

ВЗАИМОСВЯЗЬ УРОЖАЙНОСТИ, ЭФФЕКТА ГЕТЕРОЗИСА И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ У ГИБРИДОВ ПЕРЦА ОСТРОГО

Н. В. ДЫДЫШКО, Т. В. НИКОНОВИЧ

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: dydyshko_natalia@mail.ru

(Поступила в редакцию 08.01.2024)

Создание высокоурожайных гетерозисных гибридов, обладающих экологической стабильностью, является важным направлением в селекции сельскохозяйственных культур, в том числе перца острого, который широко используется в медицине, кулинарии, консервной, ликероводочной промышленности. Гетерозисная селекция позволяет получать в условиях Республики Беларусь не только продуктивные гибриды перца острого, но и обладающие устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды.

Целью наших исследований явилось изучение связей между урожайностью, эффектом гетерозиса и экологической стабильностью у гибридов перца острого.

Получено 11 образцов, которые превосходили по продуктивности стандарт сорт Ёжик. Лучшими были: Линия 9 x Китай, Линия 9 x Ёжик, Волгоград x Ёжик, Лара x Красный дракон, Лара x Ёжик, Халапеньо x Ёжик, Агдас x Ёжик, урожайность которых варьировала от 2,6 до 3,3 кг/м². Наибольшая ОАС наблюдалась у гибридных комбинаций Лара x Ёжик, Волгоград x Ёжик, Чегевара x Красный дракон, Линия 9 x Китай, Линия 9 x Ёжик, Халапеньо x Ёжик, Агдас x Ёжик. Из полученных гибридов более половины 54,3 % проявили эффект положительного гетерозиса, 40,0 % промежуточное наследование, 5,7 % отрицательный гетерозис. Большая часть гетерозисных гибридов 51,4 % положительно реагировали на улучшения условий среды и 48,6 % гибридных комбинаций проявляли экологическую стабильность.

Анализ взаимосвязи урожайности с эффектом гетерозиса и экологической стабильностью показал, что среди высокоурожайных гибридов перца острого встречались стабильные и не стабильные формы. Создан гибрид, сочетающий в одном генотипе продуктивность и экологическую стабильность.

Ключевые слова: перец острый, гибридная комбинация, урожайность, гетерозис, экологическая стабильность.

The creation of high-yielding heterotic hybrids that are environmentally stable is an important direction in the breeding of agricultural crops, including hot pepper, which is widely used in medicine, cooking, canning, and the alcoholic beverage industry. Heterotic selection makes it possible to obtain in the conditions of the Republic of Belarus not only productive hybrids of hot pepper, but also those that are resistant to adverse environmental factors.

The purpose of our research was to study the relationships between yield, the effect of heterosis and environmental stability in hot pepper hybrids.

11 samples were obtained that were superior in productivity to the standard Hedgehog variety. The best were: Line 9 x China, Line 9 x Hedgehog, Volgograd x Hedgehog, Lara x Red Dragon, Lara x Hedgehog, Jalapeno x Hedgehog, Agdas x Hedgehog, the yield of which varied from 2.6 to 3.3 kg/m². The highest general adaptive capacity was observed in the hybrid combinations Lara x Hedgehog, Volgograd x Hedgehog, Chegevara x Red Dragon, Line 9 x China, Line 9 x Hedgehog, Jalapeno x Hedgehog, Agdas x Hedgehog. Of the resulting hybrids, more than half (54.3 %) showed the effect of positive heterosis, 40.0 % intermediate inheritance, 5.7 % negative heterosis. The majority of heterotic hybrids, 51.4 %, responded positively to improved environmental conditions and 48.6 % of hybrid combinations showed environmental stability.

An analysis of the relationship between yield and the effect of heterosis and environmental stability showed that among the high-yielding hybrids of hot pepper there were stable and unstable forms. A hybrid has been created that combines productivity and environmental stability in one genotype.

Key words: hot pepper, hybrid combination, productivity, heterosis, environmental stability.

Введение

Значительное место в селекции растений на сочетание высокой урожайности и экологической стабильности занимает создание гибридов F₁. Большинство исследователей подчеркивают лучшую устойчивость гибридов F₁ к неблагоприятным или изменяющимся условиям внешней среды по сравнению с исходными линиями. Главные требования, которые предъявляются к новому гибриду – это сочетание высокой продуктивности растений с устойчивостью к абиотическим и биотическим факторам среды. Такой гибрид может получить распространение в производстве в том случае, если он в благоприятных условиях характеризуется наибольшей продуктивностью и при этом формирует стабильный урожай в иных условиях, то есть будет высоко адаптивным [2; 5; 6, с. 7–9; 7, с. 54].

Однако признаки могут изменяться и в определенной степени зависят от условий выращивания растений, поэтому важно выявить те взаимосвязи, которые наиболее четко выражены и стабильно проявляются в разные годы. А. В. Кильчевский и В. В. Скорина утверждали, что продуктивность и экологическая стабильность находятся под контролем различных групп генов. Это свидетельствует о необходимости и о возможности сочетания эффекта гетерозиса по продуктивности и определенного уровня экологической стабильности в одном генотипе [3; 4, с. 270–274]. По мнению А. В. Кильчев-

ского, Л. В. Хотылевой, основными особенностями адаптивной селекции в отличие от традиционных методов селекции являются ее региональный характер и экологическая направленность, то есть создание сортов и гибридов для конкретного региона с учетом вариабельности факторов локальной среды.

Направления селекционной работы различаются в зависимости от характера использования ее результатов. В селекции перца острого важно канализировать усилия на получение высокоурожайных образцов, пригодных для использования в свежем, сушеном, консервированном виде, а также с высокими вкусовыми качествами плодов и ценным химическим составом.

Целью наших исследований было изучение связи между урожайностью, эффектом гетерозиса и экологической стабильностью у гибридов перца острого.

Основная часть

Научно-исследовательская работа выполнялась в течение 2018–2020 гг. на опытном поле кафедры сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиологии УО БГСХА. Закладка опыта осуществлялась с использованием общепринятых методик и методических указаний [1, с. 140–142]. Объектом исследований являлись гибриды перца острого, полученные по схеме топкросса. Стандартом был сорт Ёжик. Метеорологические условия в годы проведения научной работы отличались по температурным показателям, количеству атмосферных осадков, а также наблюдались отклонения от средних многолетних данных. Основные учеты выполнялись по общепринятым методикам. Сборы плодов осуществлялись с интервалом семь дней. Оценка адаптивной способности и экологической стабильности гетерозисных гибридов по общей урожайности проводили по методу А. В. Кильчевского, Л. В. Хотылёвой [4]. Используемая методика основана на испытании генотипов в различных средах и позволяет выявлять: общую адаптивную способность (ОАС), характеризующую среднее значение признака в различных условиях среды; относительную стабильность генотипов (S_{gi}), которая указывает, насколько сорт отзывчив на условия среды и стабилен в определенных условиях; реакцию генотипа на среду (b_i), характеризующую отношение сорта к изменениям условий выращивания; селекционную ценность генотипа (СЦГ) – это значение, оценивающее сочетание высокой продуктивности и стабильности в одном генотипе и позволяющее вести отбор по адаптивной способности в зависимости от поставленной селекционной задачи. Также нами были установлены: общая урожайность (X_i) изучаемых гетерозисных гибридов в среднем за три года; степень доминирования (H_p) – показатель, описывающий характер наследования признака изучаемых образцов.

Определение данных параметров осуществляли с помощью программы AGROS. Характер наследования признаков оценивался по показателю «степень доминирования», рассчитанному по формуле: $H_p = (F_1 - MP) / (P_{max} - MP)$; где F_1 – среднее арифметическое значение признака у гибрида; MP – среднее значение признака обоих родителей; P_{max} – значение признака родителя с максимальным его выражением.

Результаты полученных данных по общей урожайности (табл. 1) показали, что 11 образцов превзошли стандарт сорт Ежик. Гибридные комбинации – Линия 9 x Китай, Линия 9 x Ёжик, Волгоград x Ёжик, Лара x Красный дракон, Лара x Ёжик, Халапеньо x Ёжик, Агдас x Ёжик имели данный признак на уровне от 2,60 до 3,37 кг/м². Наибольшая ОАС наблюдалась у образцов Лара x Ёжик, Волгоград x Ёжик, Чегевара x Красный дракон, Линия 9 x Китай, Линия 9 x Ёжик, Халапеньо x Ёжик, Агдас x Ёжик. При анализе относительной стабильности S_{gi} наименьшая изменчивость высокоурожайных гибридов отмечена у образцов: Лара x Красный дракон, Лара x Ёжик 5,08–6,85 %. Низкая стабильность гибрида Халапеньо x Ёжик (0,12) значительно снизила СЦГ. В целом селекционная ценность генотипа колебалась в пределах от -0,05 до 3,04, максимальные значения имели гибридные комбинации Лара x Ёжик, Лара x Красный дракон, Линия 9 x Китай. Коэффициент регрессии больше единицы отмечен у 18 образцов. Наибольшая пластичность наблюдалась у гибридов Халапеньо x Ёжик, Агдас x Ёжик, Халапеньо x Феферона красная ($b_i = 2,33 - 2,71$). Коэффициент регрессии близкий к единице ($b_i = 1,0$) установлен у гибридов Агдас x Феферона красная, Лара x Феферона красная. Лучшие по ОАС стабильные формы с коэффициентом регрессии $b_i < 1$ являлись гибридные комбинации Лара x Ёжик, Линия 9 x Феферона красная, Лара x Красный дракон.

Для изучения связи между проявлением эффекта гетерозиса и экологической стабильностью, а также характером наследования реакции образцов на условия среды гибриды по показателям общей урожайности были разделены на группы – высокоурожайные (с урожайностью выше 3,00 кг/м²), среднеурожайные (на уровне стандарта 2,33–3,00 кг/м²), низкоурожайные ($\leq 2,33$ кг/м²). Из общего количества образцов 68,6 % гибридов являлись низкоурожайными, 20 % среднеурожайными и 11,4 % высокоурожайными.

коурожайними. Кроме того, гибридные комбинации группировались по степени доминирования на три группы $H_p > 1$ – положительное сверхдоминирование, $-1 \leq H_p \leq 1$ – промежуточное наследование, $H_p < -1$ – отрицательное сверхдоминирование. А также сформировали группы образцов по коэффициенту регрессии: $b < -1$ – нестабильные с отрицательной реакцией на улучшение условий среды, $-1 \leq b \leq 1$ – стабильные, $b > 1$ – нестабильные с положительной реакцией на улучшение условий среды [5, с. 271].

Таблица 1. Параметры адаптивной способности и стабильности гибридов перца острого по общей урожайности в среднем за три года

Наименование гибрида	X_p , кг/м ²	OAC_i	S_{gi}	b_i	$СЦГ_i$	H_p
Линия 9 × Каин	2,15	0,01	28,64	1,28	0,98	-1,00
Линия 9 × Китай	3,05	0,89	14,39	-0,34	2,21	2,10
Линия 9 × Феферона красная	2,44	0,29	20,07	0,80	1,51	1,20
Линия 9 × Красный дракон	2,38	0,23	23,85	1,07	1,31	1,30
Линия 9 × Ёжик	2,94	0,79	32,52	1,94	1,13	11,00
Волгоград × Каин	2,21	0,06	8,90	0,46	1,83	0,00
Волгоград × Китай	2,11	-0,04	0,00	-0,01	2,11	0,80
Волгоград × Феферона красная	2,28	0,13	8,58	0,46	1,90	1,30
Волгоград × Красный дракон	1,85	-0,29	4,10	-0,01	1,71	-0,60
Волгоград × Ёжик	3,16	1,01	42,49	2,11	0,62	17,00
Лара × Каин	2,44	0,29	20,26	1,04	1,51	1,60
Лара × Китай	2,00	-0,15	15,53	0,36	1,41	3,00
Лара × Феферона красная	1,75	-0,39	27,51	0,96	0,84	4,00
Лара × Красный дракон	2,60	0,45	6,85	-0,39	2,26	21,00
Лара × Ёжик	3,37	1,22	5,08	0,01	3,04	3,00
Халапеньо × Каин	2,25	0,09	24,80	0,51	1,19	1,30
Халапеньо × Китай	2,20	0,05	13,06	0,49	1,66	3,00
Халапеньо × Феферона красная	2,32	0,17	53,25	2,33	-0,02	5,70
Халапеньо × Красный дракон	2,15	0,01	41,45	1,65	0,46	0,00
Халапеньо × Ёжик	2,60	0,48	50,46	2,71	0,12	1,50
Агдас × Каин	1,64	-0,51	39,89	1,32	0,40	-9,00
Агдас × Китай	1,92	-0,22	32,26	1,27	0,74	0,60
Агдас × Феферона красная	1,92	-0,23	27,78	1,04	0,91	0,50
Агдас × Красный дракон	1,95	-0,20	29,64	1,08	0,86	0,20
Агдас × Ёжик	3,20	0,41	37,20	2,61	1,37	6,30
Зимрид × Каин	1,90	-0,24	36,74	1,16	0,58	-0,20
Зимрид × Китай	1,70	-0,43	18,62	0,64	1,11	1,00
Зимрид × Феферона красная	2,00	-0,18	33,59	1,25	0,72	2,50
Зимрид × Красный дракон	2,02	-0,13	12,91	0,59	1,52	7,00
Зимрид × Ёжик	2,37	0,23	44,89	1,99	0,36	1,00
Чегевара × Каин	1,29	-0,85	54,66	1,44	-0,05	-1,00
Чегевара × Китай	1,40	-0,74	15,58	0,50	0,99	1,70
Чегевара × Феферона красная	1,47	-0,67	8,65	0,37	1,23	0,00
Чегевара × Красный дракон	1,08	1,06	0,00	-0,09	1,08	-2,30
Чегевара × Ёжик	1,91	0,23	49,01	1,78	0,13	0,10
Ёжик	2,33	0,21	17,77	0,53	1,57	

В табл. 2 представлена связь между степенью доминирования и экологической стабильностью у гибридов перца острого по признаку «общей урожайности». В группе высокоурожайных гибридов 4 образца проявили сверхдоминирование по изучаемому признаку, из которых два являлись нестабильными с положительной реакцией на улучшение условий среды (Волгоград × Ёжик, Агдас × Ёжик) и два стабильны (Линия 9 × Китай, Лара × Ёжик).

Таблица 2. Связь между степенью доминирования и экологической стабильностью у гибридов перца острого по общей урожайности

Урожайность	Степень доминирования	Коэффициент регрессии на среду среды			Сумма гибридов	Доля, %
		$b < -1$	$-1 \leq b \leq 1$	$b > 1$		
Высокоурожайные	$H_p > 1$	0	2	2	4	11,4
	$-1 \leq H_p \leq 1$	0	0	0	0	0
	$H_p < -1$	0	0	0	0	0
Среднеурожайные	$H_p > 1$	0	2	4	6	17,2
	$-1 \leq H_p \leq 1$	0	0	1	1	2,8
	$H_p < -1$	0	0	0	0	0
Низкоурожайные	$H_p > 1$	0	7	2	9	25,7
	$-1 \leq H_p \leq 1$	0	5	8	13	37,2
	$H_p < -1$	0	1	1	2	5,7
Сумма гибридов		0	17	18	35	100
Доля, %			48,6	51,4	100	

Из семи среднеурожайных гибридов, у шести образцов наблюдалось сверхдоминирование, два из которых проявили стабильность (Линия 9 × Феферона красная, Лара × Красный дракон), четыре – нестабильные с положительной реакцией на улучшение условий среды.

Из 24 низкоурожайных гибридов F_1 перца острого 25,7 % образцов проявили положительный гетерозис, 37,2 % промежуточное наследование; 5,7 % отрицательный гетерозис. Среди девяти гибридных комбинаций с положительным гетерозисом два образца нестабильные с положительной реакцией на улучшение условий среды и семь гибридов стабильны. Нестабильных с отрицательной реакцией на улучшение условий не выявлено. Из 13 гибридов с промежуточным типом наследования у восьми образцов проявилась нестабильность с положительной реакцией на улучшение условий среды и пять гибридов были стабильны. Из двух образцов с отрицательным сверхдоминированием одна гибридная комбинация (Агдас × Каин) проявила нестабильность с положительной реакцией на улучшение условий среды и один образец (Чегевара × Красный дракон) показал стабильность с коэффициентом регрессии -0,09.

Анализ связи между степенью доминирования и экологической стабильностью у гибридов перца острого по признаку «общая урожайность» показал, что из общего количества гетерозисных гибридов более половины (54,3 %) проявили эффект положительного гетерозиса, 40,0 % – промежуточное наследование, 5,7 % – отрицательный гетерозис.

Установлено, что гетерозисное состояние не всегда обеспечивает стабильность. Полученные данные свидетельствуют, что 48,6 % гибридов проявляют экологическую стабильность, 51,4 % положительно реагируют на улучшения условий среды. Среди высокоурожайных гибридов перца острого встречаются, как стабильные, так и не стабильные образцы, в связи с этим очевидно, что оценка экологической стабильности является важным элементом гетерозисной селекции перца острого.

Заключение

Для селекционной работы представляют интерес генотипы, сочетающие в себе высокую урожайность, общую адаптивную способность, селекционную ценность генотипа. Выявлены гибриды Линия 9 х Китай, Линия 9 х Ёжик, Волгоград х Ёжик, Лара х Красный дракон, Лара х Ёжик, Халапеньо х Ёжик, Агдас х Ёжик, урожайность которых варьировала от 2,6 до 3,3 кг/м². Наибольшая общая адаптивная способность наблюдалась у гибридных комбинаций Лара х Ёжик, Волгоград х Ёжик, Чегевара х Красный дракон, Линия 9 х Китай, Линия 9 х Ёжик, Халапеньо х Ёжик, Агдас х Ёжик. Селекционная ценность генотипа колебалась в пределах от -0,1 до 3,0, максимальные значения имели гибридные комбинации Лара х Ёжик, Лара х Красный дракон, Линия 9 х Китай. Из общего количества гетерозисных гибридов более половины (54,3 %) проявили эффект положительного гетерозиса, 40,0 % – промежуточное наследование, у 5,7 % – отрицательный гетерозис. Относительная стабильности высокоурожайных гибридов отмечена у образцов Лара х Красный дракон, Лара х Ёжик. 5,08–6,09 %. Большая часть гетерозисных гибридов 51,4 % положительно реагировали на улучшения условий среды, 48,6 % гибридов проявляли экологическую стабильность. Среди высокоурожайных гибридов перца острого были установлены как стабильные, так и нестабильные формы.

Анализ взаимосвязи урожайности с эффектом гетерозиса и экологической стабильностью показал, что среди высокоурожайных гибридов перца острого имеются как стабильные, так и не стабильные формы. Получен гибрид, сочетающий высокую продуктивность и стабильность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. Дыдышко, Н. В. Оценка адаптивной способности и экологической стабильности гетерозисных гибридов перца острого в необогреваемых теплицах / Н. В. Дыдышко, Т. В. Никонович // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 1. – С. 56–61.
3. Кильчевский, А. В. Селекция гетерозисных гибридов томата / А. В. Кильчевский, В. В. Скорина. – 2005. – 217 с.
4. Кильчевский, А. В. Экологическая селекция растений / А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева. – Минск: Технология, 1997. – 372 с.
5. Корзун, О. С. Адаптивные особенности селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений: пособие / О. С. Корзун, А. С. Бруйло. – Гродно: ГГАУ, 2011. – 140 с.
6. Моисеева, М. О. Связи между урожайностью, эффектом гетерозиса и экологической стабильностью гибридов перца сладкого / М. О. Моисеева // Вестн. БГСХА. – 2016. – № 2. – С. 65–67.
7. Пышная, О. Н. Селекция перца / О. Н. Пышная, М. И. Мамедов, В.Ф. Пивоваров. – М.: Изд-во ВНИИССОК, 2012. – 248 с.