

ОЦЕНКА КОМБИНАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ИСХОДНЫХ ФОРМ ТОМАТА ЧЕРРИ ПО КОМПЛЕКСУ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ

А. Г. ХМАРСКИЙ, М. 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 30.01.2024)

Комбинационная способность является одной из важнейших характеристик линий, определяющих целесообразность их использования в селекционном процессе, а их оценка по этому показателю – одним из основных селекционных мероприятий. Под комбинационной способностью линии или сорта понимается способность давать при скрещивании с другой линией или сортом гетерозисное гибридное потомство, обладающее повышенной жизнеспособностью и урожайностью. Представлены результаты оценки комбинационной способности материнских и отцовских форм томата черри, в схеме топкроссов 8x8, по комплексу хозяйственно ценных признаков. В качестве материнских форм в схеме гибридизации использовались линии, с функциональной мужской стерильностью (ФМС) и маркерным признаком «картофельный лист». В качестве отцовского компонента использовались линии, несущие аллели генов качества, лежкости плодов, устойчивости к болезням и вредителям – 09 (I2C; Mi1.2; Tm2²; cf4A, cf5, cf9), 020 (nor; I2; Mi1.2; cf5; cf4; cf9), 046 (u; I2; Mi1.2; cf4A; cf9), 049 (u; I2C; Tm2²; cf4A; cf9).

Выявлены генотипы родительских форм с высокими показателями комбинационной способности по ранней урожайности – Линия 19/2-1 и Линия 049. Высокими значениями эффектов ОКС и вариант СКС по товарной и общей урожайности обладают следующие родительские формы: Линия 020, Линия 031, Линия 049, Линия 19/1-1, Линия 19/2-1 и Линия 19/2-3. По массе товарного плода наивысшие значения по показателям ОКС и СКС имели генотипы 020, 025, 049, 19/1-1, 19/2-1, 19/2-3.

Для гетерозисной селекции с целью создания высокоурожайных гетерозисных гибридов томата черри на основе функциональной мужской стерильности рекомендуются по комплексу хозяйственно ценных признаков следующие родительские формы: отцовские – Линия 020, Линия 025, Линия 031, Линия 049, Виноградная гроздь; материнские – Линия 19/1-1, Линия 19/2-1, Линия 19/2-3.

Ключевые слова: томат черри, гибрид, защищенный грунт, эффект ОКС, варианта СКС, линия.

Combination ability is one of the most important characteristics of lines that determine the feasibility of their use in the breeding process, and their assessment according to this indicator is one of the main breeding activities. The combinative ability of a line or variety is understood as the ability to produce heterotic hybrid offspring with increased viability and productivity when crossed with another line or variety. The results of assessing the combining ability of maternal and paternal forms of cherry tomato, in the 8x8 topcross scheme, according to a complex of economically valuable traits are presented. Lines with functional male sterility (FMS) and the marker trait "potato leaf" were used as maternal forms in the hybridization scheme. As the paternal component, we used lines carrying alleles of the genes for quality, fruit keeping quality, resistance to diseases and pests – 09 (I2C; Mi1.2; Tm2²; cf4A, cf5, cf9), 020 (nor; I2; Mi1.2; cf5; cf4; cf9), 046 (u; I2; Mi1.2; cf4A; cf9), 049 (u; I2C; Tm2²; cf4A; cf9).

Genotypes of parental forms with high rates of combining ability for early yield have been identified – Line 19/2-1 and Line 049. The following parental forms have high values of the effects of general combination ability and variation of special combination ability in terms of marketable and total yield: Line 020, Line 031, Line 049, Line 19/1-1, Line 19/2-1 and Line 19/2-3. In terms of marketable fruit weight, the highest values for general combination ability and special combination ability indicators were genotypes 020, 025, 049, 19/1-1, 19/2-1, 19/2-3.

For heterotic selection in order to create high-yielding heterotic cherry tomato hybrids based on functional male sterility, the following parental forms are recommended for a set of economically valuable traits: paternal – Line 020, Line 025, Line 031, Line 049, Grape bunch; maternal – Line 19/1-1, Line 19/2-1, Line 19/2-3.

Key words: cherry tomato, hybrid, protected soil, general combination ability effect, special combination ability variation, line.

Введение

При подборе исходных форм для гибридизации определяются не только их хозяйственно ценные признаки, но и их способность давать высокий эффект гетерозиса у гибридов F₁. Это свойство, названное комбинационной способностью (КС). Под комбинационной способностью линии или сорта понимается способность давать при скрещивании с другой линией или сортом гетерозисное гибридное потомство, обладающее повышенной жизнеспособностью и урожайностью [1, с. 6–9]. Комбинационная способность – это наследственный признак, передаваемый потомству как при самоопылении, так и при скрещивании и определяется доминантным состоянием гена, участвующего в экспрессии и выраженности определенного признака [2, с. 518–522].

G. F. Sprague и A. Tatum [3] предложили различать два вида комбинационной способности – общую (ОКС) и специфическую (СКС). Термин «общая комбинационная способность» выражает среднюю ценность линий в гибридных комбинациях, т.е. величину гетерозиса, наблюдаемую по всем гибридным комбинациям, а термин «специфическая комбинационная способность» - отклонение от этой величины у той или иной конкретной комбинации, т.е. определённые комбинации оказываются лучше или хуже, чем можно было ожидать на основании среднего качества изучаемых линий [1, с. 10–12].

Проявление эффекта гетерозиса в значительной степени зависит от конкретных комбинаций скрещиваний F₁ и не может быть предсказано заранее, так как ценность исходных родительских форм различна, одни из них характеризуются высокой комбинационной способностью, а другие – низкой.

По мнению Даскалова [4], ОКС данного сорта или линии томата наиболее эффективно определяется по среднему проявлению признаков в серии скрещиваний с одним из образцов. Наибольший гетерозисный эффект проявляют сорта и линии, характеризующиеся высокой комбинационной способностью. Поэтому изучение комбинационной способности исходного материала по комплексу признаков – важный и необходимый этап, ускоряющий селекционный процесс. Исходя из этого, подбор исходных родительских форм для скрещивания проводится на основе предварительного изучения их общей и специфической комбинационной способности [5, 6, 7, 9, 10, 11, с. 118].

Б. Гриффингом был предложен метод статистического анализа для определения общей и специфической комбинационной способности линий и тестеров. В основе данного метода лежит схема дисперсионного анализа, которая позволяет выявить достоверные различия по тем, или иным признакам. Основными схемами скрещиваний, которые используются в гетерозисной селекции томата, являются диаллельные схемы и топкросс, которые позволяют быстро и точно определить комбинационную способность родительских линий [8].

Таким образом, комбинационная способность является одной из важнейших характеристик линий, определяющих целесообразность их использования в селекционном процессе, а их оценка по этому показателю – одним из основных селекционных мероприятий

Целью исследований является: определить общую и специфическую комбинационную способность исходного материала по основным признакам для создания гибридов F₁ томата черри, а также выделения лучших образцов для дальнейшего исследования.

Основная часть

Научно–исследовательская работа проводилась в 2021–2022 гг. в защищенном грунте (поликарбонатной теплице) на опытном поле кафедры сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиологии УО БГСХА.

В 2021–2022 году было испытано 56, и 64 гибридные комбинации по схеме топкросса 8x7, и 8x8 совместно с исходными формами, через рассадную культуру.

Растения высаживали в трехкратной повторности по три растения на делянке. Схема посадки 70 x 30 см. Доза удобрений N₆₀ (P₂O₅)₁₂₀ (K₂O)₁₂₀. Агротехника общепринятая для томата защищенного грунта. В качестве стандарта выступал Миноприо F₁. Уборку проводили отдельными плодами раз в 7 дней.

Для определения параметров общей комбинационной способности (ОКС) и специфической комбинационной способности (СКС) комбинационной способности использовали модель 1 метода О. Kempthorne [12, с. 146–150] с использованием компьютерной программы AGROS [13].

Результаты дисперсионного анализа родительских форм томата черри за два года (табл. 1), свидетельствуют о достоверности различий по эффектам ОКС материнских и отцовских форм по комплексу признаков, за исключением признака «ранняя урожайность» по ОКС в 2021 году. Сопоставление эффектов ОКС линий и тестеров к СКС свидетельствует о том, что по всем изучаемым признакам как линии, так и тестеры вносят равноценный вклад в генотипическую вариацию.

Эффекты СКС достоверны по всем признакам, что свидетельствует о проявлении аддитивных эффектов. Также было изучено отношение средних квадратов ОКС линий и тестеров к СКС, т. е. соотношение проявления аддитивных и неаддитивных эффектов по изучаемым признакам. Выявлено преобладание аддитивных эффектов над неаддитивными во всех случаях.

Таблица 1. Дисперсионный анализ комбинационной способности родительских форм томата черри за 2021–2022 гг.

Признаки	Средние квадраты						
	Годы	ОКС линий	ОКС тестеров	СКС	ОКС линий СКС	ОКС тестеров СКС	Случайные
Ранняя урожайность, кг/м ²	2021	0,104	0,511*	0,048	2,167	10,646	0,064
Ранняя урожайность, кг/м ²	2022	0,397*	0,397*	0,066	6,015	6,015	0,107
Товарная урожайность, кг/м ²	2021	5,798*	13,342*	0,685	8,464	19,477	1,22
Товарная урожайность, кг/м ²	2022	6,913*	7,001*	0,632	10,938	11,078	1,436
Общая урожайность, кг/м ²	2021	8,245*	13,807*	1,011	8,155	13,657	1,54
Общая урожайность, кг/м ²	2022	8,174*	6,526*	0,853	9,583	7,651	1,801
Масса плода, г	2021	46,855*	110,579*	8,083	5,797	13,680	11,497
Масса плода, г	2022	26,991*	33,283*	4,752	5,680	7,004	6,99

– * достоверно при P=0,05.

Значения эффектов ОКС и вариантов СКС по комплексу признаков представлены в табл. 2–5. Анализ КС по ранней урожайности (табл. 2) позволил выявить линии, обладающие высоким эффектом ОКС Линия 19/2-1, Линия 19/2-3 и Линия 362. Среди тестеров высокими значениями ОКС в 2021–2022 годах, отмечены Линии 025, Линия 031 и Линия 049. С целью прогнозирования возможности получения уникальных комбинаций гибридов F₁ рассчитаны варианты СКС. Высокая вариация СКС указывает на существование отдельных комбинаций скрещиваний с участием данного образца, достоверно отличающихся по эффекту гетерозиса по изучаемому признаку от среднего уровня ОКС. Среди материнских линий наибольшая вариация СКС по ранней урожайности по двум годам наблюдалась у Линий 19/1-1, Линия 19/2-1, Линия 19/2-3, Линия 19/8-3. Среди отцовских форм высокую СКС показали Линия 09, Линия 031, Линия 049, виноградная гроздь. Наиболее ценным образцом в гетерозисной селекции для повышения раннего урожая является линия Линия 049, имеющая максимальный эффект ОКС и варианты СКС.

Таблица 2. Оценка комбинационной способности родительских форм томата черри в защищенном грунте по ранней урожайности

Родительский образец Ранняя урожайность, кг/м ²	Эффект ОКС		Варианса СКС	
	2021	2022	2021	2022
Отцовские формы (тестеры)				
Линия 09	-0,0536	0,3359	0,0989	0,0487
Линия 018	-0,3536	-0,3266	0,0336	0,0643
Линия 020	-0,2036	-0,1266	0,0344	0,0443
Линия 025	0,1089	0,1859	0,0166	0,0135
Линия 031	0,1089	0,1516	0,0410	0,1110
Линия 046	-0,0411	-0,0391	0,0180	0,0491
Линия 049	0,4339	0,2109	0,0447	0,0447
Виноградная гроздь	–	-0,0891	–	0,0879
Материнские формы (стерильные линии)				
Линия 19/1-1	-0,0304	0,3734	0,0181	0,1139
Линия 19/1-3	-0,0875	-0,1516	0,0219	0,0403
Линия 19/1-4	-0,0446	-0,1391	0,0401	0,0530
Линия 19/2-1	0,2268	0,0484	0,1050	0,0299
Линия 19/2-3	0,1268	0,1734	0,0312	0,0675
Линия 19/4-3	-0,2304	-0,3391	0,0301	0,0202
Линия 19/8-3	0,0125	-0,0766	0,0531	0,0873
Линия 362	0,0268	0,1109	0,0383	0,0514

Среди изучаемых отцовских форм наибольшее значение эффектов по товарной урожайности за два года наблюдалась у Линии 020, Линии 025, Линия 031 и Линии 049 (табл. 3) а также виноградная гроздь в 2022 году. Эти же формы обладали высокой вариацией специфической комбинационной способности (СКС). Материнскими формами, стабильно обладающими значительными эффектами ОКС и вариансами СКС, являются Линия 19/1-1, Линия 19/2-1, Линия 19/2-3, Линия 19/8-3.

Таблица 3. Оценка комбинационной способности родительских форм томата черри в защищенном грунте по товарной урожайности

Родительский образец	Эффект ОКС		Варианса СКС	
	2021	2022	2021	2022
Отцовские формы (тестеры)				
Линия 09	-1,7018	-0,4766	0,3061	0,6044
Линия 018	-1,1893	-0,8766	0,5757	0,7487
Линия 020	1,2107	0,7234	0,9915	1,1301
Линия 025	0,0357	0,7109	0,2878	0,3588
Линия 031	0,4268	1,6266	0,9678	0,4406
Линия 046	0,0607	-0,1391	0,4577	0,3433
Линия 049	2,0107	0,9359	0,5266	0,2393
Виноградная гроздь	–	0,7484	–	0,5584
Материнские формы (стерильные линии)				
Линия 19/1-1	0,0821	0,7359	0,5479	0,2463
Линия 19/1-3	0,2964	-0,0016	0,2341	0,3160
Линия 19/1-4	-0,1321	-0,3391	0,7162	0,3964
Линия 19/2-1	1,2679	0,3734	1,1779	0,4719
Линия 19/2-3	0,8107	0,8859	0,5356	0,6243
Линия 19/4-3	-1,7321	-2,0891	0,4875	0,7105
Линия 19/8-3	0,0536	0,1484	0,8458	0,6401
Линия 362	-0,6464	0,402	0,2478	1,0182

Анализ комбинационной способности по признаку «общая урожайность» (табл. 4) среди тестеров за два года стабильно себя показывают Линия 020, Линия 031, Линия 049, так же Виноградная гроздь. Среди материнских форм следует отметить те же образцы, что и по товарной урожайности. Обладающие высокой вариансой СКС и эффектом ОКС.

Таблица 4. Оценка комбинационной способности родительских форм томата черри в защищенном грунте по общей урожайности

Родительский образец	Эффект ОКС		Варианса СКС	
	2021	2022	2021	2022
Отцовские формы (тестеры)				
Линия 09	-1,7964	-0,7047	0,5040	0,8240
Линия 018	-1,2839	-1,0547	1,1096	0,8970
Линия 020	1,5911	0,8578	1,2849	1,4620
Линия 025	0,2286	0,6078	0,3692	0,2257
Линия 031	0,6589	1,3547	0,9426	0,7749
Линия 046	0,4036	0,2953	0,8517	0,9847
Линия 049	1,5161	0,3953	1,0018	0,1975
Виноградная гроздь	–	0,9578	–	0,6034
Материнские формы (стерильные линии)				
Линия 19/1-1	0,2179	0,6703	0,8796	0,4121
Линия 19/1-3	0,3179	-0,1297	0,4250	0,3788
Линия 19/1-4	-0,3964	-0,5672	0,9325	0,5161
Линия 19/2-1	1,3893	0,4328	1,6936	0,5615
Линия 19/2-3	0,7893	1,1328	0,5103	0,6208
Линия 19/4-3	-2,2250	-2,1547	0,6314	1,0079
Линия 19/8-3	0,4179	0,4828	1,6284	1,3252
Линия 362	-0,5107	0,1328	0,3736	1,1468

Исследованиями Р. К. Речец и др. [14] установлено: что масса плода имеет преимущественно промежуточное проявление в F₁, поэтому эффекты ОКС по этому признаку должны находиться в прямой зависимости от массы плода оцениваемых линий. Это положение полностью подтверждают данные наших исследований. Высокую ОКС и СКС по массе плода (табл. 5) среди материнских образцов выявили наиболее крупноплодные формы 19/2-1 и 19/2-3. Самую низкую ОКС имели формы более мелкоплодные Линии 19/4-3, Линии 19/8-3, Линии 362.

Таблица 5. Оценка комбинационной способности родительских форм томата черри в защищенном грунте по массе плода

Родительский образец	Эффект ОКС		Варианса СКС	
	2021	2022	2021	2022
Отцовские формы (тестеры)				
Линия 09	-0,2214	-0,6984	7,6880	1,9197
Линия 018	-0,5339	0,1516	5,8058	1,8620
Линия 020	1,6911	2,3141	7,4393	6,2666
Линия 025	4,3036	2,9391	19,6563	11,5147
Линия 031	6,2339	2,9734	1,9279	4,0542
Линия 046	-2,8089	-1,8234	1,6238	1,8937
Линия 049	3,8036	1,1516	4,3547	1,2638
Виноградная гроздь	–	-1,0609	–	4,4876
Материнские формы (стерильные линии)				
Линия 19/1-1	0,1375	0,0641	7,2649	3,8404
Линия 19/1-3	0,0089	0,2516	7,1031	2,0321
Линия 19/1-4	0,7089	-0,5734	1,4419	2,5668
Линия 19/2-1	2,0518	1,4516	2,3538	3,2449
Линия 19/2-3	4,1946	3,0016	17,3548	6,6137
Линия 19/4-3	-4,3339	-3,0484	5,8577	2,3467
Линия 19/8-3	-0,4054	-1,6109	12,0873	1,8178
Линия 362	-2,3625	-1,127	3,1149	10,7997

Среди тестеров по двум годам более крупноплодными были следующие образцы: Линия 020, Линия 025, Линия 031, Линия 049. Более мелкоплодными Линия 09 Линия 018 и Линия 046. Также все образцы обладали высокой вариансой СКС по двум годам. Таким образом, исследования свидетельствуют о том, что для создания гибридов томата черри масса плода должна быть заложена в исходном материале планируемого гибрида

Закключение

Дисперсионный анализ выявил достоверность различий эффектов ОКС материнских и отцовских

форм по комплексу признаков, за исключением признака «ранняя урожайность» ОКС в 2021 году. Сопоставление эффектов ОКС линий и тестеров к СКС свидетельствует о том, что по всем изучаемым признакам как линии, так и тестеры вносят одинаковый вклад в генотипическую вариацию, а также преобладание аддитивных эффектов над неаддитивными по изучаемым признакам во всех случаях.

Лучшими генотипами с высокими показателями комбинационной способности по ранней урожайности были материнские формы: Линия 19/2-1, Линия 19/2-3 и Линия 362; отцовская Линия 025, Линия 031, Линия 049, по товарной и общей урожайности: Линия 19/1-1, Линия 19/2-1, Линия 19/2-3 и отцовские Линия 020, Линия 25, Линия 031, Линия 049 и Виноградная гроздь, по массе плода: Линия 020, Линия 025, Линия 049, Линия 19/1-1, Линия 19/2-1, Линия 19/2-3.

Выявлены ценные для селекции линии (Линия 19/1-1, Линия 19/2-1, Линия 19/2-3, Линия 020, Линия 025, Линия 031, Линия 049, Виноградная гроздь) обладающие высокими эффектами ОКС и вариансами СКС в большинстве случаев, которые рекомендуются использовать при создании высокоурожайных гетерозисных гибридов томата черри.

ЛИТЕРАТУРА

1. Турбин, Н. В. Гетерозис и радиустойчивость растений / Н. В. Турбин, В. Г. Володин, И. А. Гордей / АН БССР, Ин-т генетики и цитологии, Белорус. о-во генетиков и селекционеров. – Минск: Наука и техника, 1977. – С. 5–28.
2. Генетические основы селекции растений: в 4 т. / науч. ред. А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева. – Минск: Беларус. навука, 2020. – Т. 2: Частная генетика растений. – 663 с.
3. Sprague G. F., Tatum L. A. – Heterosis and specific combining ability // J. Amer. Soc. Agron. – 1942. – Vol.34. – P. 10.
4. Даскалов, Х. Вопросы продуктивности и качества овощных культур / Х. Даскалов // – София, 1967.
5. Георгиев, Хр. Перспективы гетерозисной селекции томата / Хр. Георгиев, Ж. П. Данаилов // Состояние и перспективы интенсификации овощеводства: Тез.докл. – Кишинев, 1990. – С. 56–57.
6. Грати, В. Г. Комбинационная способность некоторых перспективных форм томата / В. Г. Грати, М. И. Грати // Гетерозис с.-х. растений: сб. науч. тр. / Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции и семеноводства овощных культур. – М.: ВНИИССОК, 1997. – С. 100–101.
7. Хотылева, Л. В. Анализ различных схем скрещивания для оценки общей комбинационной способности исходного материала томата по раннему и общему урожаю / Л. В. Хотылева, Л. А. Мишин, Л. В. Тарутина // Овощеводство: сб. научн. тр. – Вып. 9. – Минск, 1996. – С. 38–43.
8. Власов, А. С. Использование топкросса для определения комбинационной способности томата / А. С. Власов, А. А. Тарабаев, // Современное состояние и перспективы развития селекции и семеноводства с.-х. культур в РФ: материалы Всерос. науч.-практ. конф., Пенза, 26–27 февр. 1998 г. – Пенза, 1998. – Вып. 42. – С. 74–79.
9. Комбинационная способность образцов томата (*Solanum Lycopersicum* L.) в селекции гетерозисных гибридов для защищенного грунта / И. Е. Баева [и др.] // Овощеводство. – 2019. – № 27. – С. 12–17.
10. Дыдышко, Н. В. Анализ комбинационной способности родительских форм перца острого (*CAPSICUM ANNUM* L.) в защищенном грунте / Н. В. Дыдышко // Овощеводство. – 2022. – № 30. – С. 14–19.
11. Брюейкер, Дж. Л. Сельскохозяйственная генетика / Дж. Л. Брюейкер. – М.: Колос, 1966. – 224 с.
12. Kempthorne, O. An introduction to genetics statistics / O. Kempthorne. – New York: John Wiley a. Sons, 1957. – p. 145–152.
13. Савченко, В. К. Генетический анализ в сетевых пробных скрещиваниях / В. К. Савченко. – Минск: Наука и техника, 1984. – 223 с.
14. Речец, Р. К. Общая и специфическая комбинационная способность исходных родительских форм томата по комплексу хозяйственно ценных признаков для создания гибридов F1 вишневидного и коктейльного типа / Р. К. Речец, М. Д. Никулаеш // Овощи России. – 2017. – № 2. – С. 35–39.