

ПРОЯВЛЕНИЯ ГЕТЕРОЗИСА И ХАРАКТЕР НАСЛЕДОВАНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ У ГИБРИДОВ F₁ ТОМАТА ЧЕРРИ В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ

А. Г. ХМАРСКИЙ, М. М. ДОБРОДЬКИН, Н. Ю. ЛЕЩИНА, А. М. ДОБРОДЬКИН

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: sasha.loki.97@gmail.com

(Поступила в редакцию 04.04.2023)

Томат – одна из самых востребованных овощных культур. Выращивается томат и даёт продукцию практически круглый год с использованием открытого и защищённого грунта. В последнее время на рынке все более становится востребован томат черри. Плоды томата черри отличаются более высоким содержанием сухих веществ (1,5–2,0 раза) чем у крупноплодного томата, витаминов (В, С, РР и др.), каротина (провитамин А), сахаров (10,0–12,0 %), минеральных веществ и органических кислот. Так же повышение урожайности томата черри может быть достигнута за счет создания новых гибридов, на основе линий с функциональной мужской стерильностью (ФМС), что позволит сократить затраты ручного труда.

В статье представлены результаты исследования гибридов томата черри за 2021–2022 годы в защищенном грунте совместно с исходными формами. Дана оценка проявления эффекта гетерозиса по ранней, товарной, общей урожайности и массе плода. По основному признаку «товарная урожайность» в 2021 году 30 из 56 изучаемых образцов имели значения выше, чем у стандарта, и находились на уровне 4,83–9,48 кг/м², а 2022 большинство гибридных комбинаций (46 из 64) превысили стандарт на 5,1–78,5 %. Наибольший эффект гетерозиса по данному признаку отмечен у гибридов, в качестве отцовского компонента у которых выступали линии 025, 046 и 049.

Выявлены гибридные комбинации, обладающие высокими значениями гетерозиса и признаками продуктивности: Линия 19/1-1 x Линия 049, Линия 19/2-1 x Линия 020, Линия 19/2-3 x Линия 049, Линия 19/2-1 x Виноградная гроздь, Линия 19/1-1 x Виноградная гроздь. Установлено, что гибриды, имеющие высокий гетерозис, не всегда оказываются лучшими. По характеру наследования хозяйственно ценных признаков за два года исследований выявлено положительное сверхдоминирование по ранней, товарной и общей урожайности. По массе плода преобладало промежуточное наследование признака.

Ключевые слова: гибрид, томат черри, гетерозис, селекция, функциональная мужская стерильность, защищенный грунт.

Tomato is one of the most popular vegetable crops. Tomato is grown and produces almost all year round in the open and protected ground. Recently, cherry tomato has become more and more popular on the market. Cherry tomato fruits are distinguished by a higher content of dry matter (1.5–2.0 times) than that of a large-fruited tomato, vitamins (B, C, PP, etc.), carotene (provitamin A), sugars (10.0–12.0%), minerals and organic acids. Also, an increase in the yield of cherry tomato can be achieved by creating new hybrids based on lines with functional male sterility (FMS), which will reduce manual labor costs.

The article presents the results of a study of cherry tomato hybrids for 2021–2022 in protected ground together with the original forms. An assessment of the manifestation of the effect of heterosis according to early, marketable, total yield and fruit weight is given. According to the main feature “commercial yield”, in 2021, 30 out of 56 studied samples had values higher than the standard, and were at the level of 4.83–9.48 kg/m², and in 2022, most hybrid combinations (46 out of 64) exceeded standard by 5.1–78.5 %. The greatest effect of heterosis on this trait was noted in hybrids, in which lines 025, 046 and 049 acted as the paternal component.

Hybrid combinations with high values of heterosis and productivity traits were identified: Line 19/1-1 x Line 049, Line 19/2-1 x Line 020, Line 19/2-3 x Line 049, Line 19/2-1 x Grape bunch, Line 19/1-1 x Grape bunch. It has been established that hybrids with high heterosis are not always the best. According to the nature of the inheritance of economically valuable traits, over two years of research, a positive overdominance was revealed in terms of early, marketable and total yields. In terms of fruit weight, intermediate inheritance of the trait prevailed.

Key words: hybrid, cherry tomato, heterosis, selection, functional male sterility, protected ground.

Введение

Производство овощной продукции относится к наиболее трудоемким и энергозатратным отраслям сельскохозяйственного производства как в открытом, так и в защищенном грунте. Защищенный грунт обеспечивает круглогодичное производство свежей овощной продукции, в том числе томата, решая проблему сбалансированного и полноценного питания человека в течение года. Удельный вес культуры томата в мировом производстве овощей составляет около 14,3 % и возделывается на площади более 2,5 млн га. [7].

В Республике Беларусь томат возделывается в овощеводческих, фермерских хозяйствах и частном секторе как в защищенном, так и открытом грунте. Дальнейшее расширение площадей под культурой томата требует обеспечения рынка достаточным количеством районированных и созданием новых отечественных сортов и гибридов, адаптированных к погоднo-климатическим условиям республики. Селекционная работа при создании гибридов непосредственно связана с проявлением эффекта гетерозиса и базируется на оценке хозяйственно ценных признаков гибридных комбинаций совместно с исходными формами [1]. Явление гетерозиса в настоящее время широко используется в растениеводстве как в Республике Беларусь, так и за рубежом. Селекция на гетерозис позволяет быстрее реагировать на запросы рынка, так как рынок овощной продукции очень динамичен и изменчив [2, 3].

Гетерозис по характеру проявления классифицируется на истинный (превышение над лучшей родительской формой), конкурсный (по отношению к стандарту) и гипотетический (превосходство над

средним показателем исходных форм) [4]. Производство гибридных семян связано с большими затратами ручного труда, решение данной проблемы заключается в использовании функциональной мужской стерильности (ФМС), что позволяет снизить затраты ручного труда в несколько раз [8]. Основным селекционным преимуществом применения функциональной мужской стерильности является получение гибридов без предварительной кастрации, маркировки и изоляции цветков, а также возможностью легко поддерживать линии с ФМС в чистом виде методом принудительного опыления собственной пылью [9, 10].

Целью работы является создание гибридов F₁ томата черри для защищенного грунта на основе линий с функциональной мужской стерильностью.

Основная часть

Научно-исследовательская работа проводилась в защищенном грунте на опытном поле кафедры сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиологии УО БГСХА. Объектом исследования являлись гибриды F₁ томата черри, созданные по схеме топкроссов, в 2021 году 8 x 7, а в 2022 году 8 x 8 (56 и 64 гибридные комбинации соответственно) совместно с исходными формами. В качестве материнских форм использовались линии с функциональной мужской стерильностью и маркерным признаком «картофельный лист» (ФМС+с). Отцовским компонентом являлись линии, несущие аллели генов качества, лежкости плодов, устойчивости к болезням и вредителям – Линия 09 (*I2C; Mi1.2; Tm2²; cf4A, cf5, cf9*), Линия 020 (*nor; I2; Mi1.2; cf5; cf4; cf9*), Линия 046 (*I2; Mi1.2; cf4A; cf9*), Линия 049 (*I2C; Tm2²; cf4A; cf9*).

Закладку опыта проводили по схеме 70 x 30 см. в 3-кратной повторности по 3 растения на делянке. Доза удобрений N₆₀ (P₂O₅)₁₂₀ (K₂O)₁₂₀. Агротехника общепринятая для томата защищенного грунта. В качестве стандарта использовался гибрид Миноприо F₁. Истинный гетерозис оценивали как процент превышения значения признака у гибрида F₁ над значением лучшей родительской линии $\Gamma_{ист} = [(F_1 - P_{лучш.}) / P_{лучш.}] \times 100 \%$. Степень доминирования (степень фенотипического проявления признака) оценивали посредством сравнения средней выраженности признака у гибрида и обеих родительских форм по методу Дж. Л. Брюейкера [5].

Степень доминирования (Hr) определяли по формуле: $Hr = (F_1 - M_p) / (P_{лучш.} - M_p)$; 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. При условии hr>1 классифицировали сверхдоминирование, hr=0,5–1,0 – положительное доминирование, при hr в диапазоне от +0,5 до -0,5 – промежуточное наследование, при hr -0,5 до -1,0 – отрицательное доминирование, при hr< -1,0 – отрицательный гетерозис.

Хозяйственно ценные признаки гибридных комбинаций и исходных форм, а также гетерозис за 2021 год представлены в табл. 1. Оценка ранней урожайности обусловлена необходимостью отбора скороспелых форм, способных давать раносозревающие плоды для употребления в свежем виде. По признаку «ранняя урожайность» выявлено 7 гибридных комбинаций, превосходящих стандарт Миноприо F₁ (1,10 кг/м²) на 1,0–41,0 %, из которых наиболее раннеспелыми были комбинации: Линия 19/2-1 x Линия 09 и Линия 19/2-3 x Линия 049 (1,56 кг/м²). Анализ проявления гетерозиса позволил установить, что большинство гибридных комбинаций по ранней урожайности имели положительное значение гетерозиса от 1,1 % (Линия 19/1-1 x Линия 031) до 320,0 % (Линия 19/8-3 x Линия 018).

Таблица 1. Истинный гетерозис томата черри за 2021 год, %

Образец	Ранняя урожайность, кг/м ²	Гетерозис, %	Товарная урожайность, кг/м ²	Гетерозис, %	Общая урожайность, кг/м ²	Гетерозис, %	Масса плода, г	Гетерозис, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Миноприо F ₁ St.	1,1	–	4,8	–	6,41	–	11,3	–
Линия 09	0,51	–	1,85	–	2,24	–	6,7	–
Линия 018	0,2	–	2,09	–	2,61	–	10,3	–
Линия 020	0,72	–	4,11	–	6,34	–	8,3	–
Линия 025	0,41	–	1,83	–	2,74	–	11,3	–
Линия 031	0,88	–	3,67	–	4,44	–	7,7	–
Линия 046	0,68	–	3,32	–	5,14	–	5,8	–
Линия 049	0,83	–	3,91	–	4,48	–	10,4	–
Линия 19/1-1*	–	–	–	–	–	–	20,0	–
Линия 19/1-3*	–	–	–	–	–	–	25,3	–
Линия 19/1-4*	–	–	–	–	–	–	24,5	–
Линия 19/2-1*	–	–	–	–	–	–	44,4	–
Линия 19/2-3*	–	–	–	–	–	–	45,8	–
Линия 19/4-3*	–	–	–	–	–	–	15,5	–
Линия 19/8-3*	–	–	–	–	–	–	24,4	–
Линия 362*	–	–	–	–	–	–	26,8	–
19/1-1 x 09	0,55	7,8	3,27	76,8	4,85	116,5	15,49	-22,6

Продолжение таблицы 1

19/1-1 x 018	0,61	205,0	3,71	77,5	5,34	104,6	18,49	-7,6
19/1-1 x 020	0,38	-47,2	5,15	25,3	6,84	7,9	15,51	-22,5
19/1-1 x 025	0,91	122,0	5,19	183,6	7,19	162,4	16,75	-16,3
19/1-1 x 031	0,89	1,1	4,18	13,9	5,41	21,8	11,59	-42,1
19/1-1 x 046	0,59	-13,2	5,48	65,1	7,73	50,4	15,75	-21,3
19/1-1 x 049	1,37	65,1	8,4	114,8	9,73	117,2	22,96	14,8
19/1-3 x 09	0,79	54,9	3,16	70,8	4,32	92,9	17,69	-30,1
19/1-3 x 018	0,18	-10,0	4,46	113,4	5,73	119,5	11,58	-54,2
19/1-3 x 020	0,41	-43,1	7,3	77,6	9,53	50,3	22,49	-11,1
19/1-3 x 025	0,7	70,7	5,03	174,9	7,06	157,7	19,2	-24,1
19/1-3 x 031	0,88	0,0	5,12	39,5	6,50	46,4	10,42	-58,8
19/1-3 x 046	0,66	-2,9	4,87	46,7	6,42	24,9	13,46	-46,8
19/1-3 x 049	1,31	57,8	7,0	79,0	8,17	82,4	20,87	-17,5
19/1-4 x 09	0,76	49,0	3,81	105,9	4,87	117,4	15,56	-36,5
19/1-4 x 018	0,15	-25,0	2,1	0,5	2,83	8,4	15,13	-38,2
19/1-4 x 020	0,55	-23,6	5,66	37,7	7,52	18,6	19,87	-18,9
19/1-4 x 025	0,8	95,1	5,09	178,1	6,66	143,1	22,51	-8,1
19/1-4 x 031	1,21	37,5	5,49	49,6	6,39	43,9	10,31	-57,9
19/1-4 x 046	0,68	0,0	4,71	41,9	6,46	25,7	15,15	-38,2
19/1-4 x 049	1,0	20,5	7,05	80,3	7,93	77,0	22,12	-9,7
19/2-1 x 09	1,56	205,9	5,3	186,5	7,41	230,8	20,41	-54,0
19/2-1 x 018	0,89	345,0	5,11	144,5	6,81	160,9	19,79	-55,4
19/2-1 x 020	0,53	-26,4	9,48	130,7	11,55	82,2	20,59	-53,6
19/2-1 x 025	0,86	109,8	5,94	224,6	7,35	168,2	20,89	-53,0
19/2-1 x 031	1,01	14,8	5,0	36,2	6,05	36,3	12,57	-71,7
19/2-1 x 046	0,76	11,8	5,89	77,4	7,85	52,7	14,64	-67,0
19/2-1 x 049	1,48	78,3	7,12	82,1	8,02	79,0	21,15	-52,4
19/2-3 x 09	0,77	51,0	3,24	75,1	4,63	106,7	18,82	-58,9
19/2-3 x 018	0,72	260,0	4,97	137,8	6,21	137,9	21,59	-52,9
19/2-3 x 020	0,9	25,0	6,5	58,2	8,45	33,3	19,96	-56,4
19/2-3 x 025	0,97	136,6	6,85	274,3	8,61	214,2	33,78	-26,2
19/2-3 x 031	0,8	-9,1	4,65	26,7	5,89	32,7	11,67	-74,5
19/2-3 x 046	0,68	0,0	6,46	94,6	8,25	60,5	17,59	-61,6
19/2-3 x 049	1,56	88,0	7,77	98,7	8,85	97,5	21,56	-52,9
19/4-3 x 09	0,19	-62,7	1,27	-31,4	2,25	0,4	8,67	-44,1
19/4-3 x 018	0,24	20,0	1,8	-13,9	2,65	1,5	10,58	-31,7
19/4-3 x 020	0,33	-54,2	4,26	3,6	5,97	-5,8	11,02	-28,9
19/4-3 x 025	0,93	126,8	3,6	96,7	4,63	69,0	18,27	17,9
19/4-3 x 031	0,79	-10,2	4,09	11,4	4,90	10,4	7,39	-52,3
19/4-3 x 046	0,58	-14,7	2,33	-29,8	3,33	-35,2	10,45	-32,6
19/4-3 x 049	1,0	20,5	5,4	38,1	6,12	36,6	18,91	22,0
19/8-3 x 09	0,63	23,5	3,73	101,6	5,25	134,4	21,32	-12,6
19/8-3 x 018	0,84	320,0	4,87	133,0	7,50	187,4	14,74	-39,6
19/8-3 x 020	0,76	5,6	6,31	53,5	7,93	25,1	20,98	-14,0
19/8-3 x 025	1,03	151,2	4,45	143,2	6,52	138,0	14,99	-38,6
19/8-3 x 031	0,62	-29,5	3,22	-12,3	5,25	18,2	9,33	-61,8
19/8-3 x 046	0,86	26,5	6,16	85,5	8,86	72,4	13,26	-45,7
19/8-3 x 049	0,97	16,9	6,47	65,5	7,04	57,1	18,31	-25,0
362 x 09	0,52	2,0	2,49	34,6	3,94	75,9	12,5	-53,4
362 x 018	0,65	225,0	3,26	56,0	4,67	78,9	16,07	-40,0
362 x 020	0,79	9,7	4,83	17,5	6,91	9,0	15,27	-43,0
362 x 025	0,95	131,7	4,02	119,7	5,69	107,7	20,24	-24,5
362 x 031	1,04	18,2	4,65	26,7	6,18	39,2	9,11	-66,0
362 x 046	1,12	64,7	4,41	32,8	6,24	21,4	9,34	-65,1
362 x 049	1,02	22,9	6,74	72,4	8,29	85,0	16,69	-37,7
НСР ₀₅	0,128	—	0,382	—	0,409	—	1,109	—

*Примечание: материнские образцы не сформировали урожайность т.к. они стерильны (ФМС).

Товарная урожайность – основной признак, определяющий хозяйственно полезную часть урожая [6]. Анализ товарной урожайности показал, что 30 из 56 изучаемых образцов имели значения выше, чем у стандарта, и находились на уровне 4,83–9,48 кг/м². Максимальную товарную урожайность сформировала гибридная комбинация Линия 19/2-1 x Линия 020 (9,48 кг/м²). Наибольший эффект гетерозиса по данному признаку отмечен у гибридов, в качестве отцовского компонента у которых выступали

линии 025, 046 и 049. Превышение лучших гибридов по товарной урожайности над лучшим родителем колебалось от 0,5 % (Линия 19/1-4 x Линия 018) до 274,3 % (Линия 19/2- 3 x Линия 025).

Гибридные комбинации, обладающие высоким эффектом гетерозиса, не всегда могут соответствовать высоким значениям признака. Например, товарная урожайность у гибридных комбинаций – Линия 19/2-1 x Линия 020 и Линия 19/2-3 x Линия 025 находится на уровне 9,48 кг/м² и 6,85кг/м², а эффект гетерозиса составил 130,7 % и 274,3 % соответственно. По общей урожайности следует выделить комбинацию Линия 19/2-1 x Линия 020 с урожайностью 11,55 кг/м² и истинным гетерозисом в 82,2 %, также высокий эффект гетерозиса отмечен у комбинаций с отцовскими линиями 09, 025, 018, 049.

Признак «средняя масса товарного плода» имеет определяющую роль в селекции томата черри. Оптимальной средней массой товарного плода считается от 7 до 25 граммов. В наших исследованиях в качестве отцовского компонента скрещивания выступали образцы с массой плода 8–12 граммов с целью снижения массы плода в гибридных комбинациях, так как в качестве материнского компонента выступали стерильные линии с массой плода от 20 до 46 граммов. Исходя из вышесказанного, истинный гетерозис по средней массе товарного плода отрицательный у всех комбинаций за исключением Линия 19/1-1 x Линия 049 и Линия 19/4-3 x Линия 025.

Результаты 2022 года исследования представлены в табл. 2. По ранней урожайности превзошли стандарт Миноприо F₁ 28 комбинаций на 4,0–83,1 %. Наибольшим значением эффекта гетерозиса обладали гибриды с Линией 09 (от 165 % до 517,2 %), что связано с низкой ранней урожайностью вышеуказанной линии.

По товарной урожайности следует отметить отцовские линии 025 и Виноградная гроздь, имеющие значение признака на уровне 7,24 и 5,58 кг/м². Большинство гибридных комбинаций (46 из 64) превысили стандарт Миноприо F₁ (4,62 кг/м²) на 5,1–78,5 %, а также характеризовались высокими значениями гетерозиса до 232,0 %.

Таблица 2. Истинный гетерозис томата черри за 2022 год, %

Образец	Ранняя урожайность, кг/м ²	Гетерозис, %	Товарная урожайность, кг/м ²	Гетерозис, %	Общая урожайность, кг/м ²	Гетерозис, %	Масса плода, г	Гетерозис, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Миноприо F ₁ St.	1,01	—	4,62	—	5,3	—	14,4	—
Линия 09	0,29	—	1,67	—	2,29	—	9,0	—
Линия 018	0,49	—	3	—	3,49	—	15,6	—
Линия 020	0,63	—	3,28	—	4,77	—	10,8	—
Линия 025	1,28	—	7,24	—	8,97	—	17,6	—
Линия 031	0,33	—	1,68	—	2,39	—	7,0	—
Линия 046	0,82	—	3,92	—	5,04	—	7,7	—
Линия 049	0,62	—	3,74	—	4,19	—	10,1	—
Линия 19/1-1*	—	—	—	—	—	—	40,6	—
Линия 19/1-3*	—	—	—	—	—	—	37,5	—
Линия 19/1-4*	—	—	—	—	—	—	32,9	—
Линия 19/2-1*	—	—	—	—	—	—	60,3	—
Линия 19/2-3*	—	—	—	—	—	—	52,7	—
Линия 19/4-3*	—	—	—	—	—	—	21,1	—
Линия 19/8-3*	—	—	—	—	—	—	27,9	—
Линия 362*	—	—	—	—	—	—	31,1	—
Виноградная гроздь	1,26	—	5,58	—	6,69	—	7,6	—
19/1-1 x 09	1,79	517,2	5,21	212,0	6,23	172,1	17,0	-58,2
19/1-1 x 018	0,67	36,7	5,61	87,0	6,99	100,3	19,6	-51,7
19/1-1 x 020	1,43	127,0	6,62	101,8	7,87	65,0	20,4	-49,8
19/1-1 x 025	1,43	11,7	6,11	-15,6	7,46	-16,8	17,2	-57,7
19/1-1 x 031	1,57	375,8	4,9	191,7	7,2	201,3	15,0	-63,1
19/1-1 x 046	1,1	34,1	6,05	54,3	7,37	46,2	16,0	-60,6
19/1-1 x 049	1,85	198,4	7,77	107,8	8,53	103,6	21,3	-47,4
19/1-3 x 09	1,34	362,1	4,91	194,0	5,81	153,7	17,7	-52,9
19/1-3 x 018	0,35	-28,6	4,4	46,7	5,51	57,9	18,6	-50,4
19/1-3 x 020	0,42	-33,3	6,68	103,7	8,28	73,6	23,0	-38,6
19/1-3 x 025	0,97	-24,2	5,89	-18,6	7,27	-19,0	19,0	-49,3
19/1-3 x 031	0,78	136,4	4,43	163,7	5,68	137,7	14,4	-61,6
19/1-3 x 046	0,49	-40,2	4,24	8,2	5,81	15,3	16,1	-57,1
19/1-3 x 049	0,99	59,7	6,9	84,5	7,81	86,4	19,9	-46,9
19/1-4 x 09	1,11	282,8	4,47	167,7	5,71	149,3	17,6	-46,6

Продолжение таблицы 2

19/1-4 x 018	0,35	-28,6	3,78	26,0	4,7	34,7	18,4	-44,1
19/1-4 x 020	0,9	42,9	6,83	108,2	8,27	73,4	19,0	-42,1
19/1-4 x 025	1,07	-16,4	6,44	-11,0	7,42	-17,3	21,0	-36,3
19/1-4 x 031	0,44	33,3	2,84	69,0	4,49	87,9	11,4	-65,2
19/1-4 x 046	1,17	42,7	4,51	15,1	5,61	11,3	15,7	-52,3
19/1-4 x 049	1,05	69,4	5,59	49,5	6,32	50,8	18,9	-42,4
19/2-1 x 09	1,38	375,9	5,55	232,3	6,87	200,0	19,8	-67,1
19/2-1 x 018	0,87	77,6	3,93	31,0	5,19	48,7	22,0	-63,5
19/2-1 x 020	0,59	-6,3	6,18	88,4	8,43	76,7	20,8	-65,6
19/2-1 x 025	1,13	-11,7	6,14	-15,2	7,44	-17,1	21,5	-64,4
19/2-1 x 031	0,81	145,5	4,86	189,3	6,23	160,7	18,8	-68,8
19/2-1 x 046	0,83	1,2	5,65	44,1	7,44	47,6	18,7	-68,9
19/2-1 x 049	1,3	109,7	6,53	74,6	7,22	72,3	19,8	-67,2
19/2-3 x 09	1,28	341,4	5,36	221,0	6,66	190,8	18,2	-65,4
19/2-3 x 018	1,17	138,8	6,69	123,0	8,14	133,2	19,3	-63,4
19/2-3 x 020	0,92	46,0	6,53	99,1	8,04	68,6	28,1	-46,7
19/2-3 x 025	1,23	-3,9	7,95	9,8	9,41	4,9	27,3	-48,2
19/2-3 x 031	1,39	321,2	5,03	199,4	7,01	193,3	17,8	-66,3
19/2-3 x 046	1,01	23,2	6,21	58,4	8,72	73,0	17,6	-66,7
19/2-3 x 049	1,22	96,8	6,94	85,6	8,05	92,1	22,6	-57,1
19/4-3 x 09	0,91	213,8	4,34	159,9	5,54	141,9	16,8	-20,2
19/4-3 x 018	0,3	-38,8	1,97	-34,3	2,85	-18,3	15,3	-27,4
19/4-3 x 020	0,51	-19,0	2,51	-23,5	3,65	-23,5	15,0	-28,9
19/4-3 x 025	0,92	-28,1	3,95	-45,4	5,31	-40,8	16,6	-21,5
19/4-3 x 031	0,48	45,5	2,1	25,0	4,22	76,6	11,7	-44,5
19/4-3 x 046	0,68	-17,1	3,53	-9,9	5,06	0,4	13,6	-35,7
19/4-3 x 049	0,48	-22,6	4,32	15,5	5,27	25,8	16,5	-21,8
19/8-3 x 09	0,77	165,5	3,96	137,1	5,27	130,1	15,9	-43,0
19/8-3 x 018	0,72	46,9	6,03	101,0	7,78	122,9	15,5	-44,6
19/8-3 x 020	0,98	55,6	5,83	77,7	7,51	57,4	19,7	-29,5
19/8-3 x 025	1,17	-8,6	5,94	-18,0	7,81	-12,9	18,2	-34,8
19/8-3 x 031	0,24	-27,3	3,45	105,4	5,32	122,6	13,5	-51,7
19/8-3 x 046	0,88	7,3	6,33	61,5	9,56	89,7	17,5	-37,3
19/8-3 x 049	1,15	85,5	6,96	86,1	7,76	85,2	17,9	-35,8
362 x 09	1,68	479,3	5,9	253,3	7,2	214,4	16,9	-45,6
362 x 018	0,4	-18,4	4,21	40,3	5,31	52,1	18,0	-42,2
362 x 020	0,94	49,2	8,25	151,5	9,74	104,2	18,0	-42,1
362 x 025	1,41	10,2	6,86	-5,2	7,74	-13,7	28,2	-9,4
362 x 031	0,66	100,0	2,97	76,8	4,02	68,2	19,1	-38,7
362 x 046	1,05	28,0	6,01	53,3	7,74	53,6	15,7	-49,4
362 x 049	1,07	72,6	6,14	64,2	7,1	69,5	17,8	-42,7
19/1-1 x Вин. гр.	0,69	-45,2	7,2	29,0	8,63	29,0	19,5	-52,0
19/1-3 x Вин. гр.	0,97	-23,0	6,17	10,6	7,65	14,3	18,8	-49,8
19/1-4 x Вин. гр.	0,46	-63,5	6,5	16,5	7,9	18,1	18,9	-42,6
19/2-1 x Вин. гр.	1,12	-11,1	7,69	37,8	9,7	45,0	15,7	-73,9
19/2-3 x Вин. гр.	0,77	-38,9	6,01	7,7	7,97	19,1	18,6	-64,7
19/4-3 x Вин. гр.	0,6	-52,4	4,23	-24,2	5,68	-15,1	15,6	-26,2
19/8-3 x Вин. гр.	0,98	-22,2	6,3	12,9	7,7	15,1	14,4	-48,4
362 x Вин. гр.	1,17	-7,1	5,51	-1,3	7,3	9,1	15,5	-50,1
НСР ₀₅	0,091	—	0,335	—	0,340	—	1,074	—

*Примечание: материнские образцы не сформировали урожайность т.к. они стерильны (ФМС).

По общей урожайности и проявлению эффекте гетерозиса выделяются те же образцы и гибридные комбинации, что и по товарной урожайности. Истинный гетерозис по массе товарного плода у всех гибридных комбинаций был отрицательный. Для получения более достоверной информации о характере наследования хозяйственно ценных признаков нами был проведен анализ изучаемых образцов по степени доминирования (табл. 3).

Таблица 3. Степень доминирования по хозяйственно ценным признакам гибридов томата черри за 2021–2022 гг.

Признак	Параметр	Нр < -1	-1 < Нр < -0,5	-0,5 < Нр < +0,5	+0,5 > Нр < +1	Нр > +1
2021						
Ранняя урожайность	Количество генотипов	0,0	0,0	7,0	8,0	41,0
	%	0,0	0,0	12,5	14,3	73,2
Товарная урожайность	Количество генотипов	0,0	0,0	0,0	4	52
	%	0,0	0,0	0,0	7,1	92,9
Общая урожайность	Количество генотипов	0,0	0,0	0,0	2	54
	%	0,0	0,0	0,0	3,6	96,4
Масса плода	Количество генотипов	3	6	35	11	1
	%	5,3	10,8	62,5	19,6	1,8
2022						
Ранняя урожайность	Количество генотипов	0,0	0,0	11	14	39
	%	0,0	0,0	17,2	21,9	60,9
Товарная урожайность	Количество генотипов	0,0	0,0	3	9	52
	%	0,0	0,0	4,7	14,1	81,2
Общая урожайность	Количество генотипов	0,0	0,0	1	9	54

	%	0,0	0,0	1,5	14,1	84,4
Масса плода	Количество генотипов	4	23	36	1	
	%	6,2	36,0	56,3	1,5	
В среднем за два года						
Ранняя урожайность	Количество генотипов	0,0	0,0	9,0	11,0	40,0
	%	0,0	0,0	14,9	18,1	67,1
Товарная урожайность	Количество генотипов	0,0	0,0	1,5	6,5	52,0
	%	0,0	0,0	2,4	10,6	87,1
Общая урожайность	Количество генотипов	0,0	0,0	0,5	5,5	54,0
	%	0,0	0,0	0,8	8,9	90,4
Масса плода	Количество генотипов	3,5	14,5	35,5	6,0	0,5
	%	5,8	23,4	59,4	10,6	0,9

По ранней урожайности положительное сверхдоминирование ($H_r > 1$) в 2021 году было отмечено у 73,2 %, в 2022 году – у 60,9 % и в среднем за два года – у 67,1 % комбинаций. В условиях защищенного грунта положительное сверхдоминирование по товарной урожайности проявилось у 92,9 % в 2021 году, 81,2 % в 2022 году и 87,1 % гибридов в среднем по годам. Высокий процент гибридных комбинаций с положительным гетерозисом отмечен по общей урожайности (90,4 % комбинаций). По массе товарного плода в 2021 году в большинстве случаев выявлено промежуточное наследование (62,5 %), а в 2022 году – 56,3 %, в среднем за два года преобладает промежуточное наследование – 59,4 %.

Заключение

Результаты исследований 2021 года позволили выявить 7 гибридных комбинаций, превосходящих стандарт Миноприо F₁ (1,10 кг/м²) по ранней урожайности на 1,0–41,0 % с эффектом гетерозиса от 1,1–320,0 %, а в 2022 году 28 комбинаций, превосходящих стандарт Миноприо F₁ (1,0 кг/м²) на 4,0 – 83,1 % с эффектом гетерозиса 1,2–517,2 %.

В 2021 году 30 из 56 изучаемых образцов имели значения выше, чем у стандарта, и находились на уровне 4,83–9,48 кг/м². Наибольший эффект гетерозиса по данному признаку отмечен у гибридов, в качестве отцовского компонента у которых выступали линии 025, 046 и 049. В 2022 большинство гибридных комбинаций (46 из 64) превысили стандарт Миноприо F₁ (4,62 кг/м²) на 5,1–78,5 %, а также характеризовались высокими значениями гетерозиса – до 232,0 %. Установлено, что гибриды, имеющие высокий процент гетерозиса, не всегда оказываются лучшими.

По характеру наследования хозяйственно ценных признаков за два года исследований выявлено положительное сверхдоминирование по ранней (67,0 %), товарной (87,0 %) и общей урожайности (90,4 %). По массе плода преобладало промежуточное наследование признака (59,4 %).

Оценка эффекта гетерозиса в среднем за два года позволила выявить гибридные комбинации, обладающие высокими значениями гетерозиса и хозяйственно ценных признаков: Линия 19/1-1 x Линия 049, Линия 19/2-1 x Линия 020, Линия 19/2-3 x Линия 049, Линия 19/2-1 x Виноградная гроздь, Линия 19/1-1 x Виноградная гроздь. Также необходимо отметить отцовские Линия 025 и Виноградная гроздь, которые во второй год исследований обладали более высокой ранней и товарной урожайностью по сравнению со стандартом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проявление эффекта гетерозиса по хозяйственно-ценным признакам у томата в открытом грунте / А. М. Добродькин [и др.] // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 2. – С. 140–143.
2. Варивода, Е. А. Оценка степени доминирования и гетерозисного эффекта арбуза столового по основным хозяйственным признакам / Е. А. Варивода, Г. В. Варивода, О. Г. Вербитская // Овощи России. – 2022. – № 4. – С. 23–27.
3. Хотылева, Л. В. Теоретические аспекты гетерозиса / Л. В. Хотылева, А. В. Кильчевский, М. Н. Шаптуренко // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2016. – № 20(4). – 482–492.
4. Мазер, К. Биометрическая генетика / К. Мазер, Дж. Джинкс. – М.: Мир, 1985. – 463 с.
5. Брюейкер, Дж. Л. Сельскохозяйственная генетика / Дж. Л. Брюейкер. – М.: Колос, 1966. – 224 с.
6. Хмарский, А. Г. Оценка эффекта гетерозиса у томата черри по хозяйственно ценным признакам в защищенном грунте / А. Г. Хмарский // Современные проблемы использования почв и повышения их плодородия: сборник статей по материалам XIX Междунар. науч. практ. конф., посвященной 100-летию кафедры почвоведения БГСХА: в 2 ч. – Горки, 2022. – Ч. 2. – С. 342–346.
7. Скорина, В. В. Использование комплексных удобрений при выращивании томата в защищенном грунте / В. В. Скорина // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – №1. – С. 84–87.
8. Даскалов, Х. Использование МС и других средств, обеспечивающих получение гибридных семян томатов / Х. Даскалов, Х. Георгиев, С. Даскалов. – София, 1965. – 178 с.
9. Добродькин, М. М. Создание партенокарпических гетерозисных гибридов томата для пленочных теплиц на основе функциональной мужской стерильности: автореф. дис. канд. с.-х. наук 06.01.05 / М. М. Добродькин; Белорус. с.-х. акад. – Горки, 2004. – 18 с.
10. Генетические основы селекции растений. В 4 т. Т. 2. Частная генетика растений / науч. ред. А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т генетики и цитологии. – 2-е изд., испр., перераб. и доп. – Минск: Беларуская навука, 2020. – С. 507–511.