

На правах рукописи

ЗАБЛОЦКАЯ
Елена Александровна

УДК 635.356:631.526:573.6

**СОЗДАНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА КАПУСТЫ БРОККОЛИ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛИНИЙ УДВОЕННЫХ ГАПЛОИДОВ**

Специальность:

06.01.05 – селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Москва – 2018

Работа выполнена в лаборатории селекции и семеноводства капустных культур на базе ФГБНУ ВНИИССОК (ныне Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО) в 2013-2017 годах.

- Научный руководитель:** **Бондарева Людмила Леонидовна,**
доктор сельскохозяйственных наук, ст.н.с., заведующая лабораторией селекции и семеноводства капустных культур ФГБНУ ФНЦО
- Официальные оппоненты:** **Монахос Сократ Григорьевич,**
доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедры ботаники, селекции и семеноводства садовых растений ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
- Королева Светлана Викторовна,**
кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующая отделом овощекартофелеводства ФГБНУ «ВНИИ риса»
- Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» (ВИР)

Защита диссертации состоится «4» апреля 2019 г. в 10 часов 00 минут на заседании диссертационного совета Д 220.019.02, созданного на базе ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» по адресу: 143080, Московская область, Одинцовский район, пос. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14, сектор защиты диссертаций.

Факс (495) 599-22-27

E-mail: vniissok@mail.ru

aspirantura@vniissok.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ ФНЦО и на сайте института www.vniissok.ru

Автореферат разослан «__» _____ 2019 года

Ученый секретарь совета по защите докторских и кандидатских диссертаций
Д 220.019.02, доктор с.-х. наук, ст.н.с.

Бондарева
Людмила Леонидовна

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Капуста брокколи (*Brassica oleracea* L. convar. *botrytis* (L.) Alef. var. *cymosa* Duch.) распространена по всему миру благодаря своим диетическим, лечебно-профилактическим качествам и легкости приготовления. В Российской Федерации по объемам производства капуста брокколи занимает 0,5% от общего объема капустных культур и в значительных объемах импортируется из других стран (Фролова и др., 2014).

Районированный сортимент по состоянию на 2018 год включает 50 сортов и гибридов капусты брокколи, из которых основная доля представлена гибридами иностранной селекции (70%). Принимая во внимание скороспелость данной культуры и ценный химический состав, создание раннеспелых сортов и гибридов этой овощной культуры позволяет получать несколько урожаев в год. Учитывая, что в Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию, ультрараннеспелых сортов и гибридов капусты брокколи очень мало (всего 1 F₁), необходимо восполнить эту нишу за счет отечественных гибридов.

Значительно сократить отдельные этапы селекционного процесса можно с использованием метода культуры микроспор, который позволяет быстро получить генетически разнообразный материал и обеспечивает гомозиготность линий удвоенных гаплоидов (ДН-линий) (Dias, 2001; Шмыкова и др., 2015). Достижение гомозиготности в одном поколении помогает уменьшить многочисленные циклы инбридинговых скрещиваний, создавая выровненные линии за 1-2 года (Уразалиев, 2015; Домблides Е.А., 2018). Линии удвоенных гаплоидов используют как потенциальные родительские компоненты для создания F₁ гибридов (Kamiński P. и др., 2005). Поэтому создание и оценка принципиально нового исходного материала капусты брокколи с использованием современных методов селекции являются актуальными.

Цель исследования – создание исходного материала капусты брокколи с использованием линий удвоенных гаплоидов для получения перспективных гетерозисных гибридных комбинаций на их основе.

Для выполнения цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Провести оценку ДН-линий капусты брокколи по комплексу селекционно-ценных признаков и выделить перспективные линии для дальнейшей селекционной работы;

2. Определить комбинационную способность линий капусты брокколи удвоенных гаплоидов в системе полных диаллельных скрещиваний при выращивании в весенне-летнем и летне-осеннем периодах;

3. Проанализировать гибридные комбинации F_1 капусты брокколи, полученные от межлинейного скрещивания линий удвоенных гаплоидов, по комплексу основных хозяйственно ценных признаков при выращивании в весенне-летнем и летне-осеннем периодах;

4. Оценить полевую устойчивость к болезням и вредителям гибридных комбинаций на естественном и искусственном инфекционном фонах;

5. Изучить корреляционные связи между основными хозяйственными признаками у гибридных комбинаций капусты брокколи;

6. Рассчитать экономические затраты на производство линий удвоенных гаплоидов капусты брокколи.

Научная новизна. С использованием принципиально нового исходного материала, полученного методом культуры изолированных микроспор *in vitro*, показана возможность создания гибридов F_1 капусты брокколи нового поколения за короткий период времени. Представлено разнообразие морфологических признаков у ДН-линий и проявление самонесовместимости в зависимости от генотипа.

Изучена комбинационная способность линий удвоенных гаплоидов капусты брокколи по основным хозяйственно ценным признакам при выращивании в два срока: весенне-летний и летне-осенний периоды. Выделены линии с высокой ОКС по признакам «масса головки», «скороспелость» для создания гибридов F_1 .

Установлены корреляционные связи, позволяющие прогнозировать ОКС по фенотипическому проявлению признаков «продуктивность», «высота растения».

Показано, что биотехнологический метод культуры изолированных микроспор *in vitro* при создании линий капусты брокколи является более экономически эффективным по сравнению с классическими методами селекции.

Практическая значимость. Из созданных самонесовместимых линий удвоенных гаплоидов капусты брокколи с высокой комбинационной способностью по признакам (масса головки, продуктивность, скороспелость, высота растения) получены перспективные гибридные комбинации.

Выделены новые перспективные самосовместимые линии удвоенных гаплоидов капусты брокколи по важным хозяйственным признакам (продуктивность, масса головки и др.), которые могут использоваться в селекционных программах.

Созданы гибридные комбинации на основе линий удвоенных гаплоидов капусты брокколи, пригодные для выращивания в весенне-летнем и летне-осеннем периодах в условиях Московской области. Перспективная гибридная комбинация капусты брокколи с комплексом хозяйственно ценных признаков передана на Государственное испытание в ФГБУ «Госсорткомиссия» под названием «Спарта».

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Комбинационная способность линий удвоенных гаплоидов капусты брокколи, полученных в культуре изолированных микроспор *in vitro*.
2. Комплексная оценка основных хозяйственно ценных признаков новых гибридных комбинаций капусты брокколи на основе линий удвоенных гаплоидов.

Апробация работы. Результаты исследований по диссертации были доложены на отчетных сессиях в 2015-2017 гг. в ФГБНУ ВНИИССОК, представлены на IV Международной научно-практической конференции «Современные тенденции в селекции и семеноводстве овощных культур. Традиции и перспективы» (ВНИИССОК, 10-14 августа 2015 г.); доложены на Ежегодной научной конференции «Аграрное образование и наука в 21 веке: вызовы и проблемы развития» (Москва, 13 ноября 2015 г.); на Международной научно-практической конференции «Состояние и перспективы селекции и семеноводства капустных культур» (Москва, 13 сентября 2016 г.).

Публикации результатов исследований. По материалам диссертации опубликовано 6 печатных работ, в том числе 3 из них – в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 175 страницах компьютерного текста, содержит 49 таблиц, 24 рисунка. Состоит из введения, обзора литературы, методической части, результатов исследований, заключения, рекомендаций, списка использованной литературы, приложения. Список литературы содержит 210 источников, из них - 139 на иностранных языках.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа выполнена в лаборатории селекции и семеноводства капустных культур ФГБНУ ФНЦО в Одинцовском районе Московской области в 2013-2017 гг.

Объект исследований – капуста брокколи (*Brassica oleracea L. convar. botrytis (L.) Alef. var. cymosa Duch.*).

В качестве исходного материала использованы селекционные образцы капусты брокколи лаборатории селекции и семеноводства капустных культур и полученные на их основе в лаборатории биотехнологии ФГБНУ ФНЦО в культуре изолированных микроспор *in vitro* линии удвоенных гаплоидов капусты брокколи.

Гейтеногамное опыление в бутонах, оценку степени самонесовместимости растений, межлинейную гибридизацию в зимне-весенний период проводили в камере искусственного климата лаборатории селекции и семеноводства капустных культур с заданными параметрами (Бондарева, Разин, 2014). Способность к самонесовместимости определяли подсчетом завязавшихся семян в стручках после искусственного опыления цветов растения.

Полученное потомство (R_2) оценивали по хозяйственно ценным признакам в пленочной необогреваемой теплице. Исследования проводили, руководствуясь методикой изучения растений по морфологическим, селекционным и хозяйственно ценным признакам (Международный союз по охране новых сортов растений. Капуста брокколи. Первоисточник TG/151/4). Форму листовой пластинки описывали по классификации (Лизгунова, 1984).

Полевые опыты проводили по Методике полевого опыта (Доспехов, 1985) Гибридные комбинации высевали на рассаду в 2 срока: весенне-летний (3 декада апреля) и летне-осенний (1 декада июня) в кассеты Плантек (64 ячейки). Рассаду высаживали рассадопосадочной машиной в открытый грунт в 3 декаде мая для первого срока и в 1 декаде июля для второго срока выращивания по схеме 70x35 см. Повторность 3-кратная. В качестве стандартов использовали сорт капусты брокколи Тонус, гибриды F_1 Мачо, F_1 Грин Мэджик, F_1 Корато.

Анализ комбинационной способности родительских линий выполнен по Гриффингу методом 1 (Griffing, 1956). Оценка эффектов взаимодействия генов проведена с использованием методов дисперсионного и графического анализа по Хейману (1954), Мазеру и Джинксу (1985).

Биохимические анализы выполнены в лабораторно-аналитическом центре (ЛАЦ) ФГБНУ ФНЦО по общепринятым методикам.

Фитопатологическую оценку к болезням (альтернариоз, фузариозное увядание), поврежденность вредителями проводили на естественном фоне визуально в период начала образования головки. Оценка растений на пораженность килой растений проведена на искусственном инфекционном поле. Пораженность корневой системы определяли с использованием 5-ти балльной шкалы (Квасников, Белик, 1970; Маслова, 2013, 2014).

Статистическая обработка результатов данных проводилась методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985), используя пакет прикладных программ Microsoft Excel 2007. Корреляционный анализ проводился в программе Microsoft Office Excel по методике расчета коэффициента корреляции Пирсона при уровне значимости коэффициента корреляции 0,05 и 0,01.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Оценка по морфологическим признакам линий удвоенных гаплоидов капусты брокколи, полученных в культуре микроспор *in vitro*

В 2012 году из исходного материала капусты брокколи (сорт Тонус и селекционный образец №1) лаборатории селекции и семеноводства капустных культур ВНИИССОК (ныне ФГБНУ ФНЦО) было получено в лаборатории биотехнологии ФГБНУ ФНЦО 937 растений - регенерантов. Полученные растения - регенеранты

капусты брокколи были переданы в лабораторию селекции и семеноводства капустных культур для использования в различных селекционных программах. После проведенной в 2013 году оценки в работу было включено 30 ДН-линий (рисунки 1, 2).



Рисунок 1 - Разнообразие форм листовых пластинок у линий, выделенных из:
А - селекционного образца № 1, Б –из сортопопуляции Тонус



Рисунок 2 - Варьирование головок у линий капусты брокколи по размеру – от мелкой до крупной, и по плотности - от рыхлого соцветия до плотной головки (слева направо)

При оценке этих линий установили широкое разнообразие по изучаемым признакам: высоте, облиственности, размеру и окраске листа, форме листовой пластинки, окраске, массе и размеру центральной головки, продолжительности вегетационного периода (таблица 1).

Таблица 1 – Биометрические характеристики линий удвоенных гаплоидов капусты брокколи, 2014 год

Название линии	Средняя высота, см	Размер листа*	Масса центральной головки, г	Период от всходов до тех. спелости, сут.
из селекционного образца № 1				
71	48,8±2,3	3	105,6±13,7	88
145-2	55,0±1,9	5	185,0±9,3	102
72	36,1±2,8	5	71,0±6,4	60
74	48,9±1,8	3	131,0±7,9	73
105	39,4±1,4	7	162,8±9,8	81
из Тонуса				
150-4	38±1,0	7	205,8±14,4	102
87	49,0±2,1	7	135,0±8,1	88
89	49,1±1,4	5	107,5±6,5	81
154-1	39,3±0,6	7	126,3±8,8	88
Тонус	34±1,3	5	138±12,4	75

Примечание. *1-очень маленький; 3-маленький; 5-средний; 7-большой

Таким образом, применение метода культуры микроспор в селекционном процессе позволило получить генетически разнообразный материал, необходимый для создания гибридов F₁ капусты брокколи с заданными параметрами в короткие сроки.

3.2. Оценка степени проявления самонесовместимости линий удвоенных гаплоидов капусты брокколи

В работе использовали схему получения гибридов на основе самонесовместимости, поэтому для дальнейшего включения в селекционный процесс все линии прошли проверку контроля самонесовместимости. В результате анализа на наличие самонесовместимых растений было установлено, что большинство (73,3%) ДН-линий были самосовместимы, а 26,7% линий (6,7% из Тонуса и 20% из селекционного образца № 1) оказались самонесовместимыми (завязываемость семян при самоопылении цветков составила 0-1 шт./стручок). Линии, у которых самонесовместимость отсутствует, были включены в другие селекционные программы.

3.3. Изучение комбинационной способности линий удвоенных гаплоидов капусты брокколи

Используя диаллельную схему скрещивания, в работе проведена оценка по признакам: масса головки, диаметр головки, продуктивность, продолжительность вегетационного периода, высота растения при двух сроках посадки.

3.3.1. Комбинационная способность по признаку «масса головки» при выращивании в весенне-летнем периоде

В 2015-2016 годах в результате дисперсионного анализа выявлены существенные различия между изучаемыми генотипами, а также по эффектам ОКС и СКС.

В 2015 году у родительских линий варьирование составляло от 117,9 г (линия 154-1) до 180,5 г (линия 103-1); у гибридных комбинаций – от 105,1 г (154-1x127-2) до 253,6 г (145-2x127-2). У стандарта Тонус масса головки составила 190,4 г (таблица 2). У 5 гибридных комбинаций масса головки была значительно больше стандарта. Лучшие гибридные комбинации по массе головки (145-2x127-2, 103-1x124-5) созревали на 7 суток позже стандартного сорта Тонус.

Таблица 2 – Средняя масса головки линий удвоенных гаплоидов и гибридов F₁, г (весенне-летний период, 2015)

♂ \ ♀	154-1	150-4	124-5	145-2	126-5	127-2	103-1
154-1	117,9	137,7	131,2	190,1	128,5	159,8	153,0
150-4	142,3	165,8	130,9	128,9	214,5	164,9	155,0
124-5	138,4	125,1	166,7	154,7	251,5	97,20	237,7
145-2	211,1	204,3	125,8	157,8	144,5	174,1	168,6
126-5	183,3	212,5	85,70	136,3	150,0	130,2	163,2
127-2	105,1	227,8	176,1	253,6	137,8	158,1	171,0
103-1	227,5	214,5	122,7	221,5	180,9	144,5	180,5
НСР ₀₅ (x) = 36,51; Стандарт Тонус 190,4 г.							

В 2016 году у родительских линий варьирование составляло от 114,5 г (линия 103-1) до 173,2 г (линия 150-4); у гибридных комбинаций – от 57,30 г (127-2x126-5) до 263,6 г (103-1x145-2). У стандартов Тонус и F₁ Корато значения признака были 127,7 г и 290,8 г соответственно. 7 гибридных комбинаций превосходили стандартный сорт Тонус, 1 гибридная комбинация была на уровне F₁ Корато. При этом гибридные комбинации, отличающиеся наибольшей массой головки (103-1x145-2, 103-1x154-1), созревали на 7 суток позже, чем сорт Тонус и на 15 суток раньше F₁ Корато.

Эффекты ОКС в 2015 году варьировали от -13,77 до +15,57 (таблица 3). Высокой ОКС характеризовалась одна линия (линия 103-1) и средней ОКС - остальные линии (154-1, 150-4, 124-5, 145-2, 126-5, 127-2). Высокий положительный материнский эффект отмечен у линий 150-4, 126-5, низкий – у линий 124-5, 127-2. В 2016 году высокий эффект ОКС имела линия 103-1. Средние оценки эффектов ОКС отмечены у линий 154-1, 150-4, 145-2. Низкой ОКС характеризовались линии 124-5, 126-5, 127-2. Сочетание высокой ОКС и СКС в 2016 году отмечено у линии 103-1. Высокий положительный материнский эффект имела линия 103-1, низкий – линии 145-2, 127-2. Причем у линии 103-1 высокая ОКС сочетается с высоким материнским эффектом.

Таблица 3 – Эффекты ОКС и материнские эффекты самонесовместимых родительских линий по признаку «масса головки» (весенне-летний период, 2015-2016 годы)

Линии	2015 год		2016 год	
	g_i	МЭ	g_i	МЭ
154-1	-7,37	15,33	9,08	0,24
150-4	6,21	26,51	7,23	4,89
124-5	-13,77	-33,18	-14,67	6,13
145-2	9,00	8,10	-1,94	-25,53
126-5	-2,44	20,93	-19,68	3,76
127-2	-3,19	-28,69	-17,83	-37,19
103-1	15,57	-9,02	37,80	47,70
НСР ₀₅	15,09	19,33	10,57	13,08

Примечание: g_i – эффект ОКС, МЭ – материнский эффект.

Между эффектами ОКС и фенотипическим проявлением признака корреляция средней степени в 2015 году ($r=0,59\pm 0,36$) и отсутствует в 2016 году ($r=0,08\pm 0,45$).

Таким образом, стабильно высокая ОКС по признаку «масса головки» выявлена у линии 103-1, что говорит о возможности ее включения в скрещивания с целью создания продуктивных гибридов для весенне-летнего выращивания. Линии 150-4, 145-2, 154-1, характеризующиеся средними эффектами ОКС по массе головки, показывают хорошие результаты в конкретных комбинациях скрещивания за счет СКС.

3.3.2. Комбинационная способность по признаку «продуктивность» при выращивании в весенне-летнем периоде

В 2015-2016 годах у изучаемых генотипов были выявлены существенные различия по признаку, а также по эффектам ОКС и СКС. В 2015 году у родительских линий варьирование составляло от 218,4 г/раст. (линия 150-4) до 354,7 г/раст. (линия 124-5); у гибридных комбинаций – от 160,5 г/раст. (154-1x127-2) до 537,1 г/раст. (154-1x103-1). У стандартного сорта Тонус продуктивность составила 345,2 г/раст. (таблица 4). У 5 гибридных комбинаций продуктивность значительно больше стандарта. В 2016 году у родительских линий пределы варьирования были от 180,0 г/раст. (линия 154-1) до 243,7 г/раст. (линия 126-5); у гибридных комбинаций – от 130,9 г/раст (127-2x126-5) до 467,2 г/раст. (150-4x103-1). У стандартов Тонус и F₁ Корато продуктивность составила 274,9 г/раст. и 290,8 г/раст. соответственно. 7 гибридных комбинаций превосходили стандарт Тонус по продуктивности; при сравнении с гибридом F₁ Корато – 9 гибридных комбинаций были на уровне и 5 – превосходили стандарт.

Таблица 4 – Продуктивность линий удвоенных гаплоидов и гибридов F₁, г/раст. (весенне-летний период, 2015)

♂ \ ♀	154-1	150-4	124-5	145-2	126-5	127-2	103-1
154-1	222,6	309,8	311,8	336,4	250,7	255,8	243,0
150-4	328,7	218,4	258,7	298,7	374,5	303,0	287,6
124-5	304,8	285,0	354,7	245,2	411,0	224,5	399,0
145-2	361,1	396,0	287,0	338,5	297,6	344,1	416,7
126-5	291,1	348,9	175,7	285,1	265,0	217,9	249,0
127-2	160,5	386,9	362,8	487,5	317,3	296,4	339,0
103-1	537,1	372,5	376,3	395,7	438,9	243,2	301,1
НСР ₀₅ (x)= 60,83; Стандарт Тонус 345,2 г/раст.							

Высокими эффектами ОКС в 2015 году характеризовались линии 145-2, 103-1, средними - линии 150-4, 124-5, 126-5, 127-2 и низким – линия 154-1 (таблица 5). Сочетание высокой ОКС и СКС отмечено у линии 145-2. Высоким положительным материнским эффектом отличались линии 154-1, 150-4, 126-5, у линий 127-2, 103-1 отмечен низкий материнский эффект. В 2016 году высокие эффекты ОКС имели линии 150-4, 103-1; средние – линии 154-1, 124-5, низкие - линии 126-5, 127-2, 145-2. Сочетание высокой ОКС и СКС в 2016 году отмечено у линий 103-1, 150-4. Высокий положительный материнский эффект отмечен у линий 150-4, 103-1, низкий – у линий 145-2, 127-2. Причем у линий 150-4, 103-1 с высокими эффектами ОКС сочетаются высокие МЭ.

Таблица 5 – Эффекты ОКС и материнские эффекты самонесовместимых родительских линий по признаку «продуктивность» (весенне-летний период, 2015-2016 годы)

Линии	2015 год		2016 год	
	g _i	МЭ	g _i	МЭ
154-1	-21,19	39,51	-6,96	15,12
150-4	-3,21	35,40	18,64	49,40
124-5	-5,84	-13,98	-10,80	4,29
145-2	28,29	-7,71	-16,86	-41,76
126-5	-17,46	74,62	-29,03	-2,57
127-2	-14,05	-66,49	-24,11	-69,46
103-1	33,45	-61,35	66,11	44,99
НСР ₀₅	19,99	34,56	15,86	20,60

Между эффектами ОКС и продуктивностью линий корреляция была слабой в 2015 году ($r=0,48 \pm 0,39$) и отсутствовала в 2016 году ($r=0,06 \pm 0,45$).

Таким образом, стабильно высокая ОКС по продуктивности отмечена у линии 103-1, средними и высокими эффектами ОКС в зависимости от года характеризуется линия 150-4.

3.3.3. Комбинационная способность по признаку «продолжительность вегетационного периода» при выращивании в весенне-летнем периоде

В 2015 году у родительских линий варьирование составило от 63 сут. (линия 154-1) до 68 сут. (линия 124-5); у гибридных комбинаций – от 54 сут. (124-5x126-5) до 75 сут. (103-1x124-5, 150-4x145-2). У стандартного сорта Тонус значение признака было 68 суток. В 2016 году у родительских линий варьирование составило от 66 сут. (линия 124-5) до 73 сут. (линия 150-4); у гибридных комбинаций – от 59 сут. (127-2x124-5) до 76 сут. (103-1x127-2). У стандартов Тонус и F₁ Корато вегетационный период составил 65 суток и 87 суток соответственно.

Высокими эффектами ОКС по признаку в 2015 году отличались линии 145-2, 103-1, средними – линии 154-1, 150-4, 124-5, 127-2, а линия 126-5 имела низкий эффект ОКС (таблица 6). Высокий положительный материнский эффект отмечен у линий 154-1, 145-2, 103-1, низкий – у линий 124-5, 127-2. Причем у линий 145-2 и 103-1 высокие эффекты ОКС сочетаются с высокими МЭ. В 2016 году высокую ОКС имела линия 103-1. Низкой ОКС характеризовалась линия 124-5. Средние оценки эффектов ОКС отмечены у линий 154-1, 150-4, 145-2, 126-5, 127-2. Высоким положительным материнским эффектом на фоне высокой ОКС отличалась линия 103-1, низкими эффектами – линии 154-1, 150-4, 127-2. Стабильное проявление высокой ОКС по годам имела линия 103-1.

Таблица 6 – Эффекты ОКС и материнские эффекты самонесовместимых родительских линий по признаку «продолжительность вегетационного периода» (весенне-летний период, 2015-2016 годы)

Линии	2015 год		2016 год	
	g _i	МЭ	g _i	МЭ
154-1	-0,71	2,00	0,40	-1,00
150-4	0,57	0,00	0,76	-1,43
124-5	-0,93	-4,71	-3,46	0,14
145-2	1,86	1,43	-0,39	0,00
126-5	-1,64	0,14	0,40	0,71
127-2	-0,21	-2,14	-0,10	-2,00
103-1	1,07	3,29	2,40	3,57
НСР ₀₅	0,98	0,61	0,81	0,73

Корреляция между фенотипическим проявлением признака и ОКС линий слабая в 2015 году и отсутствовала в 2016 году.

3.3.4. Комбинационная способность по признаку «высота растения» при выращивании в весенне-летнем периоде

Дисперсионный анализ результатов исследования 2015-2016 годов по признаку показал существенные различия между изучаемыми генотипами и комбинационной способностью.

В 2015 году у родительских линий варьирование составило от 16,90 см (линия 150-4) до 27,37 см (линия 145-2); у гибридных комбинаций – от 14,70 см (127-2x154-1) до 26,70 см (103-1x127-2, 145-2x103-1). Средняя высота стандарта Тонус составила 21,95 см. В 2016 году у родительских линий варьирование составило от 15,6 см (линия 150-4) до 28,30 см (линия 145-2); у гибридных комбинаций – от 17,10 см (154-1x150-4) до 26,50 см (103-1x127-2). У стандартов Тонус и F₁ Корато высота растения составила 24,4 см и 23,2 см соответственно.

Эффекты ОКС в 2015 году варьировали от -2,15 до +1,99 см. Высоким эффектом ОКС отличалась линия 145-2. Средние величины эффектов ОКС отмечены у линий 124-5, 126-5, 127-2, 103-1. Остальные линии – 154-1, 150-4 имели низкую ОКС. Высокий положительный материнский эффект наблюдался у линии 103-1, низкий – у линии 127-2. В 2016 году эффекты ОКС варьировали от -2,04 до 1,90. Высокую оценку эффектов ОКС имела линия 145-2. Причем эта же линия характеризовалась высокой ОКС и в 2015 году. Низкой ОКС характеризовались линии 150-4, 127-2. Средние эффекты ОКС отмечены у линий 154-1, 124-5, 126-5, 103-1. Стабильное проявление низкой ОКС отмечено у линии 150-4, что говорит о возможности ее использования в селекции низкорослых гибридов. Высокий положительный материнский эффект, как и в 2015 году, имела линия 103-1, низкий – линии 154-1, 127-2.

Корреляционная связь между высотой растения родительских линий и эффектами ОКС за два года исследований высокая ($r=0,75\pm 0,30$ - в 2015 году и $r=0,93\pm 0,16$ - в 2016 году), что позволяет прогнозировать ОКС линий по их фенотипу.

Таким образом, линия 145-2 имеет стабильно высокие эффекты ОКС по высоте растения, а линия 150-4 – стабильно низкие.

3.3.5. Комбинационная способность по признаку «диаметр головки» при выращивании в весенне-летнем периоде

В 2015 и 2016 годах в результате дисперсионного анализа выявлены существенные различия между изучаемыми генотипами и по комбинационной способности.

В 2015 году у родительских линий варьирование составляло от 9,10 см (линия 154-1) до 13,00 см (линия 145-2); у гибридных комбинаций – от 7,33 см (124-5x126-5) до 15,13 см (145-2x127-2). У стандартного сорта Тонус диаметр головки был 10,27 см. У 5 гибридных комбинаций диаметр головки значительно больше стандарта. В 2016

году у родительских линий варьирование составляло от 8,3 см (линия 127-2) до 11,67 (линия 145-2); у гибридных комбинаций – от 8,7 см (126-5x103-1, 127-2x103-1) до 13,80 см (150-4x103-1). У стандартов Тонус и F₁ Корато этот показатель был 9,9 см и 13,5 см соответственно. 4 гибридные комбинации были на уровне F₁ Корато.

Эффекты ОКС линий в 2015 году варьировали от -0,50 до +0,58. Все линии имели средние эффекты ОКС. Высокий отрицательный материнский эффект отмечен у линий 124-5, 127-2, у остальных линий – материнский эффект в пределах НСР₀₅. В 2016 году эффекты ОКС варьировали от -0,82 до +0,87. Высокий эффект ОКС имела линия 103-1, средние эффекты ОКС у линий 154-1, 150-4, 124-5, 145-2, 126-5, низкий – у линии 127-2. Сочетание высокой ОКС и СКС в 2016 году отмечено у линии 103-1. Высоким положительным материнским эффектом характеризовалась линия 103-1, низким – линии 154-1, 127-2. У линии 127-2 низкий эффект ОКС сочетается с низким МЭ.

Корреляция между эффектами ОКС и диаметром головки линий средняя положительная (в 2015 году $r=0,54\pm 0,38$, в 2016 году $r=0,45\pm 0,40$), что не позволяет надежно проводить подбор пар для скрещивания по фенотипу.

Таким образом, стабильные средние положительные оценки ОКС по признаку «диаметр головки» выявлены у линии 150-4, средними и высокими оценками ОКС характеризовалась линия 103-1.

3.3.6. Комбинационная способность по признаку «масса головки» при выращивании в летне-осеннем периоде

В 2015 году у родительских линий варьирование составляло от 86,40 г (линия 124-5) до 140 г (линия 145-2); у гибридных комбинаций – от 94,5 г (154-1x127-2) до 269,4 (103-1x154-1). У стандартного сорта Тонус масса головки была 119 г (таблица 7). У 16 гибридных комбинаций масса головки значительно больше стандарта.

Таблица 7 – Средняя масса головки линий удвоенных гаплоидов и гибридов F₁, г (летне-осенний период, 2015)

♂ \ ♀	154-1	150-4	124-5	145-2	126-5	127-2	103-1
154-1	92,60	118,0	88,70	87,30	114,8	127,6	269,4
150-4	122,2	102,6	176,6	156,0	113,1	121,8	264,2
124-5	105,9	159,9	86,40	181,0	136,0	191,7	187,6
145-2	105,3	101,2	125,6	140,0	185,9	158,6	231,1
126-5	178,9	92,80	166,2	143,6	105,8	107,0	199,2
127-2	94,5	256,1	135,1	167,0	146,2	109,0	203,6
103-1	218,7	265,1	119,5	246,8	105,9	174,3	114,4
НСР ₀₅ (x)= 45,96; Стандарт Тонус 119,0 г							

В 2016 году у родительских линий величина признака варьировала от 149,9 г (линия 127-2) до 308,8 г (линия 145-2); у гибридных комбинаций от 120,1 г (126-5x103-1) до 304,3 г (154-1x103-1). У стандартов Тонус и F₁ Грин Мэджик масса головки составляла 135,8 г и 335,0 г соответственно. Гибридные комбинации, отличающиеся наибольшей массой головки (103-1x150-4, 154-1x103-1), созревали на 2 суток позже, чем Тонус и на 6 суток раньше F₁ Грин Мэджик.

Эффекты ОКС в 2015 году варьировали от -21,29 до +42,83 (таблица 8). Высокий эффект ОКС имела линия 103-1, средние эффекты - линии 150-4, 124-5, 145-2, 127-2, а низкие - линии 154-1, 126-5. Сочетанием высокой ОКС и СКС характеризовалась линия 103-1. Высокий положительный материнский эффект отмечен у линии 103-1; низкий – у линии 124-5. Причем у линии 103-1 сочетание высокой ОКС с высоким материнским эффектом. В 2016 году высокие эффекты ОКС имели линии 150-4, 145-2, 103-1, средние эффекты ОКС - линии 154-1, 124-5. У линий 126-5, 127-2 выявлены низкие эффекты ОКС. Высоким материнским эффектом характеризовалась линия 154-1. Стабильное проявление высокой ОКС отмечено у линии 103-1. Также у линии 103-1 на фоне высокой ОКС отмечается высокая СКС в оба года исследований.

Таблица 8 – Эффекты ОКС и материнские эффекты самонесовместимых родительских линий по признаку «масса головки» (летне-осенний период, 2015-2016 годы)

Линии	2015 год		2016 год	
	g _i	МЭ	g _i	МЭ
154-1	-21,29	2,81	3,30	29,36
150-4	2,69	5,60	20,14	-2,96
124-5	-11,99	-21,49	-9,50	-7,10
145-2	3,92	10,57	26,26	-9,62
126-5	-15,24	-12,26	-28,54	-7,37
127-2	-0,93	-17,36	-29,54	11,23
103-1	42,83	32,11	17,87	-13,54
НСР ₀₅	15,20	20,71	10,04	15,10

Между эффектами ОКС и фенотипическим проявлением признака слабая корреляция в 2015 году ($r=0,46\pm 0,40$) и средняя в 2016 году ($r=0,69\pm 0,32$).

Таким образом, наилучшей исходной формой по признаку «масса головки» является линия 103-1, характеризующаяся стабильным проявлением высокой ОКС. Линии 150-4, 145-2 имеют средние положительные величины ОКС, а в отдельные годы и высокие значения ОКС по этому признаку, что не исключает их использования в селекции на урожайность, так как они показывают хорошие результаты в конкретных комбинациях за счет высокой СКС.

3.3.7. Комбинационная способность по признаку «продуктивность» при выращивании в летне-осеннем периоде

В 2015 году у родительских линий варьирование признака составляло от 176,8 г/раст. (линия 124-5) до 279,4 г/раст. (линия 145-2); у гибридных комбинаций – от 116,6 г/раст. (154-1x127-2) до 492,1 г/раст. (103-1x150-4). У стандарта Тонус продуктивность составила 270,5 г/раст. (таблица 9). При сравнении со стандартом Тонус у 5 гибридных комбинаций продуктивность значительно превышала стандарт.

Таблица 9 – Продуктивность линий удвоенных гаплоидов и гибридов F₁, г/раст. (летне-осенний период, 2015)

♂ \ ♀	154-1	150-4	124-5	145-2	126-5	127-2	103-1
154-1	177,9	181,1	169,5	153,8	231,7	173,2	429,5
150-4	241,6	197,9	265,6	284,0	231,9	219,6	492,1
124-5	217,5	216,0	176,8	297,3	332,7	259,2	302,8
145-2	262,7	203,4	232,0	279,4	286,6	217,4	426,0
126-5	257,3	150,6	221,1	295,3	205,8	234,9	272,7
127-2	116,6	301,7	259,3	211,6	221,1	179,6	297,2
103-1	304,0	390,9	205,1	356,5	217,5	241,3	243,1
НСР ₀₅ (x)= 71,07; Стандарт Тонус 270,5 г.							

В 2016 году у родительских линий значения признака были в пределах от 179,6 г/раст. (у линии 127-2) до 467,2 г/раст. (у линии 145-2), а у гибридов от 128,5 г/раст. (126-5x127-2) до 448,5 г/раст. (103-1x154-1). У стандартов Тонус и F₁ Грин Мэджик продуктивность составила 198,8 г/раст. и 372,5 г/раст. соответственно. Большинство гибридных комбинаций превосходили стандарт Тонус, причем 5 из них были на уровне стандарта F₁ Грин Мэджик.

Эффекты ОКС линий в 2015 году варьировали от -30,87 до +63,96 (таблица 10). Высокие эффекты ОКС имели линии 103-1, 145-2, средние – линии 150-4, 124-5, 126-5, низкие – линии 154-1, 127-2. У линии 103-1 отмечено сочетание высокой ОКС и высокой СКС. Высоким положительным материнским эффектом на фоне высокой ОКС отличалась линия 103-1, у линий 150-4, 124-5 отмечен низкий материнский эффект. В 2016 году линии с высокой ОКС - 150-4, 145-2, 103-1. Средние эффекты ОКС имели линии 154-1, 124-5; низкие – линии 126-5, 127-2. У линии 103-1 наблюдается стабильное проявление высокой СКС на фоне высокой ОКС. Высоким материнским эффектом характеризовалась линия 126-5.

Таблица 10 – Эффекты ОКС и материнские эффекты самонесовместимых родительских линий по признаку «продуктивность» (летне-осенний период, 2015-2016 годы)

Линии	2015 год		2016 год	
	g_i	МЭ	g_i	МЭ
154-1	-30,87	8,70	8,63	21,05
150-4	3,42	-41,59	20,74	-16,52
124-5	-13,91	-38,99	-3,05	-31,91
145-2	18,50	-4,23	55,68	-18,78
126-5	-11,53	12,80	-37,55	40,25
127-2	-29,58	-8,84	-63,04	15,53
103-1	63,96	72,14	18,59	-9,61
НСР ₀₅	16,68	25,19	16,82	34,47

Корреляция между продуктивностью и эффектами ОКС высокая в оба года исследований ($r=0,74\pm 0,30$ – в 2015 году и $r=0,75\pm 0,30$ – в 2016 году), что указывает на возможность прогноза ОКС линий по фенотипу, то есть линии с высокой продуктивностью обладают высокой ОКС по этому признаку.

Таким образом, по признаку «продуктивность» выделились линии 103-1 и 145-2, которые имели стабильно высокие оценки ОКС. Линия 145-2 характеризуется высокой продуктивностью за счет массы боковых головок.

3.3.8. Комбинационная способность по признаку «продолжительность вегетационного периода» при выращивании в летне-осеннем периоде

В 2015 году у родительских линий пределы варьирования были от 62 сут. (линии 154-1, 126-5) до 68 сут. (линии 145-2, 127-2); у гибридных комбинаций – от 62 сут. (154-1x124-5, 154-1x145-2) до 72 сут. (154-1x127-2, 103-1x150-4). У стандартного сорта Тонус значение признака составило 66 суток. В 2016 году у линий удвоенных гаплоидов продолжительность вегетационного периода варьировала от 77 сут. (у линии 145-2) до 96 сут. (у линий 126-5, 127-2), а у гибридов от 77 сут. (150-4x145-2, 145-2x154-1, 127-2x124-5) до 101 сут. (126-5x127-2). У стандартов Тонус и F₁ Грин Мэджик продолжительность вегетационного периода составила 78 суток и 85 суток соответственно. Большинство гибридных комбинаций созревали на уровне стандарта Тонус и существенно раньше F₁ Грин Мэджик.

Эффекты ОКС линий в 2015 году варьировали в пределах от -1,0 до +1,92 сут. (таблица 11). Высоким эффектом ОКС обладала линия 103-1, низкими – линии 154-1, 126-5, средними - линии 150-4, 124-5, 145-2, 127-2. Высокий положительный материнский эффект отмечен у линий 145-2, 103-1, низкий – у линий 124-5, 127-2. В 2016 году высокие эффекты ОКС имели линии 126-5, 127-2, средние эффекты ОКС - линия 103-1, низкие - линии 154-1, 124-5, 145-2. Стабильным проявлением низкой ОКС характеризовалась линия 154-1, которая может использоваться в скрещиваниях с

целью создания скороспелых гибридов для летне-осеннего выращивания. У линии 127-2 стабильно проявляется низкий материнский эффект.

Таблица 11 – Эффекты ОКС и материнские эффекты самонесовместимых родительских линий по признаку «продолжительность вегетационного периода» (летне-осенний период, 2015-2016 годы)

Линии	2015 год		2016 год	
	g _i	МЭ	g _i	МЭ
154-1	-1,01	0,43	-2,16	0,57
150-4	-0,30	0,71	-0,81	-0,81
124-5	-0,58	-1,57	-2,81	1,76
145-2	0,06	1,71	-3,28	0,43
126-5	-1,01	0,14	4,67	0,24
127-2	0,92	-3,43	4,19	-1,67
103-1	1,92	2,00	0,19	-0,52
НСР ₀₅	0,94	0,69	0,73	0,81

Между эффектами ОКС и продолжительностью вегетационного периода средняя положительная корреляция в 2015 году ($r=0,59\pm 0,36$) и высокая положительная в 2016 году ($r=0,97\pm 0,11$).

Таким образом, в качестве источника скороспелости выделена линия 154-1, стабильно имеющая низкие эффекты ОКС по признаку «продолжительность вегетационного периода». Линии 150-4, 145-2, 124-5 в 2016 году имели низкие отрицательные значения ОКС по этому признаку.

3.3.9. Комбинационная способность по признаку «высота растений» при выращивании в летне-осеннем периоде

В 2015-2016 годах в результате дисперсионного анализа обнаружены существенные различия между изучаемыми генотипами, а также по эффектам ОКС и СКС.

В 2015 году у родительских линий показатель варьировал от 21,7 см (линия 150-4) до 29,4 см (линия 124-5); у гибридных комбинаций – от 22,20 см (154-1x124-5) до 32,87 см (124-5x150-4). У стандартного сорта Тонус высота растения составила 29,8 см. Большинство гибридных комбинаций были на уровне стандарта. В 2016 году у родительских линий величина признака варьировала от 26,90 см (линия 150-4) до 38,5 см (линия 126-5); у гибридных комбинаций – от 28,46 см до 38,90 см. У стандартов Тонус, F₁ Грин Мэджик средняя высота растений составляла 38,8 см и 35,1 см соответственно.

Эффекты ОКС в 2015 году варьировали от -2,70 до +1,90. Высокий эффект ОКС имела линия 124-5. Средние эффекты ОКС отмечены у линий 150-4, 145-2, 126-5, 127-2, 103-1, низкий эффект ОКС - у линии 154-1. Материнский эффект в пределах

НСР₀₅. В 2016 году эффекты ОКС линий варьировали от -2,79 до +1,50 см. Высокие эффекты ОКС отмечены у линий 124-5, 145-2, 126-5. Линия 124-5 характеризовалась высокой ОКС и в 2015 году. Средние эффекты ОКС - у линий 154-1, 127-2, 103-1, низкий – у линии 150-4. Среди изученных линий сочетанием высокой ОКС и СКС характеризовалась линия 124-5. Материнский эффект в пределах НСР₀₅.

Корреляция между высотой растения и эффектами ОКС слабая в 2015 году ($r=0,48\pm 0,39$) и высокая положительная в 2016 году ($r= 0,89 \pm 0,21$).

Таким образом, стабильно высокими значениями ОКС по признаку «высота растения» характеризуется линия 124-5, средними значениями ОКС – линия 103-1.

3.3.10. Комбинационная способность по признаку «диаметр головки» при выращивании в летне-осеннем периоде

Дисперсионный анализ изученных генотипов в 2015-2016 годах выявил значимые различия по признаку, а также эффектам ОКС и СКС.

В 2015 году у родительских линий варьирование составляло от 7,33 см (линия 124-5) до 11,17 см (линии 145-2); у гибридных комбинаций – от 8,33 см (154-1x127-2) до 13,07 см (103-1x145-2). У стандартного сорта Тонус диаметр головки был 9,3 см. У 8 гибридных комбинаций диаметр головки был значительно больше стандарта. В 2016 году у родительских линий величина признака варьировала от 11,55 см (линия 154-1) до 15,75 см (линия 145-2); у гибридных комбинаций от 10,04 до 17,50 см. Максимальные значения признака у гибридных комбинаций были на уровне либо превышали стандарты (Тонус – 11,9 см, F₁ Грин Мэдджик – 17,3 см).

Эффекты ОКС линий в 2015 году варьировали от -0,68 до +1,02. Высокой оценкой эффектов ОКС характеризовалась линия 103-1. Средние оценки отмечены у остальных линий: 154-1, 150-4, 124-5, 145-2, 126-5, 127-2. Сочетание высокой ОКС и СКС отмечено у линии 103-1. Материнский эффект в пределах НСР₀₅. В 2016 году эффекты ОКС линий варьировали от -1,17 до +0,94. Линии с высокой ОКС - 150-4, 145-2, средней - 154-1, 124-5, 103-1 и низкой ОКС - 126-5, 127-2. У линии 103-1 высокая СКС на фоне высокой ОКС. Максимальный материнский эффект отмечен у линий 127-2, 145-2, причем у линии 145-2 на фоне высокой ОКС, а у линии 127-2 на фоне с низкой ОКС. Низкий материнский эффект в сочетании с высокой ОКС отмечен у линии 150-4.

Корреляция между эффектами ОКС и фенотипическим проявлением признака средняя положительная в 2015 году ($r=0,63\pm 0,35$) и высокая положительная в 2016 году ($r= 0,80\pm 0,27$).

Таким образом, линии 150-4, 145-2 и 103-1 характеризовались средними или высокими эффектами ОКС, которые сочетались с высокими эффектами СКС в зависимости от года.

3.4. Результаты оценки перспективных гибридных комбинаций

У перспективных гибридных комбинаций при весенне-летнем выращивании период от полных всходов до сбора центральной головки составлял в среднем от 72 до 74 суток, что значительно меньше, чем у гибридов F₁ Корато (91 сут.), F₁ Грин Мэдрик (89 сут.), F₁ Мачо (80 сут.). Средняя масса центральной головки варьировала от 190,7 г до 237,7 г в зависимости от комбинации, у стандартного сорта Тонус – 175 г. При сопоставлении срока поступления продукции и массы центральной головки гибридные комбинации 103-1x145-2, 154-1x103-1 были лучшими. Масса боковых головок у перспективных гибридных комбинаций была в пределах от 65,7 до 273,0 г. Гибридные комбинации с высокой долей боковых головок можно рекомендовать для выращивания в ЛПХ. Преобладание центральной головки и слабое отрастание боковых побегов (меньше 50%) отмечено у комбинаций 103-1x154-1, 103-1x145-2. В весенне-летнем периоде выращивания наилучшей гибридной комбинацией по раннеспелости и общей урожайности была 154-1x103-1 (1,98 кг/м²), остальные гибридные комбинации были на уровне стандарта Тонус.

В летне-осеннем периоде выращивания продолжительность вегетационного периода у гибридных комбинаций в среднем составляла 78-81 сутки, против 76 суток у Тонуса и 89-96 суток у F₁ Грин Мэдрик, F₁ Корато соответственно, на уровне стандарта F₁ Мачо (79 сут.). Урожайность гибридных комбинаций составляла 1,55-1,95 кг/м², что существенно выше стандартов Тонус и F₁ Мачо. Средняя масса центральной головки была от 231,7 до 301,0 г, у стандартов Тонус – 140,1 г, у F₁ Мачо – 175 г. Преобладание центральной головки и слабое отрастание боковых побегов (меньше 50 %) отмечено у всех гибридных комбинаций. В летне-осенний период выращивания по общей урожайности и срокам поступления продукции лучшей гибридной комбинацией была 103-1x154-1.

3.5. Биохимический анализ гибридных комбинаций на основе линий удвоенных гаплоидов капусты брокколи

Результаты биохимического анализа головок капусты брокколи показали, что большинство перспективных гибридных комбинаций на уровне стандарта, по некоторым показателям выделяются образцы, превышающие стандартный сорт Тонус. При весенне-летнем периоде выращивания содержание сухого вещества у гибридных комбинаций было от 12,0 до 13,2%. По содержанию моносахаров значительно выделилась гибридная комбинация 103-1x154-1 (4,9%), остальные гибриды имели 2,5-

4,7%. Высокое содержание аскорбиновой кислоты отмечено у комбинаций 150-4x103-1 (139 мг%), 154-1x103-1 (136 мг%), против стандарта – 122 мг%. У остальных гибридов этот показатель составлял от 110 мг% до 129 мг%.

При летне-осеннем периоде выращивания содержание сухого вещества в головках гибридных комбинаций капусты брокколи было существенно выше стандарта и составляло 13,6-15,8%. Содержание аскорбиновой кислоты - 68-142 мг%, моносахаров - от 4,4% до 5,3%. Анализ гибридных комбинаций на содержание фотосинтетических пигментов, выявил, что содержание хлорофилла *a* варьировало от 0,71 мг/г до 1,00 мг/г сырой массы, хлорофилла *b* - от 0,27 до 0,39 мг/г сырой массы, каротиноидов - от 0,16 до 0,24 мг/г сырой массы. По содержанию фотопигментов выделились гибридные комбинации 154-1x103-1, 150-4x103-1.

3.6. Оценка устойчивости гибридных комбинаций капусты брокколи к основным болезням и вредителям

В годы исследования распространенность патогена фузариозного увядания была высокой и составляла от 70 до 100%. Но при этом степень поражения была слабой – от 2,5 до 7,0%, у трех гибридных комбинаций (154-1x103-1, 103-1x150-4, 103-1x154-1) степень поражения была существенно ниже стандарта.

Симптомы альтернариоза в исследуемые годы у перспективных гибридных комбинаций капусты брокколи отсутствовали.

Распространенность повреждений листогрызущими вредителями (капустной совкой, белянкой, молью и др.) у одной гибридной комбинации составила 12% при степени повреждения 3,7%. У других перспективных гибридных комбинаций повреждений не наблюдалось.

Распространенность килы у гибридных комбинаций была высокой – от 79,8 до 100% при степени поражения от 52,1 до 69,8%.

3.7. Корреляции между основными хозяйственно ценными признаками F₁ гибридов капусты брокколи

В результате корреляционного анализа была выявлена стабильная положительная корреляция между массой и диаметром головки как по годам, так и по срокам посадки.

По остальным хозяйственно ценным признакам степень корреляционной связи изменяется как по годам (в зависимости от условий вегетационного периода), так и по срокам посадки, причем установленные зависимости в одних условиях существенны, а в иных недостоверны. Эти особенности ограничивают применение корреляционного анализа при оценке на другие параметры.

3.8. Оценка затрат на создание линий капусты брокколи различными методами

В качестве оценки эффективности метода был выбран показатель суммы затрат, рассчитанный на единицу готовой продукции (себестоимость оригинального семени). Итоговые данные по расчетам приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Затраты на создание чистых линий капусты брокколи с использованием различных методов

Метод		Срок получения результата, лет	Затраты всего, в руб.	Выход семян, шт.	Себестоимость 1 семени выведенной линий, руб.
Инбридинг	Открытый грунт	7	196 609,83	7 560	26,01
	Теплица +камера	3,5	220 847,03	10 800	20,45
Биотехнологический, культура изолированных микроспор <i>in vitro</i>		1,1	357 081,72	24 840	14,38

В наших исследованиях расчеты показали, что биотехнологический метод с точки зрения стоимости единицы продукции, и значительного сокращения времени на создание линий является наиболее экономически эффективным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выявлено широкое разнообразие ДН-линий капусты брокколи по основным селекционно-ценным признакам: высоте, облиственности, размеру и окраске листа, форме листовой пластинки, окраске, массе и размеру центральной головки, вегетационному периоду, а также способности воспринимать свою пыльцу.

2. Проведенная оценка контроля самонесовместимости показала, что большинство ДН-линий капусты брокколи (73,3%) были самосовместимы, 26,7% линий (6,7% из Тонуса и 20% из селекционного образца № 1) оказались самонесовместимыми (завязываемость семян при самоопылении цветков составила 0-1 шт./стручок).

3. В весенне-летнем периоде вегетации стабильно высокие значения ОКС по признаку «высота растения» проявила линия 145-2, а стабильно низкие значения по этому признаку – линия 150-4. В летне-осенний период вегетации по признаку «продуктивность» выделена линия 145-2, характеризующаяся стабильно высокой ОКС по этому признаку за счет боковых головок; по признаку «скороспелость» – линия 154-1. Высокой и стабильной ОКС при выращивании в двух периодах по признакам «масса головки» и «продуктивность» была линия 103-1.

4. Стабильная тесная связь между фенотипическим проявлением признака у родительских линий и оценками их по ОКС отмечена по признакам «продуктивность» в летне-осеннем периоде и «высота растения» в весенне-летнем периоде, что говорит о возможности провести отбор линий по фенотипическому проявлению этих признаков без предварительной оценки ОКС.

5. При полевой оценке устойчивости к фузариозному увяданию низкой пораженностью характеризовались три перспективные гибридные комбинации капусты брокколи. Отсутствие поражения альтернариозом отмечено у шести гибридных комбинаций капусты брокколи. У пяти гибридных комбинаций капусты брокколи повреждения листогрызущими вредителями (капустной совкой, белянкой, молью и др.) не наблюдалось. Степень пораженности возбудителем килы на инфекционном фоне варьировала в широких пределах.

6. Выделена перспективная гибридная комбинация F_1 (103-1x154-1), пригодная для выращивания в летне-осенний период, превосходящая районированный сорт Тонус по продуктивности (на 58-125%) и товарному виду продукции. Гибридная комбинация с периодом вегетации 68-79 суток от полных всходов в зависимости от условий года, массой головки 250-280 г. С содержанием сухого вещества 13,2-13,7%; аскорбиновой кислоты - 111-129 мг%; моносахаров 1,5-4,9%.

7. У изученных гибридных комбинаций капусты брокколи наблюдается стабильная положительная корреляция только между массой и диаметром головки как в весенне-летнем, так и в летне-осеннем периодах выращивания.

8. Биотехнологический метод создания линий капусты брокколи является более эффективным по сравнению с классическими методами как с точки зрения затрат на получение единицы продукции (в 1,4-1,8 раз), так и по времени (в 3,2-6,4 раз).

РЕКОМЕНДАЦИИ

В качестве компонента скрещиваний в селекционных программах по созданию высокопродуктивных гибридов при выращивании в весенне-летнем периоде использовать линии 103-1, 150-4, в летне-осеннем периоде – линии 103-1, 145-2, 150-4; для создания скороспелых гибридов в летне-осеннем периоде – линию 154-1.

При создании высокорослых гибридов использовать линию 145-2 – при весенне-летнем периоде выращивания, линию 124-5 - при летне-осеннем периоде; низкорослых гибридов – линию 150-4 при выращивании в весенне-летнем периоде.

В селекционной работе при оценке комбинационной способности при выращивании в летне-осеннем периоде рекомендуется использовать корреляцию

между эффектами ОКС и фенотипическим проявлением признака «продуктивность» родительских линий.

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Заблоцкая, Е.А. Полиморфизм удвоенных гаплоидных линий капусты брокколи, полученных в культуре микроспор *in vitro* / В.Ф. Пивоваров, Н.А. Шмыкова, Л.Л. Бондарева, Е.А. Заблоцкая // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2015. – №5. – С. 33-35.

2. Заблоцкая, Е.А. Особенности завязывания семян у линий удвоенных гаплоидов капусты брокколи в разных поколениях / Е.А. Заблоцкая, Л.Л. Бондарева, Н.А. Шмыкова // Овощи России. - 2016. -№ 4 (33). - С. 56-59.

3. Заблоцкая, Е.А. Корреляционные связи между некоторыми хозяйственно ценными признаками у капусты брокколи / Е.А. Заблоцкая, Л.Л. Бондарева, С.М. Сирота // Овощи России. – 2018. – № 1. – С. 8-11.

Статьи в прочих изданиях

1. Заблоцкая, Е.А. Совершенствование ДН-технологии получения удвоенных гаплоидов капусты брокколи / Н.А. Шмыкова, Д.В. Шумилина, Л.Л. Бондарева, Е.А. Заблоцкая // Селекция и семеноводство овощных культур. - 2015. - № 46. - С. 601-608.

2. Заблоцкая, Е.А. Оценка гибридов капусты брокколи, полученных на основе удвоенных гаплоидных линий, на хозяйственную полезность / Е.А. Заблоцкая, Л.Л. Бондарева, Н.А. Шмыкова, А.А. Маслова // Селекция и семеноводство овощных культур. - 2015. - № 46. - С. 254-261.

3. Заблоцкая, Е.А. Селекция капусты брокколи с использованием линий удвоенных гаплоидов / Е.А. Заблоцкая // Материалы Международной научно-практической конференции «Состояние и перспективы селекции и семеноводства капустных культур». – Москва, 2016. – С. 116.