10,3
Линия – №1 x Линия – 3	58,0	-14,7	60,0	7,1	59,0	-3,8
Линия – №1 x Линия – 4	67,0	-1,5	63,0	-35,7	65,0	-18,6
Линия – №1 x Линия – 5	55,0	-19,1	64,0	-23,8	59,5	-21,5
Линия – №1 x Линия – 8	79,0	16,2	72,0	-7,7	75,5	4,3
Линия – №1 x Линия – 10	94,0	38,2	84,0	12,0	89,0	25,1
Калинка x Линия – 1	107,0	-3,6	78,0	-44,3	92,5	-24,0
Калинка x Линия – 2	125,0	12,6	97,0	-30,7	111,0	-9,1
Калинка x Линия – 3	137,0	23,4	108,0	-22,9	122,5	0,3
Калинка x Линия – 4	78,0	-29,7	88,0	-37,1	83,0	-33,4
Калинка x Линия – 5	166,0	49,5	91,0	-35,0	128,5	7,3
Калинка x Линия – 8	69,0	-37,8	81,0	-42,1	75,0	-40,0
Калинка x Линия – 10	63,0	-43,2	90,0	-35,7	76,5	-39,5

Анализ проявления гетерозиса по периоду хранения плодов в большинстве случаев указывает на снижение сохранности плодов, в нерегулируемых условиях среды, у всех гибридных комбинаций, в сравнении с лучшими по этому признаку родителями, как отдельно по годам, так и в среднем за два года, что говорит о промежуточном характере наследования этого признака.

Многие исследователи указывают на тот факт, что гибриды, имеющие высокий процент гетерозиса, не всегда оказываются лучшими [8,9,10,11]. Это наблюдается тогда, когда родительские образцы имеют низкие значения изучаемого признака. В наших исследованиях это подтверждается. В условиях открытого грунта гибридная комбинация Линия – Б-3-1-8 x Линия – 4 (табл.1), имела товарную урожайность 616,7 ц/га и эффект гетерозиса составлял 250,4 %, в это же время гибридная комбинация Доходный x Линия – 8 с товарной урожайностью 684,7 ц/га имела эффект гетерозиса 22,0 %. При изучении признака «масса плода» (табл. 2) установлено, что в среднем за два года гибрид Линия–Б-3-1-8 x Линия – 2 имел значение 101,5 г при эффекте гетерозиса 62,3 %, а комбинация Калинка x Линия – 2 с массой плода 111,0 г имела отрицательное (-9,1 %) значение гетерозиса.

Исходя из вышеизложенного, нами был проведен анализ по степени доминирования для получения более достоверной информации о характере наследования хозяйственно ценных признаков. В табл. 3 представлены данные по степени доминирования основных признаков у гибридов томата в открытом грунте. По ранней урожайности положительное сверхдоминирование характерно для 64,3 % гибридов, промежуточное наследование этого признака отмечено у 32,1 % гибридов. В условиях открытого грунта положительное сверхдоминирование при наследовании товарной урожайности проявилось у 67,5 % гибридов.

Отмечено преобладание положительного сверхдоминирования при наследовании общей урожайности у 64,3–82,1 % гибридов.

По массе плода в первый год исследований преобладало наследование по типу сверхдоминирования (60,7 %), в последующем году – промежуточное наследование (42,9 %), а в среднем за два года – наследование по типу сверхдоминирования (50,0 %). Наследование длительности хранения плодов носило промежуточный характер у 98,2 % гибридов в среднем за два года.

Таблица 3. Степень доминирования по хозяйственно-ценным признакам у гибридов томата, %

Признак	год	Параметр	Нр < -1	-1 ≥ Нр ≤ 1	Нр > 1
Ранняя урожайность	2-й	Количество генотипов	1	9	18
		%	3,6	32,1	64,3
Товарная урожайность	1-й	Количество генотипов	5	4	19
		%	17,8	14,3	67,9
	2-й	Количество генотипов	0	9	19
		%	0,0	32,1	67,9
В среднем за 2 года		Количество генотипов	2,5	6,5	19
		%	8,9	23,2	67,9
Общая урожайность	1-й	Количество генотипов	3	2	23
		%	10,7	7,2	82,1
	2-й	Количество генотипов	4	6	18
		%	14,3	21,4	64,3
В среднем за 2 года		Количество генотипов	3,5	4,0	20,5
		%	12,5	14,3	73,2
Масса плода	1-й	Количество генотипов	3	8	17
		%	10,7	28,6	60,7
	2-й	Количество генотипов	5	12	11
		%	17,8	42,9	39,3
В среднем за 2 года		Количество генотипов	4,0	10,0	14,0
		%	14,3	35,7	50,0
Длительность хранения плодов	1-й	Количество генотипов	0,0	27	1
		%	0,0	96,4	3,6
	2-й	Количество генотипов	0,0	28	0,0
		%	0,0	100	0,0
В среднем за 2 года		Количество генотипов	0,0	27,5	0,5
		%	0,0	98,2	1,8

Выводы

По результатам исследований установлены наибольшие положительные значения эффекта гетерозиса по признаку «ранняя урожайность» у гибридных комбинаций с материнскими компонентами Линия – Б-3-1-8 и Линия – № 1.

Наибольший эффект гетерозиса по товарной урожайности выявлен у гибридов с Линией Б-3-1-8. Превышение лучших гибридов над лучшим родителем колебалось от 1,4 % до 147,7 %. Максимальное значение гетерозиса по общей урожайности в среднем за два года исследований имела гибридная комбинация Линия – №1 x Линия – 8 (69,1 %).

Положительный эффект гетерозиса по массе плода наблюдался у большинства гибридов с материнскими компонентами Линия – Б-3-1-8 и Доходный (от 2,9 до 62,8 %). Изучение длительности хранения плодов в большинстве случаев указывает на снижение длительности хранения плодов в нерегулируемых условиях среды у гибридных комбинаций в сравнении с лучшими по этому признаку родителями, о чем свидетельствуют отрицательные значения эффекта гетерозиса.

Определение степени доминирования при наследовании основных признаков гибридов томата в открытом грунте позволило установить, что положительное сверхдоминирование по ранней урожайности отмечалось у 64,3 % гибридов; по товарной урожайности – у 67,5 % гибридов; по общей урожайности – 73,2 %; по массе плода – 50,0 %. Наследование длительности хранения плодов носило промежуточный характер у 98,2 % гибридов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бороевич, С. Принципы и методы селекции растений / С. Бороевич. – М.: Колос, 1984. – 340 с.
2. Генетические основы селекции растений: в 4 т. / НАН Беларуси, Ин-т генетики и цитологии; ред.: А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева; рец.: В. Н. Решетников, Н. А. Ламан. – Минск: Беларус. навука, 2010. – Т. 2: Частная генетика растений. – 579 с.
3. Йорданов, М. Гетерозис томата / М. Йорданов. // Гетерозис. – М.: Агропромиздат, 1987. – С. 239–253.
4. Селекция гибридов F₁ томата для пленочных теплиц на основе функциональной мужской стерильности. А. В. Кильчевский [и др.] // Селекция овощных культур: сб. науч. тр. / Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции и семеноводства овощных культур. – М.: ВНИИССОК, 1998. – Вып.35. – С. 156–161.
5. Кильчевский, А. В. / Селекция гетерозисных гибридов томата // А. В. Кильчевский, В. В. Скорина. – Горки, 2005. – 256 с.
6. Мазер, К. Биометрическая генетика / К. Мазер, Дж. Джинкс. – М.: Мир, 1985. – 463 с.
7. Брюбейкер, Дж. Л. Сельскохозяйственная генетика / Дж. Л. Брюбейкер. – М.: Колос, 1966. – 224с.
8. Sprague, G. F. Heterosis in maize : theory and practice / G.F. Sprague // Heterosis: Reappraisal theory and pract. – Berlin, 1983. – P. 47–70.
9. Беков, Р. Х. Томат (эффективное использование генетических маркеров в практической селекции) / Р. Х. Беков. – М., 2014.–332 с.

10. Моисеева, М. О. Создание и оценка гетерозисных гибридов перца сладкого в необогреваемых пленочных теплицах: автореф. ...дис. канд. с. х. наук: / М. О. Моисеевой. – Горки, 2016. – 22 с.

11. Исаков, А. В. Создание гетерозисных гибридов томата с использованием функциональной мужской стерильности и партенокарпии обладающих высокой экологической стабильностью для защищенного грунта: автореф. ...дис. канд. с. х. наук: / А. В. Исакова. – Горки, 2010. – 20 с.