

ПРОЯВЛЕНИЕ ЭФФЕКТА ГЕТЕРОЗИСА И ХАРАКТЕР НАСЛЕДОВАНИЯ БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПЛОДОВ У ГИБРИДОВ F₁ ПЕРЦА ОСТРОГО

Н. В. ДЫДЫШКО, Т. В. НИКОНОВИЧ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: dydyshko_natalia@mail.ru

(Поступила в редакцию 25.01.2022)

В селекционной работе, направленной на создание высококачественных сортов и гибридов F₁ перца острого, значительный интерес представляет оценка образцов по биохимическому составу плодов. Это позволит выявить пределы варьирования ценных свойств, а также отобрать формы с высокими качественными показателями для последующего использования их в селекции. В статье представлены результаты биохимических исследований плодов гибридов перца острого за 2018–2020 гг., а также рассчитанные истинный гетерозис и степень доминирования. Выделены ценные по биохимическому составу плоды гибриды F₁, характеризующиеся содержанием каротина на уровне 33,5–36 мг/кг (Волгоград х Ёжик, Девятка х Феферона красная, Халапеньо х Красный дракон, Халапеньо х Ёжик, Чегевара х Красный дракон, Чегевара х Каин); сухого вещества. 17,1–20,0 % (Халапеньо х Ёжик, Агдас х Китай, Чегевара х Китай, Чегевара х Феферона красная, Чегевара х Ёжик); витамина С – 103,1–319,4 мг/100 г (Агдас х Китай, Лара х Ёжик, Чегевара х Каин); капсаицина – 1,6–1,7 % (Лара х Ёжик, Агдас х Китай, Агдас х Китай). Наследование содержания каротина, витамина С и капсаицина в плодах перца острого характеризовалось преобладанием положительного сверхдоминирования, а содержания сухого вещества имело промежуточный тип наследования. По итогам испытаний образцы Чегевара х Ёжик, Чегевара х Китай, Халапеньо х Ёжик, Агдас х Китай показали высокую биологическую ценность плодов и значительный гетерозисный эффект по изучаемым признакам.

Ключевые слова: перец острый, гибрид, химический состав, истинный гетерозис, степень доминирования.

In breeding work aimed at creating high-quality varieties and F₁ hybrids of hot pepper, the evaluation of samples according to the biochemical composition of fruits is of considerable interest. This will make it possible to establish the limits of variation of valuable properties, as well as to select forms with high quality indicators for their subsequent use in breeding. The article presents results of biochemical studies of the fruits of hot pepper hybrids for 2018–2020, as well as the calculated true heterosis and the degree of dominance. We have selected F₁ hybrids valuable in terms of the biochemical composition of the fruit, characterized by a carotene content of 33.5–36 mg/kg (Volgograd x Hedgehog, Deviatka x Feferona red, Jalapeno x Red Dragon, Jalapeño x Hedgehog, Chegevara x Red Dragon, Chegevara x Cain); dry matter – 17.1–20.0 % (Jalapeño x Hedgehog, Agdas x China, Chegevara x China, Chegevara x Feferona red, Chegevara x Hedgehog); vitamin C – 103.1–319.4 mg/100 g (Agdas x China, Lara x Hedgehog, Chegevara x Cain); capsaicin – 1.6–1.7 % (Lara x Hedgehog, Agdas x China, Agdas x China). The inheritance of the content of carotene, vitamin C and capsaicin in the fruits of hot pepper was characterized by the predominance of positive overdominance, and the dry matter content had an intermediate type of inheritance. According to the test results, samples of Chegevara x Hedgehog, Chegevara x China, Jalapeño x Hedgehog, Agdas x China showed a high biological value of fruits and a significant heterotic effect on the studied traits.

Key words: hot pepper, hybrid, chemical composition, true heterosis, degree of dominance.

Введение

Гетерозис – это явление, отмеченное у некоторых гибридов F₁, выражающееся в их превосходстве по одному или нескольким признакам над лучшей родительской формой. Многочисленными исследователями установлено, что степень гетерозиса увеличивается с уменьшением генетического сходства между двумя родителями [5].

Гетерозис может проявляться по одному или нескольким признакам, часто в той или иной мере определяющим жизнеспособность растения или ускоренное его развитие. Таким образом, гетерозис может наблюдаться как в общем габитусе растения, так и в формировании отдельных органов – корней, корнеплодов, листьев, соцветий, цветков и плодов. Иногда он проявляется в биохимических признаках (содержании сухих веществ, сахаров, жиров, витаминов и др.), часто – в изменении физиологических признаков (усиление холодостойкости, засухоустойчивости, улучшение лежкости при хранении, общей устойчивости к заболеваниям и др.).

Одним из направлений создания новых сортов и гибридов перца острого является селекция на качество, которая подразумевает в первую очередь высокое содержание легкоусвояемых биологически активных веществ [2, 8, 12].

Перец острый относится к семейству пасленовые – *Solanaceae Pers.*, роду – *Capsicum annuum*.

Ценность этой культуры определяется тем, что перец острый содержит внушительный перечень полезных веществ растительного происхождения, это обуславливает наличие у данной культуры целого ряда в том числе и целебных свойств. Важнейшим показателем качества плодов является содержание в них витаминов группы А, В, С, минеральных веществ, каротиноидов. Горечь плодов перца острого обусловлена наличием капсаицина – алкалоида растительного происхождения, который

накапливается в плодах и локализуется, главным образом, в плаценте и стенках внутренних перегородок. В семенах и стенках околоплодника он практически не ощущается. Плоды перца острого используются для производства перечного порошка, который высоко ценится в медицине, употребляется в качестве приправы к различным блюдам. Особенностью перца острого является его использование в свежем, высушенном, замороженном и маринованном виде, причем после термической обработки сохраняются его полезные свойства [1].

Основная часть

Объектом исследования являлись сорта и гибриды перца острого, полученные по схеме топкросса. В качестве исходных образцов использовались сорта и линии: ♂Китай, ♂Феферона красная, ♂Красный дракон, ♂Каин, ♂Ежик, ♀Девятка, ♀Волгоград, ♀Лара, ♀Халапеньо, ♀Агдас, ♀Зимрид, ♀Чегевара. Стандартом служил сорт Ежик. Полученные гибридные комбинации первого поколения выращивались в 2018–2020 годах в поликарбонатных теплицах кафедры сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиологии Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. Закладка опыта осуществлялась с использованием общепринятых методик и методических указаний [6].

Сборы плодов проводились при появлении характерной для образца окраски, в начале биологической спелости. Биохимический анализ качества плодов выполнялся по следующим методикам: сухое вещество – ГОСТ 27548-97, каротин – ГОСТ 13496.17-95 п.1, витамин С – ГОСТ 24556-89 п.2. Определение содержания капсаицина проводилось по методике Ермакова А. И.

У гибридов перца острого (F_1) нами был изучен эффект гетерозиса как показатель селекционной ценности взятых для скрещивания родительских форм, он определялся по методу Д. С. Омарова [11].

$$\text{Гист} = \frac{(F_1 - P_l)}{P_l} * 100$$

где: F_1 – величина признака у растений F_1 ; P_l – лучший признак родительской формы.

Наряду с этим рассчитывалась степень доминантности признака. Расчет степени доминантности признаков у гибридов в первом поколении проводился по формуле Дж. Л. Брюейкера [4]:

$$h_p = \frac{(F_1 - MP)}{(P_l - MP)}$$

где P_l – больший признак родительской формы; MP – средний признак обеих родительских форм; F_1 – величина признака у растений F_1 ; h_p – степень фенотипического доминирования.

Полученные данные интерпретировали в соответствие с типом наследования: $\infty < h_p < -1$ – отрицательное сверхдоминирование (отрицательный гетерозис); $-1 \leq h_p < -0,5$ – отрицательное доминирование; $-0,5 \leq h_p \leq +0,5$ – промежуточное наследование; $+0,5 < h_p < +1$ – положительное доминирование; $+1 < h_p < +\infty$ – положительное сверхдоминирование (положительный гетерозис).

В табл. 1 представлен характер наследования и степень гетерозиса по биохимическому составу плодов перца острого.

Таблица 1. Проявление эффекта гетерозиса и степени доминирования у гибридов перца острого по биохимическому составу плодов в среднем за 2018–2020 годы

Гибрид	Каротин			Сухое вещество			Витамин С			Капсаицин		
	F_1 мг/100г	$\Gamma_{\text{ист}}\%$	h_p	$F_1, \%$	$\Gamma_{\text{ист}}\%$	h_p	$F_1, \text{мг}/100\text{г}$	$\Gamma_{\text{ист}}\%$	h_p	$F_1, \%$	$\Gamma_{\text{ист}}\%$	h_p
Девятка х Каин	27,2	16,4	1,5	13,8	-28,7	0,0	111,4	27,5	3,4	1,0	246,7	2,4
Девятка х Китай	20,1	20,6	0,8	14,1	-26,8	0,0	105,8	39,8	3,9	0,6	86,7	0,7
Девятка х Фефер. красн.	31,6	49,2	3,1	13,7	-27,7	0,0	110,8	42,8	4,5	0,8	66,0	0,7
Девятка х Красн. дракон	23,9	37,2	3,1	10,8	-35,6	-0,4	103,0	11,4	1,5	0,7	67,5	0,6
Девятка х Ежик	20,1	-9,5	0,6	12,6	-10,6	0,5	93,3	19,2	3,3	0,4	36,7	0,3
Волгоград х Каин	28,5	20,4	1,2	14,9	-23,3	0,2	103,4	18,3	1,3	1,0	137,5	1,3
Волгоград х Китай	16,5	-30,5	-1,1	16,8	-12,4	0,6	113,0	34,8	1,5	1,2	207,5	1,9
Волгоград х Фефер. красн	23,7	0,1	0,7	15,4	-18,6	0,4	89,9	7,3	0,5	1,3	156,0	1,4
Волгоград х Крас. дракон	24,6	3,7	1,3	16,5	-1,2	1,0	95,9	3,8	0,6	1,3	212,5	1,9
Волгоград х Ежик	36,9	55,6	2,7	13,3	-4,8	0,7	98,5	17,5	0,9	0,9	122,5	1,1
Лара х Каин	15,4	-34,0	-0,4	11,2	-42,4	-1,8	98,6	-0,7	-1,0	0,7	15,0	0,0
Лара х Китай	20,6	23,4	0,9	14,3	-25,6	-0,8	95,1	-4,2	-18,2	0,2	-61,7	-0,8
Лара х Феферона красн.	21,7	2,5	1,1	16,0	-15,3	-0,1	103,5	4,3	-3,2	0,9	45,0	0,1
Лара х Красный дракон	23,0	81,1	2,6	12,4	-8,4	-1,3	108,8	9,5	-12,2	1,1	85,0	0,6
Лара х Ежик	19,7	-11,1	0,4	15,3	-11,2	5,5	116,0	16,8	-7,9	1,6	163,3	1,5
Халапеньо х Каин	26,3	12,3	1,3	14,4	-25,6	-0,6	96,7	10,6	2,3	0,7	100,0	1,5
Халапеньо х Китай	18,0	-3,9	0,1	15,4	-19,7	-0,2	87,3	15,3	2,7	0,6	75,8	1,2
Халапеньо х Фефер. крас	24,5	15,7	3,2	16,6	-12,2	-1,1	104,2	34,2	13,0	0,3	-36,0	0,0
Халапеньо х Крас дракон	36,7	102,9	8,4	14,4	-13,5	-0,3	112,2	21,4	3,4	0,5	20,0	0,6
Халапеньо х Ежик	31,5	40,6	3,8	17,5	-14,2	5,0	103,6	32,3	4,5	0,9	178,8	2,2

Агдас х Каин	30,6	30,6	3,3	12,1	-37,9	-0,4	103,7	18,7	-12,0	1,3	190,7	1,8
Агдас х Китай	25,2	45,7	1,3	17,8	-7,1	0,7	129,3	62,7	4,9	1,7	286,0	2,6
Агдас х Феферона красн.	22,9	8,2	0,6	14,6	-22,5	0,1	103,1	29,7	26,2	1,7	242,0	2,1
Агдас х Красный дракон	28,0	60,9	2,5	13,4	-19,9	0,1	110,9	20,0	3,0	1,2	210,8	1,6
Агдас х Ёжик	29,3	32,0	3,4	12,6	-10,3	-4,7	92,6	16,5	4,7	0,5	39,4	0,0
Зимрид х Каин	20,7	-11,5	0,6	15,3	-21,3	0,1	101,8	16,5	1,3	0,6	96,7	0,8
Зимрид х Китай	34,3	105,6	3,3	16,3	-15,1	0,3	96,7	16,2	1,5	1,2	296,7	2,7
Зимрид х Феферона красн	32,5	53,5	2,9	15,4	-18,7	0,1	85,4	2,6	0,4	0,6	26,0	0,2
Зимрид х Красн. дракон	33,1	90,0	4,9	15,4	-7,7	0,6	115,7	25,2	2,1	0,4	5,0	-0,1
Зимрид х Ёжик	36,0	62,0	3,1	11,9	-15,2	-0,3	102,2	22,8	2,4	0,7	130,0	1,1
Чегевара х Каин	33,5	43,2	7,1	16,0	-17,7	-0,8	319,4	251,7	0,4	1,3	225,0	2,3
Чегевара х Китай	28,4	41,1	1,6	20,0	4,1	0,6	96,5	6,3	1,8	0,8	150,0	1,2
Чегевара х Фефер. красн	29,8	40,4	2,7	17,1	-9,7	-0,1	90,9	0,1	0,9	1,2	146,0	1,4
Чегевара х Красн. дракон	36,0	79,1	5,9	15,4	-7,6	-1,1	95,8	3,7	0,3	0,9	127,5	1,1
Чегевара х Ёжик	23,4	5,6	0,3	18,8	21,5	3,0	94,7	4,3	1,6	0,6	86,7	0,7
Ёжик	22,2			14,0			78,3			0,3		

Данные таблицы свидетельствуют, что по содержанию каротина – двадцать пять гибридов превзошли сорт стандарт. Лучшими были гибриды Волгоград х Ёжик (36,9 мг/кг), Девятка х Феферона красная (31,6 мг/кг), Халапеньо х Красный дракон (36,7 мг/кг), Халапеньо х Ёжик (31,5 мг/кг), Чегевара х Красный дракон (36,0 мг/кг), Чегевара х Каин (33,5 мг/кг). Анализ этого признака показал, что у 25 гибридов наблюдался высокий уровень истинного гетерозиса, значение которого колебалось от 2,5–105,6 %. Наследование данного признака у 24 гибридных комбинаций осуществлялось по типу сверхдоминирование, величина степени доминантности h_p составляла от 1,1 до 8,4. У гибридной комбинации Волгоград х Китай наблюдалось отрицательное сверхдоминирование $h_p = -1,1$.

По содержанию сухого вещества двадцать четыре гибрида превзошли стандарт. Высокое содержание сухого вещества от 17,1 до 20,0 % характерно для гибридных комбинаций: Халапеньо х Ёжик (17,5 %), Агдас х Китай (17,8 %), Чегевара х Китай (20,0 %), Чегевара х Феферона красная (17,1 %), Чегевара х Ёжик (18,8 %). Однако, только два гибрида Чегевара х Китай, Чегевара х Ёжик имели положительный эффект гетерозиса 4,1 % и 21,5 % соответственно. Наследование этого признака у трех образцов имело сверхдоминирование по данному признаку.

Результат изучения содержания витамина С показал, что все гибридные комбинации перца острожно превзошли сорт стандарт. Наибольшее значение выявлено у гибрида Чегевара х Каин и составило 319,4 мг/100 г. Был установлен положительный эффект гетерозиса у 33 гибридов от 0,1 до 62,7 %. Сверхдоминирование наблюдалось у 22 комбинаций величина степени доминантности h_p составляла от 1,3 до 26,2.

За исследуемый период по содержанию капсаицина 33 гибрида превзошли сорт стандарт, его количество варьировало от 0,4 % до 1,7 %. Гибриды Агдас х Китай, Агдас х Феферона красная, Лара х Ёжик, Чегевара х Каин Волгоград х Феферона красная, Волгоград х Красный дракон формировали плоды с наиболее высоким содержанием капсаицина 1,3–1,7 %.

Положительный эффект гетерозиса выявлен у 33 образцов со значением от 5 до 296 %. Показатель наследования сверхдоминирование h_p отмечен у 20 гибридов, он варьировал от 1,1 до 2,7.

Исходя из вышеизложенного, нами был проведен анализ степени доминантности для получения более полной информации о характере наследования изучаемых хозяйственно ценных признаков (табл. 2).

Таблица 2. Проявление степени доминантности по биохимическому составу плодов (%) в среднем за 2018–2020 годы

Признак	Параметр	$h_p < -1$	$-1 \leq h_p < -0,5$	$-0,5 \leq h_p \leq +0,5$	$+0,5 < h_p < +1$	$+1 < h_p$
Каротин	Количество генотипов	1	–	4	6	24
	%	2,9	–	11,4	17,2	68,5
Сухое вещество	Количество генотипов	5	3	18	6	3
	%	14,3	8,5	51,5	17,2	8,5
Витамин С	Количество генотипов	5	1	4	3	22
	%	14,3	2,9	11,4	8,5	62,9
Капсаицин	Количество генотипов	–	–	8	7	20
	%			22,9	20,0	57,1

Следует отметить, что по содержанию каротина положительное сверхдоминирование характерно для 68,5 % гибридов, положительное доминирование этого признака отмечено у 6 образцов или 17,2 % гибридов, промежуточное наследование наблюдалось у 11,4 % и отрицательное сверхдоминирование у одной гибридной комбинации.

По содержанию сухого вещества положительное сверхдоминирование установлено у 8,5 % гибридов, положительное доминирование у 17,2 %, промежуточное наследование этого признака проявилось у 51,5 % гибридов, отрицательное доминирование у 8,5 %, отрицательный гетерозис у 14,3 % гибридных комбинаций.

При изучении наследования содержания витамина С 62,9 % или 22 гибрида имели сверхдоминантный тип наследования признака, промежуточное наследование определено у 11,4 % комбинаций, отрицательное доминирование наблюдалось у одного образца, отрицательный гетерозис по этому признаку выявлен у 14,3 % гибридных комбинаций.

Наследование содержание капсаицина показало положительное сверхдоминирование у 57,1 % образцов, положительное доминирование имели 20,0 % или семь гибридных комбинаций, промежуточный характер наследования установлен у 22,9 % гибридов.

Анализ характера наследования признаков качества плодов перца острого свидетельствует, что гибриды F_1 различались по величине степени доминантности от отрицательного сверхдоминирования (отрицательный гетерозис) до положительного сверхдоминирования (положительный гетерозис).

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что 25 гибридов перца острого превосходили сорт стандарт по содержанию каротина. Высокий уровень истинного гетерозиса отмечен также у 25 гибридов. Наследование данного признака у 24 гибридных комбинаций осуществлялось по типу сверхдоминирования, величина степени доминантности h_p составляла от 1,1 до 8,4.

Сорт стандарт по содержанию сухого вещества превосходили 24 гибрида, однако, только два гибрида Чегевара х Китай, Чегевара х Ёжик имели положительный гетерозис 4,1 % и 21,5 % соответственно и наследование этого признака у трех образцов протекало по типу сверхдоминирования.

Содержание витамина С у всех гибридных комбинаций было выше, чем значение этого признака у сорта стандарта. Положительный эффект гетерозиса наблюдался у 33 гибридов, его значение колебалось от 0,1 до 62,7 %. Сверхдоминирование было у 22 образцов, величина степени доминантности h_p составляла от 1,3 до 26,2.

По содержанию капсаицина 33 гибрида превосходили сорт стандарт, его количество варьировало от 0,4 % до 1,7 %, положительное сверхдоминирование отмечено у 57,1 % образцов.

Таким образом, при изучении характера наследования признаков биохимического состава плодов у гибридов F_1 перца острого показатели варьировали от отрицательного ($h_p < -1$) до положительного сверхдоминирования ($h_p > 1$). Наследование содержания каротина, витамина С и капсаицина в плодах перца острого характеризовалось преобладанием положительного сверхдоминирования, а содержание сухого вещества имело промежуточный тип наследования. Выделены гибридные комбинации, сочетающие биологическую ценность плодов и обладающие высоким гетерозисом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алпатьев, А. В. Селекция овощных культур на скороспелость и холодостойкость / А. В. Алпатьев // Генетика – сельскому хозяйству. – М., 1965. – С. 529–534.
2. Бавыкина, Н. В. Выделение исходного материала перца сладкого сортотипа «паприка» с высоким содержанием биологически активных веществ: автореф. дис. канд. с.-х. наук / Н. В. Бавыкина. – М., 2012. – 26 с.
3. Боос, Г. В. Гетерозис овощных культур / Г. В. Боос, Г. В. Багина, В. И. Буренин. – Л., 1990. – 215 с.
4. Брюбейкер, Дж. Л. Сельскохозяйственная генетика / Дж. Л. Брюбейкер. – М.: Колос, 1966. – 220 с.
5. 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.
6. 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.
7. Литвинова, М. К., Методическое пособие для выполнения учебных занятий и самостоятельной работы по теме: «Семеноводство гетерозисных гибридов» / М. К., Литвинова, С. В. Пустовалова. – 2005 / Мичуринск, 2005. – 19 с.
8. Мамедов, М. И. Теоретическое обоснование и разработка методов селекции сортов и гетерозисных гибридов пасленовых культур на адаптивность / М. И. Мамедов, О. Н. Пышная // Приоритетные направления в селекции и семеноводстве сельскохозяйственных растений в XXI веке: материалы междунар. науч.-практ. конф. - М., 2003. – С. 119–124.
9. Моисеева, М. О. Создание и оценка гетерозисных гибридов перца сладкого в необогреваемых пленочных теплицах: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / М. О. Моисеева. – Горки, 2016. – 22 с.
10. Дыдышко, Н. В., Никонович Т. В. Биохимический состав и урожайность сортов и гибридов перца острого // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – №3. – С. 132–135.
11. Омаров, Д. С. К методике учета и оценки гетерозиса у растений // Сельскохозяйственная биология. – М.: Колос, 1975. – С. 123–127.
12. Пышная, О. Н., Мамедов М. И., Пивоваров В. Ф. Селекция перца / М.: Изд-во ВНИИССОК, 2012. – 248 с.