

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-23-27>
УДК 635.615:575.113.3:631.527.52

Е.А. Варивода*, Г.В. Варивода,
О.Г. Вербитская

Быковская бахчевая селекционная опытная станция – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения "Федеральный научный центр овощеводства"
404067, Россия, Волгоградская обл., Быковский район, п. Зелёный, ул. Сиреневая, д. 11

*Автор для переписки:
elena-varivoda@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: Все авторы участвовали в планировании и постановке эксперимента, а также в анализе экспериментальных данных и написании статьи.

Для цитирования: Варивода Е.А., Варивода Г.В., Вербитская О.Г. Оценка степени доминирования и гетерозисного эффекта арбуза столового по основным хозяйственным признакам. *Овощи России*. 2022;(4):23-27.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-23-27>

Поступила в редакцию: 12.05.2022

Принята к печати: 27.06.2022

Опубликована: 20.07.2022

Elena A. Varivoda*, Gennady V. Varivoda,
Olga G. Verbitskaya

Bikovskaya cucurbits breeding experimental station – branch of the Federal state budgetary scientific institution "Federal scientific vegetable center" (BCBES – branch of the FBSI FSVC)
11, Sirenevaya str., p. Zeleny, Bykovsky district, Volgograd region, 404067, Russia

*Corresponding author: elena-varivoda@mail.ru

Conflict of interest: The authors declare that they have no conflict of interest.

Author contributions: All authors contributed to the planning and setting up the experiment, as well as in the analysis of experimental data and writing of the article.

For citations: Varivoda E.A., Varivoda G.V., Verbitskaya O.G. Evaluation of the degree of dominance and heterosis effect of table watermelon according to the main economic characteristics. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(4):23-27. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-23-27>

Received: 12.05.2022

Accepted for publication: 27.06.2022

Published: 20.07.2022

Оценка степени доминирования и гетерозисного эффекта арбуза столового по основным хозяйственным признакам



Резюме

Гетерозисная селекция в настоящее время получила широкое распространение в растениеводстве. Превосходство гетерозисных гибридов над сортами по многим показателям давно известно. Однако широкое применение гетерозиса в бахчеводстве тормозится из-за высокой себестоимости семенного материала, ввиду отсутствия линий с мужской стерильностью. Целью данной работы являлась оценка гетерозисных гибридов арбуза, полученных на основе линии с мужской стерильностью, выделенной на Быковской опытной станции.

Материалы и методы. Исследования проводились в 2020 и 2021 годах на Быковской бахчевой селекционной опытной станции – филиале ФГБНУ ФНЦО. Объектом исследований являются гетерозисные гибриды арбуза. В качестве стандарта использовался гетерозисный гибрид арбуза Бархан. В работе использовали классические методы селекции: инцухт и гибридизация.

Результаты исследований. Проведенная оценка гибридов арбуза по основным хозяйственным признакам выявила лучшие комбинации в сравнении со стандартом. По содержанию сухого вещества выделились четыре гибрида арбуза, превышение над стандартом составило от 0,6 до 1,9%. Показатель средней массы плода у одного гибрида ЛИР был на уровне стандарта и составил 6,5 кг. Остальные гибриды превысили стандарт Бархан на 1,2-4,0 кг. Средняя урожайность изученных гибридов составляла от 19,0 до 22,5 т/га. Расчет таких показателей как степень доминирования, эффекты истинного и гипотетического гетерозиса позволил выделить три комбинации, обладающие высокими показателями.

Выводы. Таким образом, выявлено, что урожайность у гетерозисных гибридов арбуза наследуется по принципу сверхдоминирования. Наследование признаков содержание сухого вещества и средняя масса плода колеблется от минус сверхдоминирования до сверхдоминирования у различных комбинаций. По комплексу хозяйственно-ценных признаков выделены три комбинации арбуза столового: ЛКн, ЛМр и ЛФт.

Ключевые слова: гетерозис, гибриды, отбор, доминирование, урожайность, мужская стерильность

Evaluation of the degree of dominance and heterosis effect of table watermelon according to the main economic characteristics

Abstract

Summary. Heterotic selection is now widely used in crop production. The superiority of heterotic hybrids over varieties in many respects has long been known. However, the widespread use of heterosis in melon growing is hampered by the high cost of seed material, due to the lack of lines with male sterility. The aim of this work was to evaluate heterotic hybrids of watermelon obtained on the basis of a line with male sterility isolated at the Bykovskaya Experimental Station.

Materials and methods. The studies were carried out in 2020 and 2021. at the Bykovskaya melon breeding experimental station - a branch of the FGBNU FNTSO. The object of research is heterosis hybrids of watermelon. The heterosis hybrid of watermelon Barkhan was used as a standard. Classical breeding methods were used in the work: incubation and hybridization.

Research results. The assessment of watermelon hybrids according to the main economic characteristics revealed the best combinations in comparison with the standard. According to the content of dry matter, four hybrids of watermelon stood out, the excess over the standard ranged from 0.6 to 1.9%. The indicator of the average weight of the fetus in one LIR hybrid was at the level of the standard and amounted to 6.5 kg. The remaining hybrids exceeded the Barkhan standard by 1.2-4.0 kg. The average yield of the studied hybrids ranged from 19.0 to 22.5 t/ha. The calculation of such indicators as the degree of dominance, the effects of true and hypothetical heterosis made it possible to identify three combinations with high rates.

Conclusion. Thus, it was found that the yield in heterotic hybrids of watermelon is inherited according to the principle of overdominance. Inheritance of traits dry matter content and average fruit weight ranges from minus overdominance to overdominance in various combinations. According to the complex of economically valuable traits, three combinations of table watermelon were distinguished: LKn, LMr and LFT.

Keywords: heterosis, hybrids, selection, dominance, productivity, male sterility

Введение

Явление гетерозиса в настоящее время широко используется в растениеводстве как в России, так и за рубежом. Гетерозисные гибриды обладают повышенной жизненной силой, более высокой урожайностью, скороспелостью, однородностью, устойчивостью к заболеваниям в сравнении с родительскими формами [1,2]. Также гетерозисная селекция позволяет быстрее реагировать на запросы рынка, так как рынок овощной продукции очень динамичен и изменчив [3]. Получение гетерозисных гибридов возможно двумя способами – это искусственное опыление с изоляцией или кастрацией цветков и естественное переопыление родительских форм. Однако первый способ является высокзатратным и трудоемким из-за большого объема ручного труда. Для получения гетерозисных гибридов при естественном переопылении родительских форм с высоким выходом гибридных семян следует использовать стерильные родительские формы. В настоящее время различные типы мужской стерильности широко используются в селекции большинства культур [4]. При выращивании многих культур гетерозисные гибриды занимают до 90% посевных площадей. Среди бахчевых культур гетерозисные гибриды не получили широкого распространения в связи с трудностью получения стерильной материнской формы [5]. В Государственном реестре селекционных достижений РФ, допущенных к использованию на 2021 год зарегистрировано 200 гетерозисных гибрида арбуза, что составляет 66% от общего количества зарегистрированных селекционных достижений. По дыне районированные гетерозисные гибриды составляют 58% [6].

Гетерозисный эффект у арбуза может проявляться по урожайности, массе плода и содержанию сухих растворимых веществ [7]. Превышение гибридов над родительскими формами по содержанию растворимых сухих веществ можно получить, если родители незначительно различаются по этому признаку. В остальных случаях чаще наблюдается промежуточное наследование [8]. Еще одним преимуществом гетерозисных гибридов является возможность преодолевать отрицательные корреляционные связи, например, между продуктивностью и скороспелостью. Сочетание двух этих хозяйственно полезных признаков в одном генотипе у гибрида F_1 – одно из наиболее ценных достижений гетерозисной селекции [9].

На Быковской селекционной опытной станции гетерозисная селекция арбуза начата в 90-х годах прошлого века. В результате выделена и отработана материнская линия арбуза с мужской стерильностью и двумя рецессивными признаками (цельнолистность, контролируется геном nl и светло-зеленая окраска плода, контролируется геном q) – Л1. На основе этой линии в настоящее время районировано 5 гетерозисных гибрида арбуза.

Эдем F_1 – районирован 2004 году. Vegetационный период 60-65 дней. Плоды шаровидной формы, массой от 5,0 до 10,0 кг. Поверхность плода гладкая, окраска фона светло-зеленая с темно-зелеными полосами. Мякоть от ярко-розовой до красной, сочная, сладкая, нежная. Содержание сухого вещества в соке плода до 12,0%. Ценность гибрида: раннеспелость, яркая окраска мякоти.

Итиль F_1 – районирован в 2008 году. Vegetационный

период 70-75 дней. Плод широкоэллиптической формы. Окраска плода зеленая с темно-зелеными полосами. Плоды массой от 7,0 до 12,0 кг и более с очень плотной корой. Сухого вещества в соке плода – от 11,0 до 12,0%. Ценность гибрида: высокая транспортабельность и длительное сохранение вкусовых качеств.

Русич F_1 – районирован в 2012 году. Vegetационный период 65 дней. Плод округлой формы. Окраска плода зеленая, рисунок – темно-зеленые полосы. Плоды массой от 5,0 до 10,0 кг. Мякоть ярко-розовая, сухого вещества в соке плода – от 11,0 до 13,0%. Ценность гибрида: высокое содержание сухих веществ.

Дуэт F_1 – районирован в 2018 году. Гетерозисный гибрид раннего срока созревания. Имеет плоды округлой формы с зеленой окраской, рисунок – темно-зеленые узкие полосы. Мякоть красного цвета, нежная, сочная, сладкая. Ценность гибрида: устойчив к неблагоприятным условиям среды – переносит временное понижение температуры и засуху.

Темп F_1 – районирован в 2019 году. Гетерозисный гибрид раннего срока созревания. Форма плода округлая. Окраска плода – зеленая с рисунком из темно-зеленых полос. Мякоть ярко красная, сочная, нежная. Ценность гибрида: раннеспелость, устойчивость к био- и абиотическим факторам среды.

Для увеличения сортимента создаваемых гетерозисных гибридов арбуза нами отработана новая линия арбуза с мужской стерильностью и рецессивным признаком – цельнолистность. Гибриды арбуза, полученные на основе новой линии, проходят оценку по морфологическим и качественным показателям.

Цель данной работы – определение степени доминирования и гетерозисного эффекта по основным признакам у новых гетерозисных гибридов арбуза столового и их оценка по комплексу хозяйственно-ценных признаков.

Материалы и методы исследований

Объектом исследований являются гетерозисные гибриды арбуза столового. Место исследований – Быковская бахчевая селекционная опытная станция, находящаяся в сухостепной зоне Волгоградского Заволжья. Почвы места исследований светло-каштановые, характеризующиеся низким содержанием гумуса (до 1%), содержание общего азота 0,12-0,15%, общего фосфора – 0,07-0,09%, обменного калия – 120-180 мг/кг.

Участок размещался в трехпольном севообороте: пар, бахча, яровые зерновые. Почвы светло-каштановые, супесчаные. Метод исследования – лабораторно-полевой. Гетерозисные гибриды испытывались в полевых условиях, по 30 растений на делянке, площадь питания одного растения 4 м², повторность трехкратная.

Проводили оценку гибридов F_1 по хозяйственно ценным признакам: длина вегетационного периода, масса плода, урожайность в сравнении со стандартом. В качестве стандарта использовали гетерозисный гибрид арбуза столового иностранной селекции Бархан.

Особенностями климата зоны исследований является резко выраженная континентальность с жарким засушливым летом и малоснежной зимой. Погодные условия периода исследований приведены в таблице 1. Оценку погодных условий проводили с использованием гидротермического коэффициента (ГТК) Селянинова Г.Т. [10].

Таблица 1. Погодные условия вегетационного периода 2020-2021 годы
Table 1. Weather conditions for the growing season 2020-2021

Период наблюдения	Количество осадков, мм		Сумма активных температур, °С		Гидротермический коэффициент		Примечание	
	2020 год	2021 год	2020 год	2021 год	2020 год	2021 год	2020 год	2021 год
Май	91,3	147,0	476	589,8	1,9	2,49	влажный	избыточно-влажный
Июнь	35,2	92,6	721	703,4	0,5	1,3	очень засушливый	влажный
Июль	29,2	13,1	799	843,5	0,4	0,2	очень засушливый	очень засушливый
Август	2,9	4,8	667	840,2	0,04	0,06	очень засушливый	очень засушливый
Сентябрь	2,6	67,6	519	451,5	0,05	2,49	очень засушливый	влажный
Всего	161,2	380,0	3182	3428,4	0,5	1,3	очень засушливый	удовлетворительный

Метеорологические условия периода исследований характеризовались высокой суммой активных температур в период вегетации от 3182°С – в 2020 году до 3375°С – в 2021 году. Количество осадков в 2021 году было в 2 раза выше, чем в 2020 году. По месяцам вегетационного периода как в первый, так и во второй год исследований, количество осадков распределялось неравномерно, основное количество осадков выпадало на начало развития растений. Во время созревания плодов в августе, наблюдалось самое низкое количество осадков от 2,9 до 4,8 мм, при высокой сумме активных температур.

Степень доминирования (степень фенотипического проявления признака) – посредством сравнения средней выраженности признака у гибрида и обоих родительских форм методом Гриффинга [11]. Степень доминирования (Нр) определяли по формуле:

$$H_p = \frac{F_1 - MF}{HF - MF} \quad \text{где}$$

Нр – показатель наследования; F_1 – среднее значение признака в гибридной семье; MF – среднее значение признака между обоими родителями; HF – значение признака у лучшего родителя.

При условии $h_p > 1$ классифицировали положительный гетерозис, $h_p = 0,5-1,0$ – положительное доминирование, при h_p в диапазоне от +0,5 до -0,5 – промежуточное наследование, при $h_p = -0,5$ до -1,0 – отрицательное доминирование, при $h_p < -1,0$ – отрицательный гетерозис.

Величину истинного и гипотетического гетерозиса вычисляли по Омарову [12]:

Гетерозис истинный (Гист.) характеризует более сильное проявление признака в F_1 по сравнению с лучшей родительской формой.

$G_{ист} = F_1 - P_{луч} / P_{луч} \times 100\%$; где F_1 – изучаемый показатель у гибрида; $P_{луч}$ – этот же показатель у лучшего родителя.

Гипотетический гетерозис ($G_{гип}$) – превосходство гибрида над средним, характерным для обоих родителей признаком.

Формула для определения гипотетического гетерозиса имеет следующий вид:

$$G_{гип} = F_1 - P_{ср} / P_{ср} \times 100\%;$$

где F_1 – изучаемый показатель у гибрида; $P_{ср}$ – средний показатель между родительскими формами $(P_1 + P_2) / 2$.

Результаты исследований

Для получения гетерозисных гибридов арбуза нами использована новая линия с мужской стерильностью – Л12. Эта линия обладает рецессивным сигнальным признаком – цельная листовая пластинка (ген l) и мужской стерильностью (ген – ms). Л12 имеет компактный куст, средней плетистости. Плоды средних размеров, светло-зеленые с темно-зелеными узкими полосами. Мякоть розовая, сочная. Содержание сухого вещества 10,0-11,2%, общего сахара 8,15-9,15%, витамин С – 7,45-10,76 мг%. Вегетационный период 65-68 суток.

По результатам проведенных исследований нами выявлено, что все гибриды, полученные с использованием Л12 по основным показателям лучше стандарта или, находятся на его уровне (табл. 2).

Таблица 2. Характеристика гетерозисных гибридов арбуза столового по хозяйственно-полезным признакам, среднее 2020-2021 годы
Table 2. Characteristics of heterotic hybrids of table watermelon according to economically useful traits, average 2020-2021

Название образца	Длина вегетационного периода, сут.	Содержание сухого вещества, %	Масса плода, кг		Урожайность, т/га	
			средняя	отклонение от стандарта	средняя	отклонение от стандарта
Бархан, st	74	10,5	6,5		18,2	
ЛКн	70	11,7	8,8	+2,3	21,3	+3,1
ЛМК	68	10,5	8,3	+1,8	21,5	+3,3
ЛПХ	68	10,6	7,7	+1,2	19,0	+0,8
ЛМр	68	12,4	10,5	+4,0	21,4	+3,2
ЛФт	71	12,2	9,0	+2,5	22,5	+4,3
ЛИр	70	11,1	6,5	0	19,5	+1,3
НСР ₀₅		0,45	0,9		1,3	

Таблица 3. Степень доминирования и гетерозисный эффект гибридов арбуза столового по средней массе плода
Table 3. Degree of dominance and heterosis effect of table watermelon hybrids by average fruit weight

Комбинация скрещивания	Масса плода, кг			Степень доминирования, Нр*		Гетерозис, %	
	у гибридов F ₁	средняя по родителям, Р _{ср}	у лучшего родителя, Р _л			Гипотетический (Г _{гип})	Истинный (Г _{ист})
ЛКн	8,8	7,7	8,5	1,4	СД	14,3	3,5
ЛМК	8,3	7,7	8,5	1,4	СД	12,9	- 2,4
ЛПХ	7,7	7,5	8,5	0,2	ПР	2,7	-9,4
ЛМр	10,5	8,0	8,5	5,0	СД	31,3	23,5
ЛФт	9,0	8,8	8,9	2,0	СД	2,3	1,1
ЛИр	6,5	8,0	8,5	-3,0	-СД	-18,8	-23,5

*Значения Нр от -∞ до -1 – отрицательное сверхдоминирование признака (-СД), от -1 до -0,5 – отрицательное доминирование (-Д), от -0,5 до 0,5 – промежуточное наследование (ПР), от 0,5 до 1 – положительное доминирование (Д), от 1 до ∞ – положительное сверхдоминирование (СД), при Нр=±1 – полное доминирование лучшего (+) или худшего (-) проявления признака.

По длине вегетационного периода все изучаемые гибриды созревали раньше стандарта Бархан F₁ на 3-6 суток. По содержанию сухого растворимого вещества в соке плода значительно превысили стандарт гибриды ЛМр, ЛКн, ЛФт и ЛИр, превышение составило от 0,6 до 1,9%.

По показателю масса плода все изучаемые гетерозисные гибриды арбуза, кроме комбинации ЛИр, превысили стандарт на 1,2-4 кг.

Средняя урожайность за два года исследований у гетерозисных гибридов составила от 19,0 до 22,5 т/га. Самую высокую урожайность показали комбинации ЛФт – 22,5 т/га, ЛМК – 21,5 т/га, ЛМр – 21,4 т/га, ЛКн – 21,3 т/га (табл.2).

Важными показателями при селекции гибридов F₁ являются степень доминирования признаков и эффекты истинного (сравнение с лучшим из родителей) и гипотетического (сравнение со средним значением по родителям) гетерозиса основных хозяйственных признаков [13]. В своих исследованиях мы рассчитывали эти показатели по урожайности, средней массе плода и содержанию сухих растворимых веществ.

Анализируя данные таблицы 3, видим, что по принципу сверхдоминирования признак масса плода наследуется в

четырёх комбинациях скрещивания: ЛКн, ЛМК, ЛМр и ЛФт. В одной комбинации ЛПХ этот признак наследуется по принципу промежуточного доминирования. Отрицательным сверхдоминированием отличилась гибридная комбинация ЛИр.

Отрицательный гипотетический гетерозис по массе плода проявился у одной гибридной комбинации – ЛИр, он составил – 18,8%. У остальных гибридных комбинаций гипотетический гетерозис по массе плода был положительный и колебался от 2,7 до 31,3%. Высокая величина истинного гетерозиса отмечена у гибридной комбинации ЛМр – 23,5%. Отрицательным истинным гетерозисом характеризуются комбинации ЛИр, ЛПХ, ЛМК.

Содержание сухого растворимого вещества у гибридных комбинаций арбуза столового в основном наследуется промежуточно. Колебание степени доминирования этого признака в исследуемых комбинациях составляло от -1,8 до 4,0. По принципу сверхдоминирования этот показатель наследовался у трех комбинаций: ЛКн, ЛМр и ЛФт. Эти же комбинации обладали положительными эффектами как гипотетического, так и истинного гетерозиса (табл. 4).

Таблица 4. Степень доминирования и гетерозисный эффект гибридов арбуза столового по содержанию сухого вещества
Table 4. Degree of dominance and heterosis effect of table watermelon hybrids in terms of dry matter content

Комбинация скрещивания	Содержание сухого вещества, %			Степень доминирования, Нр*		Гетерозис, %	
	у гибридов F ₁	средняя по родителям, Р _{ср}	у лучшего родителя, Р _л			Гипотетический (Г _{гип})	Истинный (Г _{ист})
ЛКн	11,7	10,9	11,1	4,0	СД	9,2	9,0
ЛМК	10,5	11,6	12,5	-1,8	-СД	-8,6	-1,6
ЛПХ	10,6	11,3	11,9	-1,2	-СД	-6,2	-8,4
ЛМр	12,4	11,1	11,6	2,6	СД	9,0	8,6
ЛФт	12,2	11,3	11,8	2,6	СД	7,9	3,4
ЛИр	11,1	11,8	12,9	-0,6	-Д	-8,5	-7,8

Таблица 5. Степень доминирования и гетерозисный эффект гибридов арбуза столового по урожайности
Table 5. Degree of dominance and heterosis effect of table watermelon hybrids in terms of yield

Комбинация скрещивания	Масса плода, кг			Степень доминирования, Нр*		Гетерозис, %	
	у гибридов F ₁	средняя по родителям, Р _{ср}	у лучшего родителя, Р _л			Гипотетический (Г _{гип})	Истинный (Г _{ист})
ЛКн	21,3	19,2	19,9	3,0	СД	5,2	5,0
ЛМк	21,5	18,9	19,1	13,0	СД	5,3	5,2
ЛПХ	19,0	18,4	18,6	3,0	СД	5,4	5,4
ЛМр	21,4	19,3	19,9	3,5	СД	5,2	5,0
ЛФт	22,5	20,1	21,6	1,6	СД	4,9	4,2
ЛИр	19,5	17,8	18,6	2,1	СД	5,6	5,4

Проявление признака урожайности в изучаемых гибридных комбинациях происходит по принципу сверхдоминирования. Степень доминирования по этому признаку колеблется от 1,6 до 13,0 (табл. 5).

Все изучаемые комбинации скрещивания обладают положительными величинами истинного и гипотетического гетерозиса по урожайности. Превышение гибридов по урожайности над лучшим родителем (истинный гетерозис) составило от 4,2 до 5,4%.

Выводы

В результате проведенных исследований выделены новые комбинации скрещивания для получения гетерозисных гибридов арбуза столового с использованием новой линии Л12.

По принципу сверхдоминирования из всех изученных признаков у всех комбинаций скрещивания наследуется урожайность, что подтверждает уже известные данные о гетерозисном эффекте по урожайности у арбуза столового. Выделены три комбинации скрещивания у которых признаки масса плода и содержание сухого вещества наследуются по принципу сверхдоминирования: ЛКн, ЛМр и ЛФт. Эти же комбинации обладают высоким гетерозисным эффектом по всем изучаемым признакам.

Таким образом, в результате проведенной работы выявлена целесообразность использования данных комбинаций скрещивания для получения гетерозисных гибридов арбуза.

Об авторах:

Елена Александровна Варивода – старший научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0001-5580-4813>, Researcher ID U-7561-2018, Scopus ID 57216612595; автор для переписки, elena-varivoda@mail.ru
Геннадий Владимирович Варивода – младший научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0003-3261-4408>
Ольга Геннадьевна Вербитская – младший научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0001-5029-675X>

About the authors:

Elena A. Varivoda – Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-5580-4813>, Researcher ID U-7561-2018, Scopus ID 57216612595, Correspondence Author, elena-varivoda@mail.ru
Gennady V. Varivoda – Junior Researcher, <https://orcid.org/0000-0003-3261-4408>
Olga G. Verbitskaya – Junior Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-5029-675X>

• Литература

1. Хотылева Л.В., Кильчевский А.В., Шаптуренко М.Н. Теоретические аспекты гетерозиса. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2016;(4):482–492.
2. James G. Coors, Shivaji Pandey Exploitation of Heterosis: Uniformity and Stability. *Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops*. 1999. P.319-333.
3. Солдатенко А.В., Пышная О.Н. Роль селекции овощных культур и современных исследований в продовольственной стабильности. *Овощи России*. 2018;(5):5-8. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-5-5-8>
4. Khotyleva L.V., Kilchevsky A.V., Shapturenko M.N. Theoretical aspects of heterosis. *Russian Journal of Genetics: Applied Research volume*. 2017;(7):428–439. <https://doi.org/10.1134/S2079059717040049>
5. Zhang Y., Cheng Z., Ma J., Xian F., Zhang X. Characteristics of a novel male-female sterile watermelon (*Citrullus lanatus*) mutant. *Scientia Horticulturae*. 2012;(140):107–114. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.03.020>
6. Электронный ресурс: <https://gossortrf.ru/wp-content/uploads/2021/04/Итоговый-реестр-2021.pdf>
7. Tiago Lima do Nascimento, Flávio de França Souza, Rita de Cássia Souza Dias, Edson Ferreira da Silva Caracterização agrônômica e heterose em genótipos de melancia. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. 2018;48(2):170-177
8. Шапошников Д.С., Байбакова Н.Г., Белов С.И. Особенности проявления гибридного эффекта при семеноводстве гибридов F₁ арбуза. *Таврический вестник аграрной науки*. 2016;(4):54-62.
9. Байбакова Н.Г., Масленикова Е.С., Варивода О.П. Этапы получения гетерозисных гибридов F₁ арбуза. *Овощи России*. 2018;(3):67-72 <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-3-67-72>
10. Селянинов Г.Т. Происхождение и динамика засух. Засухи в СССР. Их происхождение, повторяемость и влияние на урожай. 1958. С.5-30.
11. Griffing B. Concept of General and Specific Combining Ability in Relation to Diallel Crossing Systems. *Australian Journal of Biological Sciences*. 1956;(9):463-493.
12. Омаров Д.С. К методике учёта и оценки гетерозиса у растений. *Сельскохозяйственная биология*. 1975. С.123–127.
13. Мокрянская Т.И., Гороховский В.Ф. Характер проявления гетерозиса – надежный индикатор высокой специфической комбинационной способности у огурца пчелоопыляемого типа. *Овощи России*. 2021;(3):76-83. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-3-76-83>

• References

1. Khotyleva L.V., Kilchevsky A.V., Shapturenko M.N. Theoretical aspects of heterosis. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2016;(4):482–492.
2. James G. Coors, Shivaji Pandey Exploitation of Heterosis: Uniformity and Stability. *Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops*. 1999. P.319-333.
3. Soldatenko A.V., Pishnaya O.N. The role of vegetable breeding and modern researches in food stability. *Vegetable crops of Russia*. 2018;(5):5-8. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-5-5-8>
4. Khotyleva L.V., Kilchevsky A.V., Shapturenko M.N. Theoretical aspects of heterosis. *Russian Journal of Genetics: Applied Research volume*. 2017;(7):428–439. (In Russ.) <https://doi.org/10.1134/S2079059717040049>
5. Zhang Y., Cheng Z., Ma J., Xian F., Zhang X. Characteristics of a novel male-female sterile watermelon (*Citrullus lanatus*) mutant. *Scientia Horticulturae*. 2012;(140):107–114. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.03.020>
6. Electronic resource: <https://gossortrf.ru/wp-content/uploads/2021/04/Final-registry-2021.pdf>
7. Tiago Lima do Nascimento, Flávio de França Souza, Rita de Cássia Souza Dias, Edson Ferreira da Silva Caracterização agrônômica e heterose em genótipos de melancia. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. 2018;48(2):170-177.
8. Shaposhnikov D.S., Baibakova N.G., Belov S.I. Peculiarities of manifestation of the hybrid effect in the seed production of watermelon F₁ hybrids. *Tauride Bulletin of Agrarian Science*. 2016;(4):54-62. (In Russ.)
9. Baibakova N.G., Maslennikova E.S., Varivoda O.P. The steps of obtaining heterotic F₁ hybrids of watermelon. *Vegetable crops of Russia*. 2018;(3):67-72. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-3-67-72>
10. Selyaninov G.T. Origin and dynamics of droughts. Droughts in the USSR. Their origin, frequency and impact on the yield. 1958. P.5-30. (In Russ.)
11. Griffing B. Concept of General and Specific Combining Ability in Relation to Diallel Crossing Systems. *Australian Journal of Biological Sciences*. 1956;(9):463-493.
12. Omarov D.S. To the method of accounting and assessing heterosis in plants. *Agricultural biology*. 1975. P.123–127. (In Russ.)
13. Mokryanskaya T.I., Gorokhovskiy V.F. The nature of the manifestation of heterosis is a reliable indicator of a high specific combination ability in a cucumber of the bee-pollinated type. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(3):76-83. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-3-76-83>