

Создание F_1 -гибридов кабачка на базе гиноцийных линий

Creation of summer squash F_1 hybrids based on gynoecious lines

Чистяков А.А., Соловьева Ю.А., Монахос Г.Ф.

Аннотация

Цель работы – создание материнских гиноцийных линий с высокой комбинационной способностью при скрещивании с моноцийными и F_1 -гибридов на их основе. Работу вели на Селекционной станции имени Н. Н. Тимофеева в 2016–2022 годах. Гибриды, родительские линии и стандарты выращивали в открытом грунте, посев проводили 19.05.2021 в горшки с субстратом объемом 0,5 л, рассаду высаживали 10.06.2021 в двукратной повторности по схеме 0,7×1,0 м, площадь учетной делянки – 2,8 м². Сбор плодов проводили дважды в неделю, учитывая число плодов с одного растения и их массу по каждой повторности. Комбинационную способность оценивали в 2021 году в схеме гибридизации двух групп генетически разнокачественных линий, где в качестве материнских служили гиноцийные инбредные линии, а в качестве отцовских – 6 моноцийных, из которых 4 линии – удвоенные гаплоиды (ЛУГ) – Д2, Д4, Д5, Д48 и 2 инбредные – Ср и Кан. Выявлено, что нарастание гиноцийности идет неравномерно и сильно зависит от генотипа. У линии Са доля растений женского типа в отдельных потомствах достигла 90% уже на третий год отбора и на шестой год у большинства потомств 100%. У растений этой линии формируются женские цветки с первого узла при полной однородности по этому признаку. На следующем этапе в схеме скрещиваний материнских гиноцийных линий с отцовскими моноцийными выделены линии с высокой общей комбинационной способностью по числу плодов и продуктивности: гиноцийная 19ДР и моноцийные Д4 (линия удвоенный гаплоид) и Кан (инбредная линия). Показано, что у всех перспективных гибридов в основе гетерозисного эффекта лежит сочетание высокой ОКС хотя бы одного родителя с высокой ККС при их гибридизации. Три лучшие гибридные комбинации будут переданы в Государственное сортоиспытание.

Ключевые слова: кабачок, селекция, семеноводство, гиноцийность, линия, гибрид, потомство, комбинационная способность.

Для цитирования: Чистяков А.А., Соловьева Ю.А., Монахос Г.Ф. Создание F_1 -гибридов кабачка на базе гиноцийных линий // Картофель и овощи. 2023. №2. С. 37–40. <https://doi.org/10.25630/PAV.2023.64.80.005>

Chistyakov A.A., Solov'eva Yu.A., Monakhos G.F.

Abstract

The aim of the work was to create maternal gynoecious lines with high combining ability when crossed with monoecious lines and F_1 hybrids based on them. The work was carried out at the N.N. Timofeev Breeding Station in 2016–2022. Hybrids, parent lines and standards were grown in the open ground, sowing was carried out on 19.05.2021 in pots with a substrate of 0.5 liters, seedlings were planted on 10.06.2021 in double repetition according to the scheme – 0.7×1.0 m, the area of the accounting plot – 2.8 m². Fruit harvesting was carried out twice a week, taking into account the number of fruits from one plant and the weight of fruits from plants of each repetition. The combinational ability was evaluated in 2021 in the hybridization scheme of two groups of genetically heterogeneous lines, where gynocytic inbred lines served as maternal, and 6 monocytic lines served as paternal, of which 4 lines were doubled haploids (DH) – D2, D4, D5, D48 and 2 inbred lines – Cp and Can. It was found that the growth of gynoecious is uneven and strongly depends on the genotype. In the line Sa, the proportion of female-type plants in individual offsprings reached 90% already in the third year of selection and in the sixth year in most offsprings 100%. In plants of this line female flowers are formed from the first node with complete uniformity for this trait. At the next stage in the scheme of crossing maternal gynoecious lines with paternal monoecious lines, combinations with a high general combining ability in terms of fruits number and productivity were identified: gynoecious 19DR and monoecious D4 (doubled haploid line) and Kan (inbred line). It is shown that in all promising hybrids the effect of heterosis is based on a combination of high GCA of at least one parent with high SCA during their hybridization. The three best hybrid combinations will be submitted to the State Variety Test.

Key words: squash, breeding, seed production, gynoecious, line, hybrid, offspring, combining ability.

For citing: Chistyakov A.A., Solov'eva Yu.A., Monakhos G.F. Creation of summer squash F_1 -hybrids based on gynoecious lines. Potato and vegetables. 2023. No2. Pp. 37–40. <https://doi.org/10.25630/PAV.2023.64.80.005> (In Russ.).

Кабачок – важная овощная культура для свежего потребления и консервной промышленности. В товарном овощеводстве выращивают преимущественно F_1 -гибриды зарубежной селекции. Семеноводство отечественных гибридов также ведут за рубежом с использованием ручной изоляции цветков и гибридизации. Поэтому главное инновационное направление в селекции и семеноводстве кабачка – это создание F_1 -гибридов.

В настоящей статье подведены итоги работы по созданию гиноцийных линий кабачка, начатой

в 2012 году на Селекционной станции имени Н.Н. Тимофеева, промежуточные результаты которой были изложены нами ранее [1, 2]. Вопрос эффективной организации семеноводства F_1 -гибридов кабачка в нашей стране в последнее время стоит особенно остро. Использование в качестве материнских форм растений женского типа позволит получать гибридные семена с минимальными затратами ручного труда и за счет этого – с низкой себестоимостью [3]. Использование материнских линий, у которых отсутствие мужских цветков генетически обусловлено, име-

ет неоспоримое конкурентное преимущество для отечественных семеноводческих хозяйств по сравнению с трудоемким ручным опылением или дорогостоящими обработками этиленпродуцентами, и позволит перевести семеноводство F_1 -гибридов из Китая в РФ.

Цель работы – создание материнских гиноцийных линий с высокой комбинационной способностью при скрещивании с моноцийными и F_1 -гибридов на их основе.

За время работы нами была изучена обширная коллекция сортов и F_1 -гибридов кабачка иностранной

селекции, в некоторых потомствах выделены растения с преимущественно женским типом цветения, путем многолетнего отбора из них созданы линии с гиноцичностью $\geq 90\%$ и высокой комбинационной способностью по основным хозяйственно ценным признакам и, наконец, получены первые F_1 -гибриды, а также отработана методика организации семеноводческого процесса с их участием.

Условия, материалы и методы исследований

Работу вели на Селекционной станции имени Н. Н. Тимофеева в 2016–2022 годах.

Гибриды, родительские линии и стандарты выращивали в открытом грунте, посев проводили 19.05.2021 в горшки с субстратом объемом 0,5 л, рассаду высаживали 10.06.2021 в двукратной повторности по схеме $0,7 \times 1,0$ м, площадь учетной делянки – 2,8 м². Сбор плодов проводили дважды в неделю, учитывая число плодов с одного растения и их массу по каждой повторности. По этим данным получали сведения о средней массе плода, ранней/общей урожайности и продуктивности гибридов и родительских линий. Расчет эффектов комбинационной способности проводили по алгоритмам В.К. Савченко [4].

Комбинационную способность оценивали в 2021 году в схеме гибридизации двух групп генетически разнокачественных линий, где в качестве материнских служили гиноцидные инбредные линии, а в качестве отцовских – 6 моноцидных, из которых 4 линии – удвоенные гаплоиды (ЛУГ) – Д2, Д4, Д5, Д48 и 2 инбредные – Ср и Кан.

Отдельно стоит остановиться на отборе растений с женским типом цветения. Работу проводили в защищенном грунте в провокационных условиях 2016–2021 годах (высокие температуры приводят к образованию мужских цветков) [5]. В фазе 3–4 настоящих листьев точку роста у растений кабачка обрабатывали раствором нитрата серебра (0,5 г/л) для образования в последующем мужских цветков, чтобы получить потомство. Отбор на гиноцидность проводили в фазе 6–7 настоящих листьев, когда заложившиеся цветки (мужские или женские) просматриваются до 10–12 узла, а действие нитрата серебра еще не проявилось. Оставляли для дальнейшей работы растения с низким заложением

первого женского цветка и наибольшим количеством женских цветков подряд. Отобранные растения высаживали в весеннюю теплицу и несколько раз за сезон обрабатывали раствором нитрата серебра (0,7–1,0 г/л), чтобы образовались единичные мужские цветки и появилась возможность получить потомство. Повторение этих мероприятий в течение нескольких лет позволило создать морфологически выровненные инбредные линии с высоким процентом гиноцидности.

В табл. 1 представлена динамика роста числа гиноцидных растений в двух линиях кабачка на протяжении шести лет. Видно, что нарастание гиноцидности идет неравномерно и сильно зависит от генотипа. У линии Са доля растений женского типа в отдельных потомствах достигла 90% уже на третий год отбора и на сегодняшний день она полностью выровнена по данному признаку. Для достижения однородности по полу линии ДР потребовалось больше времени.

Созданные гиноцидные линии кабачка должны обладать высокой комбинационной способностью по основным хозяйственно ценным признакам, чтобы полученные с их участием F_1 -гибриды были на уровне или превосходили лучшие зарубежные стандарты.

Организация первичного семеноводства, пусть и в небольшом масштабе, не вызвала каких-либо затруднений. На участке с соблюдением пространственной изоляции были размещены растения материнской и отцовской линий в соотношении 2:1. Схема посадки $1,0 \times 0,7$ м. Практика показала, что на закладку семенников, которых на растении образуется от 2 до 3 шт. в зависимости от линии, требуется 2–3 недели. После этого появление единичных мужских цветков на растениях мате-

ринской линии уже неспособно оказывать влияние на процент гибридности семян. Первоначально мы предполагали, что может потребоваться ослепление первых нескольких узлов на растении для того, чтобы не допустить снижения темпов вегетативного развития, что в конечном счете может увеличить затраты ручного труда. Однако по результатам опыта это мероприятие оказалось излишним: растения сами способны контролировать завязываемость семенных плодов в зависимости от фазы роста. Так как отцовская линия представлена моноцидными растениями, наряду с получением гибридных семян можно без всяких усилий параллельно размножать отцовскую родительскую линию. Урожай гибридных семян в 2022 году составил в среднем 570 кг/га при продуктивности 60 г с растения.

Результаты исследований

В результате дисперсионного анализа продуктивности F_1 -гибридов были выявлены существенные различия генотипов (табл. 2). Их продуктивность колебалась в пределах от 3,57 кг/раст. в комбинации 30Са $\times$ Д5 до 6,03 кг/раст. в комбинации 19ДР $\times$ Д4. Среди стандартов в этот год лучшим был F_1 Маэстро (5,29 кг). Среди изученных комбинаций его существенно превзошла лишь одна комбинация: 19ДР $\times$ Д4 (6,03 кг), 26 комбинаций существенно уступили и 9 были на уровне. В сравнении с зарубежным гибридом F_1 Арал (4,47 кг) 7 комбинаций существенно его превзошли и лишь 3 оказались существенно менее продуктивными. Необходимо отметить, что родительские линии вследствие инбредной депрессии в целом по опыту в 1,8 раза были менее продуктивными, чем F_1 -гибриды. Среди гиноцидных линий наиболее продуктивными были 19ДР и 18Са, среди отцовских

Таблица 1. Доля гиноцидных от общего числа растений кабачка в отобранных самоопыленных потомствах, (2016–2021 годы), %

Линии	2016 год	2018 год	2021 год
ДР	2,5		61,5
			44,4
		16,7	40,0
		35,0	70,6
		45,2	80,8
Са	3,8 58,3		55,6
			36,7
			50,0
		52,5	54,8
		20,0	100,0
		55,0	100,0
		90,0	100,0
		67,5	

Таблица 2. Продуктивность F₁-гибридов и эффекты ОКС гиноцийных и моноцийных линий кабачка в 2021 году, кг/раст.

♀/♂	Д2	Д4	Д5	Д48	Ср	Кан	Продуктивность ♀ линий	Эффект ОКС
1Сн	4,67	4,45	3,81	4,16	4,51	4,80	– *	-0,20
12Са	4,46	4,16	4,25	4,35	4,52	4,83	2,99	-0,18
16Са	4,65	4,49	4,14	4,48	4,73	5,74	1,96	0,10
18Са	3,35	4,56	4,21	4,19	4,49	5,18	3,27	-0,27
30Са	4,54	5,07	3,57	4,39	4,48	4,87	2,76	-0,11
19ДР	5,75	6,03	5,13	4,56	5,08	5,04	3,10	0,66
Продуктивность ♂ линий	2,43	2,41	1,78	2,55	2,79	2,03	–	–
Эффект ОКС	-0,03	0,19	-0,42	-0,25	0,03	0,48	–	–

Стандарты: F₁ Арал – 4,47 кг/раст., F₁ Маэстро – 5,29 кг/раст.

* – не получено всходов.

ЛУГ – Д48, а среди моноцийных инбредных линий – Ср.

Сравнение показателей родительских линий и средних их потомств показало наличие высокого гетерозисного эффекта у всех линий.

Анализ дисперсий комбинационной способности выявил существенные различия по эффектам общей комбинационной способности (ОКС) как среди материнских, так и отцовских линий, а также по эффектам специфической комбинационной способности (СКС) в комбинациях скрещиваний. Среди гиноцийных линий очень высокой ОКС выделяется линия 19ДР (0,66), средний эффект ОКС отмечен у линии 16Са, остальные линии имели низкие эффекты ОКС. Среди отцовских моноцийных линий очень высокий эффект ОКС (0,48) отмечен у инбредной линии Кан, также высокой ОКС выделяется моноцийная ЛУГ Д4 (0,19). Очень низкой ОКС обладают ЛУГ Д5 и Д48.

Создание высокопродуктивных гибридов с их использованием маловероятно даже за счет СКС.

Эффекты СКС колебались в более широких пределах от –0,94 в комбинации 18Са×Д2 до 0,57 в комбинации 19ДР×Д4. У наиболее продуктивного гибрида 19ДР×Д4 высокий показатель обусловлен высокими эффектами ОКС обеих линий в сочетании с высокой СКС. У высокопродуктивной комбинации 19ДР×Д2 он обусловлен высокой ОКС материнской линии в сочетании с высокой СКС. В комбинации 16Са×Кан высокая продуктивность обусловлена главным образом высокой ОКС отцовской линии и высоким эффектом СКС. Таким образом, во всех трех комбинациях высокую продуктивность определяют как общая, так и специфическая комбинационная способность. Так как специфическая комбинационная способность определяется сверхдоминированием

и неаллельными взаимодействиями (комплементарный эпистаз), единственный способ ее выявления – гибридизация родительских линий и полевые испытания их потомств.

Полученные результаты наглядно свидетельствуют о правильном выборе стратегии на создание гиноцийных линий, так как они позволяют решить проблемы в семеноводстве и дают возможность создания высокопродуктивных F₁-гибридов.

Так как в предыдущих исследованиях [2] нами выяснено, что продуктивность в большей мере связана с числом плодов на растении, мы провели анализ этого признака у гибридов, полученных на базе гиноцийных линий (табл. 3). Дисперсионный анализ результатов полевого испытания F₁-гибридов выявил существенные различия по числу плодов между гибридами. Величина признака варьировала от 9,2 шт. в комбинации 18Са×Д2 до 14,3 шт. у наиболее продуктивной комбинации 19ДР×Д4. В среднем у F₁-гибридов формировалось в 1,6 раза больше плодов, чем у родительских линий. Это превышение идентично показателю по продуктивности, что также свидетельствует о высокой связи между этими признаками. Среди стандартов лучшим оказался F₁ Маэстро, у растений которого сформировалось в среднем по 13,4 плода. Ни один из изучаемых гибридов по этому показателю существенно не превзошел F₁ Маэстро, 10 гибридов были на уровне и 26 существенно уступили. Четыре комбинации существенно превзошли F₁ Арал, 26 значительно уступили и 6 комбинаций были на его уровне.

Дисперсионный анализ комбинационной способности показал, что как гиноцийные, так и моноцийные линии существенно различаются по эффектам ОКС и эффектам СКС в комбинациях скрещиваний. Среди гиноцийных материнских линий очень высоким эффектом ОКС выделяется линия 19ДР, что, вероятнее всего, обеспечило ей высокую ОКС и по продуктивности. Средний эффект ОКС выявлен у гиноцийной линии 16Са, остальные гиноцийные линии имели низкие эффекты ОКС. Среди отцовских линий максимальный эффект ОКС (0,4 шт.) отмечен у ЛУГ Д4 и инбредной линии Кан. Средним показателем эффекта ОКС обладает линия Ср. Очень низкий эффект ОКС отмечен у ЛУГ Д5 (-1,0).

Учитывая высокую корреляцию между эффектами ОКС по числу плодов и продуктивности, в практичес-

Таблица 3. Число плодов с растения у F₁ гибридов и эффекты ОКС гиноцийных и моноцийных линий кабачка в 2021 году, шт.

♀/♂	Д2	Д4	Д5	Д48	Ср	Кан	Число плодов у ♀ линий	Эффект ОКС
1Сн	11,8	12,4	10,0	11,5	11,9	12,0	– *	-0,2
12Са	11,4	10,1	11,0	11,5	12,1	11,8	8,7	-0,5
16Са	11,9	11,9	10,8	12,4	12,2	12,8	6,4	0,2
18Са	9,2	11,5	10,8	10,9	11,5	11,8	10,3	-0,9
30Са	11,7	13,1	9,2	11,6	11,1	11,9	8,2	-0,4
19ДР	14,2	14,3	13,3	12,6	13,6	12,9	9,4	1,7
Число плодов у ♂ линий	7,9	6,3	6,3	7,0	7,6	5,0	–	–
Эффект ОКС	-0,1	0,4	-1,0	-0,1	0,2	0,4	–	–

Стандарты: F₁ Арал – 12,0 шт., F₁ Маэстро – 13,4 шт.

* – не получено всходов.



Перспективная гибридная комбинация 19ДР×Д4

кой рутинной селекционной работе для снижения затрат на проведение оценки комбинационной способности по продуктивности можно ограничиться подсчетом числа плодов без их взвешивания при условии регулярной уборки.

Эффекты СКС колеблются в пределах от -1,7 шт. в комбинации 18Са×Д2 до 1,3 шт. в комбинации 30Са×Д4. Анализ вклада эффектов комбинационной способности в проявление признака у F_1 гибридов показал, что в лучшей комбинации 19ДР×Д4 она обусловлена высокой ОКС материнской и отцовской линий в сочетании с высокой СКС при их гибридизации. В комбинации 19ДР×Д2 – сочетание высокой ОКС материнской линии с высоким эффектом СКС. В комбинации 19ДР×Ср – только высокой ОКС материнской линии. Как видно, высокий показатель признака число плодов обусловлен сочетанием высокой ОКС хотя бы одного из родителей с высокой СКС.

Выводы

Выяснено, что нарастание гиноцидности идет неравномерно и сильно зависит от генотипа. У линии Са доля растений женского типа в отдельных потомствах достигла 90% уже на третий год отбора и на шестой год у большинства потомств 100%. У растений этой линии формируются женские цветки с первого узла при полной однородности по этому при-

знаку. На следующем этапе в схеме скрещиваний материнских гиноцидных линий с отцовскими моноцидными выделены линии с высокой общей комбинационной способностью по числу плодов и продуктивности: гиноцидная 19ДР и моноцидные Д4 (линия удвоенный гаплоид) и Кан (инбредная линия). Показано, что у всех перспективных гибридов в основе гетерозисного эффекта лежит сочетание высокой ОКС хотя бы одного родителя с высокой СКС при их гибридизации.

Таким образом, многолетняя генетико-селекционная работа по созданию гиноцидных линий кабачка с высокой комбинационной способностью завершилась успешно, что подняло на новый уровень селекцию кабачка в нашей стране и создало предпосылки импортозамещения гибридного семеноводства.

Три перспективные гибридные комбинации (две белоплодные и одна зеленоплодная) в 2023 году будут переданы на Государственное сортоиспытание для включения в Государственный реестр селекционных достижений.

Библиографический список

1. Чистяков А.А., Монахос Г.Ф. Проявление пола у кабачка // Картофель и овощи. 2016. № 1. С. 39–40.
2. Чистяков А.А., Монахос Г.Ф. Особенности селекции F_1 -гибридов кабачка // Картофель и овощи. 2016. № 6. С. 39–40.
3. Шуничев С.И. Выведение женской формы и гетерозисного гибрида кабачков // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. 1970. Т. 42. Вып. 3. С. 214–217.
4. Савченко В.К. Метод оценки комбинационной способности генетически разнокачественных наборов родительских форм // Методики генетико-селекционного и генетического экспериментов. Минск: Наука и техника, 1973. С. 48–77.
5. Френкель Р., Галун Э. Механизмы опыления, размножение и селекция растений. М.: Колос, 1982. 384 с.

References

1. Chistyakov A.A., Monahos G.F. Sex expression of vegetable marrow. Potato and vegetables. 2016. No1. Pp. 39–40 (In Russ.).
2. Chistyakov A.A., Monahos G.F. Features of squash F_1 -hybrids breeding. Potato and vegetables. 2016. No6. Pp. 39–40 (In Russ.).
3. Shunichev S.I. The derivation of the female form and the heterosis hybrid of zucchini. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 1970. Vol. 42. Part 3. Pp. 214–217 (In Russ.).
4. Savchenko V.K. Method for assessing the combining ability of genetically different sets of parental forms. Methods of genetic selection and genetic experiments. Minsk: Nauka i tekhnika. 1973. Pp. 48–77 (In Russ.).
5. Frenkel R., Galun Je. Ways of pollination, propagation and breeding of plants. Moscow: Kolos. 1982. 384 p. (In Russ.).

Об авторах

Чистяков Александр Александрович, м.н.с.
Соловьева Юлия Александровна, м.н.с.
Монахос Григорий Федорович, канд. с.–х. наук, генеральный директор. E-mail: breedst@mail.ru
ООО «Селекционная станция имени Н.Н. Тимофеева»

Author details

Chistyakov A.A., junior research fellow
Solov'eva Yu.A., junior research fellow
Monakhos G.F., Cand. Sci. (Agr.), general director. E-mail: breedst@mail.ru
Breeding Station after N.N. Timofeev



АДРЕС ДЛЯ ПЕРЕПИСКИ:

140153 Московская область, Раменский район, д.Верея, стр.500, В.И. Леунову
Сайт: www.potatoveg.ru E-mail: kio@potatoveg.ru тел. 7 (49646) 24–306, моб.+7(910)423-32-29, +7(916)677-23-42, +7(916)498-72-26

Журнал зарегистрирован в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций. Свидетельство № 016257 © Картофель и овощи, 2023

Журнал входит в перечень изданий ВАК РФ для публикации трудов аспирантов и соискателей ученых степеней, в международную реферативную базу данных Agris.

Информация об опубликованных статьях поступает в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ). Научным статьям присваивается цифровой идентификатор объекта DOI (Digital Object Identifier).

Подписано к печати 7.2.23. Формат 84х108^{1/16}. Бумага глянцевая мелованная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 4,2. Заказ №250. Отпечатано в ГУП РО «Рязанская областная типография» 390023, г.Рязань, ул.Новая, д.69/12.

Сайт: www.рязанская-типография.рф E-mail: stolzakazov@mail.ryazan.ru. Телефон: +7 (4912) 44-19-36