

На правах рукописи



Буц Алексей Валерьевич

**Молекулярно-ориентированная селекция гибридов томата F₁
на основе метода Real-Time PCR**

Специальность 06.01.05 – Селекция и семеноводство
сельскохозяйственных растений

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Краснодар – 2021

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» (ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ).

Научный руководитель - доктор биологических наук,
профессор
Цаценко Людмила Владимировна

Официальные оппоненты: **Зеленцов Сергей Викторович**, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий отделом сои, ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта», член-корреспондент РАН;

Нековаль Светлана Николаевна, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией генетической коллекции томата, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений»

Ведущая организация – ФГБНУ «Федеральный научный центр риса»

Защита состоится 16 сентября 2021 г. в 11:00 на заседании диссертационного совета Д 220.038.03, созданного на базе ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», по адресу: 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13 (главный корпус, 2 этаж, ауд. 209), тел./факс (8-861) 221-58-61.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», по адресу: 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13 и на сайте <http://www.kubsau.ru>, с авторефератом – на официальных сайтах: Высшей аттестационной комиссии – <http://vak.minobrnauki.gov.ru/main> и ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» – <http://www.kubsau.ru>

Автореферат разослан 28 июля 2021 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор биологических наук, профессор



Цаценко Л. В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

За последние годы наблюдается процесс активного роста и развития защищенного грунта России. Площадь теплиц в стране за период 2014–2019 гг. выросла на $\square 1$ 300 га, и в большинстве новых культивационных сооружениях растения овощных культур выращивают в условиях искусственного досвечивания или светокультуры. По итогам 2020 г. в Российской Федерации ввод новых и модернизированных площадей зимних теплиц составил около 220 га. Таким образом, общая площадь зимних теплиц в стране достигла 3 000 га.

Актуальность исследования. Актуальной проблемой селекции томата для защищенного грунта является создание универсальных сортов и гибридов, сочетающих высокую урожайность и хорошее качество плодов с групповой устойчивостью к ряду болезней и вредителей. Процесс выведения новых сортов и гибридов в растениеводстве является творческим, наукоемким и требует длительного времени. В основном усилиями зарубежных исследователей разработано направление маркер-ориентированной селекции, которая получила широкое распространение в практике большинства селекционных центров. Испытывая те или иные приемы и методики, селекционеры отбирают для себя наиболее удобные и эффективные, позволяющие оптимизировать работу и ускорить достижение поставленных целей.

Цель и задачи исследования. Цель настоящего исследования заключалась в изучении коллекционного материала гибридов томата методом Real-Time PCR, как инструмента для усовершенствования селекционного процесса культуры томата.

Для достижения цели в работе были поставлены следующие задачи:

1. С помощью метода «ПЦР в реальном времени» провести генетический анализ коллекционных гибридов томата F_1 .
2. Провести оценку фенологических и биометрических параметров коллекционных образцов томата F_1 .
3. Разработать модель современного гибрида томата F_1 для выращивания в зимних остекленных теплицах, а также для выращивания в условиях искусственного досвечивания.
4. С помощью генетической и фенотипической оценки получить новый линейный материал и на его основе получить новые гибриды томата F_1 .
5. Провести конкурсное сортоиспытание полученных гибридов томата F_1 в остекленных теплицах с применением искусственного досвечивания и без него.

Научная новизна работы. В настоящей работе исследована коллекция гибридов томата для выращивания в остекленных теплицах с генетической устойчивостью к мучнистой росе. Разработана модель современного гибрида томата для выращивания в зимних остекленных теплицах с применением искусственного досвечивания и без него. Получен линейный материал томата, несущий в своем генотипе комплекс генов устойчивостей к основным заболеваниям, а также обладающий высокими сельскохозяйственными показателями. Соз-

даны гибриды томата с толерантностью к мучнистой росе, способные конкурировать с гибридами иностранной селекции. В ходе исследований впервые отработана методика массового выделения ДНК из растений томата. Установлено, что генетическая оценка методом ПЦР-анализа в реальном времени с использованием молекулярных маркеров, позволяет быстро и точно определить наличие и аллельное состояние генов устойчивостей у растений томата.

Теоретическая и практическая ценность работы. Использованный метод выделения ДНК из растительных клеток, а также ПЦР-анализа генотипа растений с использованием молекулярных маркеров предложен для использования на культуре томата и других овощных культурах. Полученные линии могут использоваться в качестве исходного материала в селекционном процессе томата. Маркер-ориентированную селекцию необходимо использовать для создания в короткие сроки новых гибридов и сортов томата с комплексом устойчивостей. Кроме того, полученный линейный материал с устойчивостью к мучнистой росе будет использован для создания молекулярного маркера, идентифицирующего ген устойчивости к настоящей мучнистой росе томата.

Методы исследований. В работе проводили генетический анализ растений с помощью метода Real-Time PCR (выделение растительной ДНК, ПЦР-анализ на амплификаторах LightCycler 480 II, с использованием флуоресцентных зондов). Визуальную оценку исходного материала проводили согласно «Методическим указаниям по селекции сортов и гибридов томата для открытого и защищенного грунта» (Москва, 1986) и «Методическим указаниям ВИР по изучению и поддержанию мировой коллекции овощных пасленовых культур (томат, баклажаны, перцы)» (ВИР, 1977). Искусственное заражение растений возбудителем мучнистой росы томата *Oidium lycopersici* проводили методом опрыскивания суспензией спор. Искусственное заражение и оценку растений возбудителем ВТМ проводили методом повреждения листовой пластинки и нанесением суспензии по общепринятой методике (Квасников, Игнатова и др., 1984). Конкурсное сортоиспытание проводили в зимних остекленных теплицах оборудованных лампами ДНАЗ-600, для создания благоприятного светового режима.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Молекулярная диагностика гибридов томата F_1 показала, что в современных гибридах F_1 имеются гены устойчивости к вирусу табачной мозаики, фузариозному увяданию и вертициллезу, во многих гибридах так же присутствует ген устойчивости к бурой пятнистости томата.

2. В ходе изучения коллекционных гибридов томата F_1 была разработана современная модель гибрида томата F_1 для выращивания в зимних остекленных теплицах с применением искусственного досвечивания и без него.

3. Молекулярно-генетический анализ поколения F_2 подтвердил результаты искусственного заражения растений, проведенный на гибридах F_1 . Расщепление в образцах всех генов устойчивостей, которые были диагностированы в гетерозиготном состоянии, стремилось к пропорции 1:2:1.

Личное участие соискателя в полученных результатах. Совместно с научным руководителем выбрана тема и разработана структура диссертации, проведено планирование экспериментов, подготовлены публикации. Автор самостоятельно проанализировал состояние исследуемой проблемы, выполнил эксперименты, провел статистическую обработку, анализ и обобщение экспериментальных данных, сделал аргументированные выводы.

Степень достоверности результатов исследования подтверждаются значительным объемом полученных экспериментальных данных, накопленных в результате многолетних исследований, выполненных с применением современных методов, положительными результатами апробации. Результаты работы были представлены на 6 российских и международных конференциях, среди которых: Международная научно-практическая конференция, посвященная 130-летию Н. И. Вавилова (Москва, 2017), научная конференция «Инновационные методы селекции овощных культур» (Крымск, 2017), X Всероссийская конференция молодых ученых, посвященная 120-летию И. С. Косенко (Краснодар, 2016), 73-я научно-практическая конференция преподавателей (Краснодар, 2018), IX Международная научно-практическая конференция «Молодые ученые в решении актуальных проблем науки» (Владикавказ, 2019).

Полнота изложения в работах. По материалам научной работы опубликовано 10 работ, из них 4 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, 4 тезиса научных конференций, 2 авторских свидетельства.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, описания материалов и методов, результатов исследований, заключения, списка литературы, рекомендаций производству и приложения. Материал работы изложен на 140 страницах печатного текста, включая 26 таблиц и 14 рисунков. Список цитированной литературы содержит 203 источника, в том числе 87 источников иностранной литературы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Обзор литературы

Представлен анализ отечественной и иностранной научной литературы по изучаемым вопросам. Подробно рассмотрены классификация, морфологические и биологические особенности культуры томата, селекция томата на устойчивость к патогенам, применение молекулярных маркеров.

Глава 2. Условия, исходный материал и методика проведения исследований

Исходный материал. Для исследования была собрана коллекция гибридов томата F₁ иностранной и отечественной селекции с заявленной устойчивостью к комплексу заболеваний. Особым параметром всех собранных гибридов томата F₁ было указание фирмами-оригинаторами наличия устойчивости или толерантности растений к возбудителю мучнистой росы. В качестве контролей были выбраны селекционные линии устойчивые к мучнистой росе, предоставленные лабораторией пасленовых культур ООО «НИИ Селекции Овощных Культур». Коллекция гибридов томата была представлена селекционными фирмами Enza Zaden, Seminis, Rijk Zwaan, Syngenta, Поиск и Гавриш.

Условия и методика проведения исследований. Исследования проводились в течение 2016–2020 гг. на базе тепличного комбината «СЦ Гавриш» в Крымском районе. Тепличный комбинат, включает 5,5 га современных полностью автоматизированных теплиц типа «Venlo», оборудованных капельным поливом, системой вентиляции, датчиками температуры и влажности воздуха, лампами ДНАЗ-600, для создания благоприятного светового режима (светокультура). Уровень облучения 9,5–15 тыс. люкс, продолжительность облучения 15 ч в сутки. В качестве грунта используется кокосовый субстрат фирмы Bio Grow.

В остекленной отапливаемой теплице проводили исследования коллекции гибридов F₁, с устойчивостью к мучнистой росе, конкурсное сортоиспытание перспективных селекционных комбинаций, полученных в ходе исследований. Исследования и ботанико-морфологическое описание выполнили согласно «Методическим указаниям по селекции сортов и гибридов томата для открытого и защищенного грунта» (Москва, 1986) и «Методическим указаниям ВИР по изучению и поддержанию мировой коллекции овощных пасленовых культур (томат, баклажаны, перцы)» (ВИР, 1977). Фенологические и биометрические наблюдения, в частности наблюдения за ростом и развитием растений, выполняли систематически, с необходимой точностью по методике государственного сортоиспытания (1983 г.). Искусственное заражение гибридов томата мучнистой росой (*O. lycopersici*) проводили в пленочной теплице в летне-осеннем обороте. Растения заражали методом опрыскивания суспензией спор *Oidium lycopersici* из ручного пульверизатора. Оценивали материал по шкале поражения от 1 до 4 баллов (Емелина, Горшкова, Игнатова, Терешонкова, 2010). Искусственное заражение и оценку растений возбудителем ВТМ проводили мето-

дом повреждения листовой пластинки и нанесением суспензии по общепринятой методике (Квасников, Игнатова и др., 1984).

Исследование генотипов растений в лаборатории молекулярной диагностики растений. Сбор растительного материала проводился в разные вегетационные фазы развития растений. Для сбора растительных проб использовали конусовидные пробирки объемом 1,5 мл (SSI-1200-00). Выделение растительной ДНК производили в лаборатории молекулярной диагностики растений по методике предложенной Murray and Thompson (1980), доработанной Bernatzky and Tanksley (1986). Для выделения растительной ДНК использовали химические растворы: LiCl; SiO₂; NaI; растворы спирта, раствор хлороформа и Изоамилового спирта (с = 24 : 1).

Аmplификация и анализ кривых плавления проводили на приборе LightCycler 480 II, фирмы Roche. В ходе исследования применяли маркерные системы, разработанные селекционно-семеноводческой фирмой «Гавриш». Условия проведения реакции: денатурация 95 °С в течение 10 мин; амплификация (95 °С –10 с; 62 °С –15 с; 72 °С –5 с) в течение 50 циклов; плавление 95 °С –1 мин; 42 °С –1 мин, далее повышение температуры до 95 °С со снятием флуоресценции каждые 0,01 градуса. Результатом эксперимента было получение графика кривой плавления. Для исследования растений томата использовали маркеры для идентификации генов устойчивости к вирусу табачной мозаики (Tm2²), фузариозному увяданию (F²), вертициллезному увяданию (Ve), кладоспориозу (Cf-9), нематодe (Mi1.2), вирусу бронзовости томата (Sw-5), вирусу желтой курчавости листьев томата (Tu-3a).

Глава 3. Результаты исследований

3.1 Исследование коллекции гибридов томата F₁

В результате фенологических наблюдений, которые проводили ежедневно согласно методическим указаниям, были изучены следующие фенологические показатели коллекции гибридов томата F₁: начало цветения, начало созревания и начало сбора зрелых плодов. Все полученные данные выражены в количестве дней от посева семян до каждой фазы вегетации, обработаны и указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Фенологические наблюдения за гибридами томата F₁ (Остекленная отапливаемая теплица ООО «НИИСОК», г. Крымск), 2016 г.

Гибрид, F ₁	Фирма-оригинатор	До начала цветения, дн	До начала созревания, дн	До начала сбора зрелых плодов, дн
1	2	3	4	5
F ₁ Ladoga	Rijk Zwaan	51	104	109
F ₁ Manar	AXIA	51	104	109
F ₁ Forenza	Enza Zaden	53	105	111
F ₁ E15B40	Enza Zaden	50	105	110
F ₁ Prunus	Seminis	53	105	110
F ₁ Таумур	Rijk Zwaan	51	106	113

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
F ₁ Managua	Rijk Zwaan	52	107	113
F ₁ Fizuma	Enza Zaden	51	108	111
F ₁ Океан	Поиск	50	108	113
F ₁ Коралловый	Поиск	52	108	114
F ₁ DR2379	Seminis	50	109	113
F ₁ Emrero	Syngenta	51	109	115
F ₁ Foronti	Seminis	52	112	119
№ 144/14	Линия (контроль)	53	113	119
№ 175/14	Линия (контроль)	59	113	119
F ₁ Т-34	Гавриш	58	113	119

Из результатов, представленных в таблице 5, видно, что в среднем у гибридов томата от посева до отдачи первого урожая прошло 113 дн, с более ранней отдачей урожая отмечены гибриды F₁ Ladoga, F₁ Manar – на 109-й день уже были отмечены полностью зрелые плоды; также были отмечены гибриды с более поздней отдачей урожая F₁ Foronti – только на 119-й день плоды томата созрели.

После начала сбора зрелых плодов гибридов томата проводили учет урожая согласно методическим указаниям для световой зоны выращивания каждые 8-9 дней. Данные полученные в результате учета урожая указаны в таблице 2.

Таблица 2 – Урожайность гибридов томата F₁ (Остекленная отапливаемая теплица ООО «НИИСОК», г. Крымск), 2016 г.

Гибрид, F ₁	Фирма оригинатор	Средняя масса плода, г	Выход стандартной продукции, %	Урожайность, кг/м ²
F ₁ Ladoga	Rijk Zwaan	200	83,5	13,29
F ₁ Таумур	Rijk Zwaan	230	91,0	13,13
F ₁ Fizuma	Enza Zaden	171	81,2	11,27
F ₁ E15B40	Enza Zaden	235	85,7	11,17
F ₁ Океан	Поиск	169	83,8	11,17
F ₁ Managua	Rijk Zwaan	161	76,3	11,15
F ₁ DR2379	Seminis	213	89,4	10,98
F ₁ Manar	AXIA	142	83,6	10,80
F ₁ Forenza	Enza Zaden	200	81,1	10,61
F ₁ Коралловый риф	Поиск	181	84,8	10,57
F ₁ Foronti	Seminis	220	88,2	10,49
F ₁ Prunus	Seminis	96	84,8	9,50
F ₁ Emrero	Syngenta	183	88,7	9,11
F ₁ Т-34	Гавриш	98	85,6	7,2
№ 144/14	Линия (контроль)	199	85,5	7,11
№ 175/14	Линия (контроль)	121	70,1	6,84
НСР ₀₅				0,8

По результатам учета урожайности гибридов томата наибольшую урожайность с м² показал гибрид F₁ Ladoga фирмы Rijk Zwaan, другой гибрид этой фирмы F₁ Таумур показал результат урожайности чуть меньше, но при этом

выход стандартной продукции и средняя масса плода у него выше. Наибольшая средняя масса плода отмечена у гибрида F₁ E15B40 – 235 г. Обе контрольные линии показали урожайность меньше чем у гибридов, что в свою очередь доказывает преимущество гетерозисных гибридов над сортами томата.

Результаты исследования генотипов коллекции гибридов томата F₁

Молекулярную диагностику гибридов томата проводили по 8 генам устойчивости к различным патогенам: вирус табачной мозаики (*Tm2²*), вертициллезное увядание (*Ve*), фузариозное увядание (*I²*; *I³*), бурая пятнистость (*Cf-9*), нематода (*Mi 1.2*), вирус желтого скручивания листьев томата (*Ty-3a*), вирус бронзовости томата (*Sw-5*). В результате исследования во всех образцах отсутствовали гены устойчивости *Ty-3a*, *Sw-5* и *I³*, результаты состояния генов устойчивости по другим генам устойчивости приведены в таблице 8. Условные обозначения, указанные в таблице: *R* – наличие гена устойчивости в гомозиготном состоянии; *H* – наличие гена устойчивости в гетерозиготном состоянии; *S* – отсутствие гена устойчивости.

Таблица 3 – Аллельное состояние генов устойчивости у гибридов томата F₁ (лаборатория молекулярной диагностики ООО «НИИСОК», г. Крымск), 2016 г.

Гибрид, F ₁	Фирма оригинатор	Tm2.2	Ve	I ²	Mi1.2	Cf-9
№ 144/14	Линия (контроль)	S	S	R	R	S
№ 175/14	Линия (контроль)	R	R	R	S	S
F ₁ Таймыр	Rijk Zwaan	R	S	R	S	H
F ₁ Managua	Rijk Zwaan	R	R	R	S	H
F ₁ Ladoga	Rijk Zwaan	R	H	R	S	H
F ₁ Forenza	Enza Zaden	H	H	R	H	H
F ₁ Fizuma	Enza Zaden	H	H	R	S	R
F ₁ Foronti	Seminis	R	H	R	S	R
F ₁ E15B40	Enza Zaden	H	H	R	S	H
F ₁ DR2379	Seminis	H	H	R	S	R
F ₁ Emrero	Syngenta	R	R	R	S	H
F ₁ Океан	Поиск	H	H	R	S	S
F ₁ Кораловый риф	Поиск	H	H	R	S	R
F ₁ Manar	AXIA	H	H	H	S	R
F ₁ T-34	Гавриш	R	R	R	R	S
F ₁ Prunus	Seminis	R	H	H	S	S

На основании данных, представленных в таблице 3 можно сделать вывод, во всех гибридах имеются гены устойчивости к вирусу табачной мозаики, фузариозному увяданию и вертициллезу, многие гибриды так же имеют ген устойчивости к кладоспориозу. Стоит отметить, что фирмы-оригинаторы, скрещивая родительские формы, стремятся получить гетерозиготное состояние генов устойчивости. Предположительно это делается для уменьшения различных плейотропных эффектов, которые могут отражаться на фенотипе растения. Так

же замечено, что гибрид F₁ Океан не имеет ген устойчивости к кладоспориозу, хотя фирма-оригинатор заявляет, что гибрид устойчив к этому патогену. В остальных случаях результаты генетического анализа подтвердили заявленное описание устойчивостей гибридов.

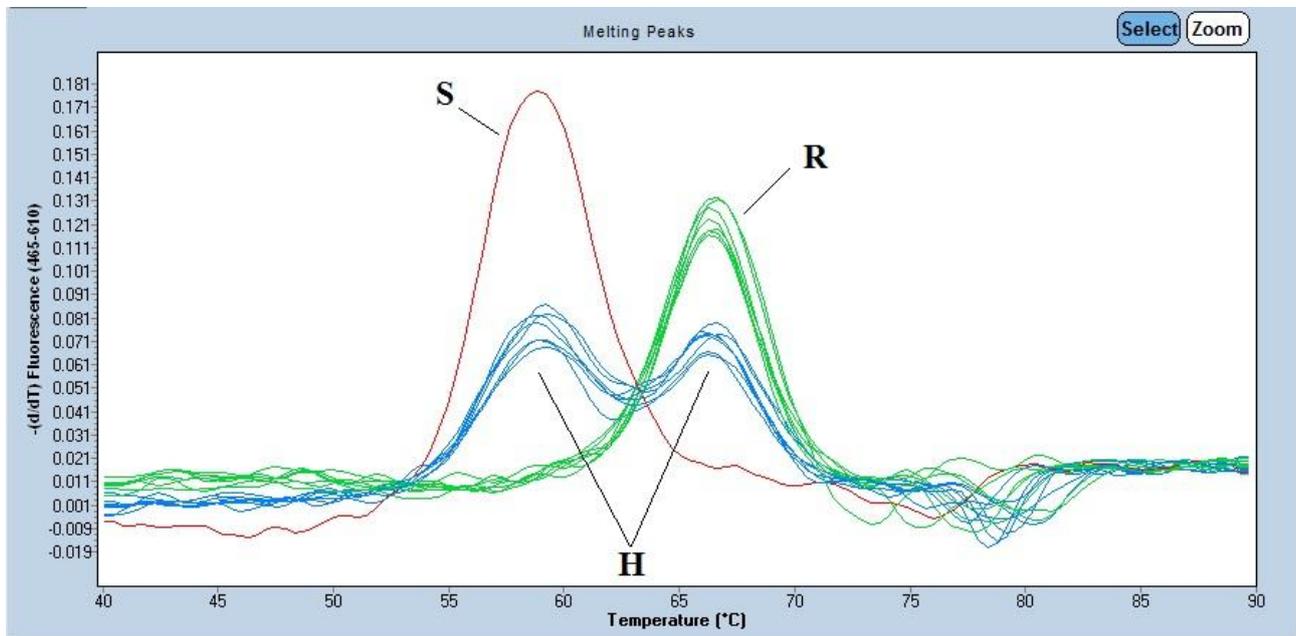


Рисунок 1 – График кривых плавления, полученный в результате генетического анализа на наличие гена устойчивости к ВТМ у растений F₁ с использованием гибридных зондов Real-time PCR: *R* – наличие гена устойчивости в гомозиготном состоянии; *H* – наличие гена устойчивости в гетерозиготном состоянии; *S* – отсутствие гена устойчивости

Результаты исследования коллекции гибридов томата F₁ на устойчивость к мучнистой росе методом искусственного заражения

Исследование коллекции гибридов томата F₁ на устойчивость к мучнистой росе проводили в пленочной отапливаемой теплице. Растения заражали методом опрыскивания суспензией спор *Oidium lycopersici*. Растения были протестированы по шкале поражения (1–4 баллов) (Емелинаиа М. Н., Горшкова И. С, Игнатова С. И., Терешонкова Т. А., 2010). Оценку проводили спустя 18 дн после инокуляции. Растения оценивали следующим образом: 1 балл – нет видимого спороношения (здоровые растения); 2 балла – очень малое количество пятен, (споруляция приостановлена); 3 балла – умеренное количество пятен (умеренная споруляция); 4 балла – очень большое число пятен (сильное спороношение).

Растения, получившие балл 0 или 1 были рассмотрены как устойчивые и растения, получившие балл 2 или 3, восприимчивы. (Moretti A., Caranta C., 2000).

Искусственное заражение провели успешно, на что указали контрольные линии, посаженные между испытуемыми гибридами томата. Неустойчивая кон-

контрольная линия № 175/14 набрала максимальный бал поражения, устойчивая контрольная линия № 144/14 набрала минимальный балл. Все испытуемые гибриды томата F₁ разделились на 2 основных группы: у первой группы, получившей оценку 1 балл (гибриды F₁ Т-34, F₁ Prunus, F₁ Foronti, F₁ E15B40, F₁ DR2379), линия № 144/14), за весь период наблюдений на листьях отмечали образование только некрозных точек; у второй группы, получившей оценку 2 балла (гибриды: F₁ Таумур, F₁ Коралловый риф, F₁ Managua, F₁ Ladoga, F₁ Forenza, F₁ Fizuma), кроме некрозных точек, также отмечали редкие пятна белого спороношения, которые переходили в некрозные пятна. Два гибрида томата F₁ Океан и F₁ Manag получили оценку 3 балла, на листьях растений постоянно отмечали белое спороношение, которое занимало более 20–30 % листовой поверхности.

3.2 Апробация молекулярного маркера гена устойчивости к вирусу табачной мозаики у культуры томата

Для проверки достоверности данных, полученных при генетическом анализе, был заложен опыт с искусственным заражением растений томата вирусом табачной мозаики (*Tomato mosaic tobamovirus*).

Искусственное заражение растений проводили в рассадном отделении свежеприготовленным инокулюмом. Растения заражали методом повреждения листовой пластинки и нанесением суспензии. Оценка устойчивости образцов томата к ВТМ проводили на искусственном инфекционном фоне по общепринятой методике (Квасников, Игнатова и др., 1984)

В опыте исследовали 8 гибридов томата F₁ и 2 линии, используемые в качестве контроля. По результатам генетического анализа с применением маркера гена устойчивости к ВТМ было выявлено, что все гибриды и одна контрольная линия № 175/14 имеют в своем генотипе ген устойчивости, также анализ точно показал аллельное состояние гена. Отсутствие гена устойчивости в контрольной линии № 144/14 было подтверждено. Все результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты генетической и визуальной оценки гибридов томата F₁ (ООО «НИИСОК», г. Крымск), 2016 г.

Гибрид, F ₁	Фирма оригинатор	Результат генетического анализа	Результат искусственного заражения
№ 144/14	Линия (контроль)	S	Неустойчив
№ 175/14	Линия (контроль)	R	Устойчив
F1 Таумур	Rijk Zwaan	R	Устойчив
F1 Managua	Rijk Zwaan	R	Устойчив
F1 Forenza	Enza Zaden	H	Устойчив
F1 Fizuma	Enza Zaden	H	Устойчив
F1 Foronti	Seminis	R	Устойчив
F1 E15B40	Enza Zaden	H	Устойчив
F1 DR2379	Seminis	H	Устойчив
F1 Emrero	Syngenta	R	Устойчив

Анализируя результаты, полученные в ходе исследования коллекционных гибридов томата F₁, были отобраны 3 гибрида с гетерозиготным состоянием гена устойчивости: F₁ Fizuma (Enza Zaden), F₁ E15B40 (Enza Zaden), F₁ DR2379 (Seminis), 2 гибрида – в гомозиготном состоянии: F₁ Taumyr (Rijk Zwaan), F₁ Foronti (Seminis) и 2 контрольных линии. С индивидуально отобранных растений были получены семена второго поколения.

Потомство гибридов первого поколения, у которых было диагностировано гомозиготное состояние гена устойчивости к вирусу табачной мозаики, были посеяны с расчетом 50 растений к высадке; образцы с гетерозиготным состоянием гена устойчивости – по 100 растений.

Диагностика растений второго поколения была проведена в стадии семядолей (14 дней после посева). Результаты ПЦР-анализа второго поколения гибридов томата показали, что потомство гибридов F₁ Fizuma, F₁ E15B40, F₁ DR2379 разделилось на устойчивые гомозиготы, неустойчивые гомозиготы и гетерозиготы, что доказало точность первичного результата анализа на стадии F₁. Результаты других взятых образцов были однородные.

Таблица 5 – Результаты исследования генотипа гибридов томата поколения F₂ (ООО «НИИСОК», г. Крымск), 2017 г.

Название генотипа	Фирма-оригинатор	Результат генетического анализа, растений			
		R	H	S	Всего растений
№ 144/14	Линия (контроль)	0	0	50	50
№ 175/14	Линия (контроль)	50	0	0	50
F ₂ Таумыр	Rijk Zwaan	50	0	0	50
F ₂ Fizuma	Enza Zaden	27	48	21	100
F ₂ Foronti	Seminis	50	0	0	50
F ₂ E15B40	Enza Zaden	26	54	24	100
F ₂ DR2379	Seminis	26	48	28	100

Установлено, что наследование гена устойчивости к вирусу табачной мозаики у растений второго поколения у каждого исследуемого образца стремилось к пропорции 1:2:1, основываясь законами Г. Менделя, подтверждено, что состояние гена устойчивости в гибридах первого поколения было гетерозиготным. Гомозиготное состояние гена было унаследовано растениями второго поколения в том же состоянии, что и у родительских форм.

После искусственного заражения всех растений в рассадном отделении, была проведена визуальная оценка в теплице. Результаты оценки представлены в таблице 6.

Из таблицы 6 видно, что в потомстве неустойчивой линии поразились все растения, в то время как, растения устойчивой линии и гибридов F₂ Таумыр, F₂ Foronti не поразились патогеном. В свою очередь на делянках с растениями F₂ Fizuma, F₂ E15B40, F₂ DR2379 было отмечено, что отношение числа устойчивых растений к числу неустойчивых стремится к пропорции 3:1, что характерно для наследования доминантного гена у поколения F₂.

Таблица 6 – Визуальная оценка искусственного заражения растений томата второго поколения (ООО «НИИСОК», г. Крымск), 2017 г.

Гибрид, F ₁	Фирма оригинатор	Результат визуальной оценки, растений		
		устойчивые	неустойчивые	всего
№ 144/14	Линия (контроль)	0	50	50
№ 175/14	Линия (контроль)	50	0	50
F ₂ Таумур	Rijk Zwaan	50	0	50
F ₂ Fizuma	Enza Zaden	79	21	100
F ₂ Foronti	Seminis	50	0	50
F ₂ E15B40	Enza Zaden	76	24	100
F ₂ DR2379	Seminis	72	28	100

Анализируя полученные данные, сделан вывод, что результаты искусственного заражения подтвердили результаты, полученные при ПЦР-анализе. При этом с помощью генетического исследования можно быстро и точно определить аллельное состояние гена в растении, что является невозможным при традиционном искусственном заражении, так как между растениями с гетерозиготным и гомозиготным состоянием гена визуальных отличий найдено не было. Созданный маркер и методику ПЦР-анализа можно рекомендовать для широкого применения в селекционном процессе культуры томата.

3.3 Модель современного гибрида томата F₁ для выращивания в зимних остекленных теплицах

В ходе изучения коллекционных гибридов томата F₁ было установлено, что современная модель гибрида томата F₁ для выращивания в зимних остекленных теплицах должна обладать следующими признаками: полувегетативный тип роста со сближенными междоузлиями, раннего и среднего срока созревания, простой тип соцветия с 4–5 плодами, если плоды средней массой больше 200 г; с 6–7 плодами массой до 180 г для сбора кистями. Необходима высокая прочность плодов с отсутствием концентрического и радиального растрескивания, подходящих для транспортировок на дальние расстояния. В генотипе современной модели гибрида кроме устойчивости к мучнистой росе томата (*Oidium lycopersici*) необходимо наличие комплекса генов устойчивостей к таким заболеваниям, как вирус табачной мозаики (*Tomato mosaic tobamovirus*), фузариозное увядание томата (*Fusarium oxysporum*), вертициллезное увядание томата (*Verticillium albo-atrum*), бурая пятнистость томата (*Cladosporium fulvum*). Также желательно наличие гена устойчивости к вирусу желтой курчавости листьев томата (*Tomato yellow leaf curl virus*) и галловой нематоды (*Meloidogyne incognita*).

3.4 Результаты исследования растений второго поколения, полученных из коллекционного материала

Изучение поколения F₂ с помощью молекулярно-генетического анализа

Проанализировав данные полученные при учете фенологических и биометрических показателей, а также полученных данных из лаборатории молекулярной диагностики растений и искусственного заражения растений, для дальнейшей работы были отобраны генотипы F₁ Taymyr (Rijk Zwaan), F₁ Managua (Rijk Zwaan), F₁ Ladoga (Rijk Zwaan), F₁ Foronti (Seminis), F₁ Коралловый риф (Поиск).

Был проведен общий сбор плодов с испытываемых делянок и заготовлены семена для исследования поколения F₂. В рассадном отделении было посеяно по 300 семян образцов F₂ Ladoga и F₂ Коралловый риф, так как у них было диагностировано по 2 интересующих гена устойчивости в гетерозиготном состоянии; по 200 семян F₂ Таумур, F₂ Managua, F₂ Foronti – образцы с 1 интересующим геном устойчивости в гетерозиготном состоянии. Посеянный материал отличался неравномерной всхожестью семян: F₂ Таумур и F₂ Managua – 96 %, F₂ Ladoga – 93 %, F₂ Foronti – 90 %, F₂ Коралловый риф – 88 %.

С каждого взошедшего сеянца на стадии семядольных листьев был отобран растительный материал для ПЦР-анализа, при этом каждое растение было пронумеровано для последующей отбраковки.

Таблица 7 – Результаты молекулярно-генетического анализа поколения F₂ изучаемых образцов томата (лаборатория молекулярной диагностики растений ООО «НИИСОК» г. Крымск), 2017 г.

Ген	Аллельное состояние	Образец F ₂				
		Таумур	Ladoga	Managua	Foronti	Коралловый риф
Tm ²	H, %	0,0	0,0	0,0	0,0	49,2
	R, %	100,0	100,0	100,0	100,0	23,5
	S, %	0,0	0,0	0,0	0,0	27,3
Ve	H, %	0,0	47,1	0,0	48,9	51,9
	R, %	0,0	25,8	100,0	28,9	25,8
	S, %	100,0	27,1	0,0	22,2	22,3
Cf-9	H, %	52,6	53,4	43,2	0,0	0,0
	R, %	25,0	26,9	29,1	100,0	100,0
	S, %	22,4	19,7	27,7	0,0	0,0
I ²	H, %	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	R, %	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	S, %	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Молекулярно-генетический анализ поколения F₂ подтвердил результаты анализов, проведенных на гибридах F₁. Расщепление в образцах всех генов устойчивостей, которые были диагностированы в гетерозиготном состоянии, стремилось к пропорции 1:2:1.

После анализа полученных данных для дальнейшего исследования были отобраны растения с гомозиготным состоянием интересующего гена устойчивости. Таким образом для высадки в теплицу было отобрано 48 растений образца F₂ Таумуг, 56 растений – F₂ Managua, 52 растения – F₂ Foronti, 56 растений – F₂ Ladoga, 51 растение – F₂ Коралловый риф.

*Изучение поколения F₂ на устойчивость к мучнистой росе
методом искусственного заражения*

Исследование растений поколения F₂ проводили по методике, которую применяли во время исследования коллекции гибридов томата F₁ на устойчивость к мучнистой росе, опыт заложили в пленочной отапливаемой теплице. Растения заражали методом опрыскивания суспензией спор *Oidium lycopersici*. Растения были протестированы по шкале поражения (1–4 баллов).

Таблица 8 – Исследование растений поколения F₂ на устойчивость к мучнистой росе (пленочная теплица ООО «НИИСОК»), 2018 г.

Название	Всего высажено растений	Пораженных растений			Количество отобранных растений
		1 балл	2 балла	3–4 балла	
F ₂ Таумуг	48	0	16	32	7
F ₂ Коралловый риф	51	0	15	36	8
F ₂ Managua	56	0	18	38	11
F ₂ Ladoga	56	0	16	40	9
F ₂ Foronti	52	45	0	7	23
ОБЩЕЕ	263	45	65	153	58

По результатам искусственного заражения было сделано 58 отборов растений, которые показали визуальную устойчивость к заражению мучнистой росой, а также обладали хозяйственно-ценными признаками.

Было отмечено, что потомство гибрида F₁ Foronti (Seminis) имеет устойчивость к мучнистой росе отличную от других образцов. На устойчивых растениях этого генотипа отмечались лишь редко встречаемые некрозные пятна, в то время как на устойчивых растениях других генотипов, отмечались единичные белые пятна, которые быстро переходили в некроз. Исходя из того, что в поколении F₂ было больше устойчивых растений, автором было предположено, что ген устойчивости к мучнистой росе у гибрида F₁ Foronti (Seminis) доминантный.

После получения семян, каждый отбор был посеян в количестве 40 шт., для определения состояния гена устойчивости к мучнистой росе. В результате было выделено и рекомендовано для гибридизации 4 отбора F₂ Таумуг, 3 отбора F₂ Коралловый риф, 6 отборов F₂ Managua, 4 отбора F₂ Ladoga и 6 отборов F₂ Foronti. Полученные образцы являются ценным исходным материалом при создании гибридов томата для выращивания в остекленных теплицах Российской Федерации.

3.5 Создание новых перспективных комбинаций

Для создания новых перспективных комбинаций была разработана гибридная сетка, которая включала полученные ранее новые линии, обладающие комплексом генов устойчивостей к патогенам. Всего было создано 253 селекционные комбинации, которые были высажены на участке первичного сортоиспытания, для визуальной оценки хозяйственно-ценных признаков. Для направления крупноплодного гибрида томата было выделено 11 селекционных комбинаций, для кистевого гибрида – 7 комбинаций.

3.6 Конкурсное сортоиспытание выделившихся селекционных комбинаций в остекленной теплице

Конкурсное сортоиспытание проводили в зимней остекленной теплице на базе ООО «НИИСОК» г. Крымск в 2019 г. Стандартом для крупноплодных гибридов томата были взяты гибриды F₁ Forenza (Enza Zaden), F₁ Foronti (Seminis); для кистевых гибридов – F₁ Manar (AXIA).

Таблица 9 – Урожайность крупноплодных гибридов томата F₁ (Остекленная отапливаемая теплица ООО «НИИСОК», г. Крымск), 2019 г.

Гибрид, F ₁	Материнская линия	Отцовская линия	Средняя масса плода, г	Выход стандартной продукции, %	Общая урожайность, кг/м ²
St F₁ Forenza	Enza Zaden		198	90,8	24,53
St F₁ Foronti	Seminis		235	93,6	23,13
К-398/16	Фора-15	Балу-133	228	91,8	26,52
К-1352/17	Marta 6381	Тайм-32	213	92,4	24,84
К-407/16	Фора-15	Гайяна-51	187	90,2	23,66
К-387/16	БОИНГ-11	Фора-331	245	93,4	23,39
К-49/17	Marta 411	Фора-321	230	94,9	23,30
К-2051/16	Фора-31	Marta 331	210	90,9	23,06
К-431/16	Фора-165	Балу-1211	216	90,2	21,98
К-1264/17	Тайм-112	Фора-15	229	93,2	21,75
К-2248/16	Marta 72	Фора-162	198	94,1	21,38
К-1991/16	Фора-32	Тор 313	225	92,9	20,55
К-2262/16	Marta 71	Фора-141	216	93,8	20,23

Анализируя данные, представленные в таблице 9, была выделена комбинация 398/16, которая дала наибольший урожай с 1 м² – 26,52 кг. Также была выделена комбинация 387/16, у которой отмечен самый высокий показатель средней массы плода – 245 г. Отмечен факт, что выход стандартной продукции у всех селекционных комбинаций был выше 90 %.

Таблица 10 – Урожайность кистевых гибридов томата F₁ (Остекленная отапливаемая теплица ООО «НИИСОК», г. Крымск), 2019 г.

Гибрид, F ₁	Материнская линия	Отцовская линия	Средняя масса плода, г	Выход стандартной продукции, %	Общая урожайность, кг/м ²
St F₁ Manar	AXIA		139	83,1	24,24
К-235/18	Cometa-1	Фора-2711	129	83,4	28,29
К-2411/16	Мерелис-131	Тайм-21111	143	81,4	25,28
К-660/18	Lada-7	Фора-233-51	142	86,8	24,74
К-1419/17	Мерелис-2111	DIAM-122	115	88,4	23,41
К-1407/17	Lada-911	Кора-1121111	140	89,2	23,31
К-235/17	Фора-23	MERELI-41	135	82,3	23,08
К-255/17	Кора-264111	Мерелис-321	129	81,3	23,06

По результатам учета урожайности лучший показатель был у комбинации 235/18 – 28,29 кг/м². Комбинации 2411/16 и 660/18 имели показатель урожайности выше стандарта, при этом средняя масса плода у этих комбинаций была выше стандарта. Выход стандартной продукции у селекционных комбинаций был на уровне стандарта.

3.7 Конкурсное сортоиспытание выделившихся селекционных комбинаций в условиях искусственного досвечивания (светокультуры)

В результате фенологических наблюдений было исследовано влияние искусственного досвечивания на сроки цветения и созревания, биометрические показатели и урожайность гибридов томата F₁. Установлено, что некоторые гибриды более отзывчивы к интенсивному свету, другие, менее отзывчивы и в свою очередь, не способны усваивать дополнительное искусственное освещение для преобразования его в прирост к урожайности.

Скороспелость является одним из важных сельскохозяйственных признаков для аграриев. Первым признаком, который изучали было влияние искусственного досвечивания на вегетационный период у растений томата. Наблюдения за цветением и созреванием плодов проводили каждый день. Анализируя полученные данные, был сделан вывод, что искусственный свет благоприятно влияет вегетацию растений всех исследуемых гибридов томата F₁.

В таблице 11 представлены результаты исследования крупноплодных гибридов F₁. Наиболее отзывчивым оказался гибрид F₁ К-1991/16, который под влиянием искусственного освещения начал цвести на 10 дней раньше, а созревать – на 23 дня, чем при естественном освещении. В теплице с искусственным досвечиванием гибриды К-2262/16, К-49/17, К-431/16 зацвели на 11 и 9 суток раньше, чем в остекленной теплице без искусственного досвечивания. Образцы К-398/16, К-407/16, К-2262/16 созревали на 22 дня раньше, такая же разница отмечена у стандарта F₁ Foronti (Seminis).

Таблица 11 – Влияние искусственного досвечивания на сроки цветения и созревания крупноплодных гибридов томата F₁, (ООО «НИИСОК», г. Крымск) 2019 г.

Гибрид, F ₁	Количество дней от посева							
	до начала цветения 1 соцветия				до начала созревания плодов			
	без света	со светом	разница, дн	% к St	без света	со светом	разница, дн	% к St
St F₁ Foronti	56	49	7	100	121	99	22	10
К-1991/16	57	47	10	143	117	94	23	10
К-398/16	53	46	7	100	116	94	22	10
К-407/16	53	47	6	86	116	94	22	10
К-2262/16	60	49	11	157	121	99	22	10
К-49/17	57	48	9	129	119	98	21	95
К-387/16	57	50	7	100	121	101	20	90
К-431/16	55	46	9	129	115	95	20	90
К-2248/16	55	47	8	114	116	96	20	90
К-1380/17	54	47	7	100	117	98	19	86
К-2051/16	56	49	7	100	117	99	18	82
К-1264/17	54	47	7	100	116	98	18	82
К-1352/17	55	48	7	100	117	100	17	77

Среднеплодные гибриды томата F₁, также положительно отзываются на применение искусственного досвечивания и при этом наблюдали ускорение вегетационного развития растений. Среди образцов данной группы выделили гибрид F₁ к-660/18, цветение которого под влиянием искусственного досвечивания началось на 9 дней раньше, а плоды начали созревать на 21 день раньше. Все полученные данные представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Влияние искусственного досвечивания на сроки цветения и созревания среднеплодных гибридов томата F₁, (ООО «НИИСОК», г. Крымск) 2019 г.

Гибрид, F ₁	Количество дней от посева до							
	начала цветения 1 соцветия				начала созревания плодов 1 соцветия			
	без света	со светом	разница, дн	% к St	без света	со светом	разница, дн	% к St
St F₁ Manar	54	47	7	100	112	93	19	100
К-660/18	57	48	9	129	115	94	21	111
К-1407/17	53	47	6	86	112	94	18	95
К-235/18	54	46	8	114	111	93	18	95
К-1419/17	54	48	6	86	112	94	18	95
К-2411/16	55	49	6	86	113	96	17	90
К-235/17	58	48	10	143	114	97	17	90
К-255/17	56	48	8	114	112	97	15	79

Основным сельскохозяйственно-важным показателем гибрида томата F₁ является его потенциальная урожайность, поэтому изучению влияния искусственного досвечивания на этот показатель уделяли особое внимание.

В таблице 13 представлены данные по учету урожайности крупноплодных гибридов. В условиях искусственного досвечивания у всех гибридов F₁, кроме К-387/16, наблюдалось уменьшение средней массы плода. Средняя масса К-387/16 была стабильной в разных условиях освещения.

Стандартность плодов гибридов F₁ К-2262/16, К-2248/16, К-431/16, К-407/16, К-2051/16 в условиях искусственного досвечивания возросла, у остальных гибридов данный показатель находился в пределах ошибки опыта.

Таблица 13 – Влияние искусственного досвечивания на урожайность крупноплодных гибридов томата F₁, (ООО «НИИСОК», г. Крымск) 2019 г.

Гибрид, F ₁	Средняя масса плода, г			Стандартность плодов, %			Урожайность, кг/м ²			
	без света	со светом	разница	без света	со светом	разница	без света	со светом	разница	% к St
St F₁ Foronti	307	249	-58	98,9	97,0	-1,9	2,61	4,5	+1,9	100
К-387/16	274	281	7	99,5	100,0	0,5	2,84	5,9	+3,1	163
К-1380/17	307	230	-77	96,6	97,2	0,6	3,61	6,5	+2,9	152
К-2262/16	268	221	-47	94,4	100,0	5,6	3,00	4,6	+1,6	84
К-49/17	292	237	-55	95,2	97,9	2,7	3,29	4,8	+1,5	79
К-1991/16	304	237	-67	96,8	97,9	1,1	4,37	5,5	+1,1	58
К-1352/17	280	209	-71	97,2	97,7	0,5	4,51	5,2	+0,7	37
К-2248/16	246	218	-28	96,0	100,0	4,0	4,44	4,6	+0,2	11
К-1264/17	316	252	-64	96,9	99,0	2,1	4,94	5,0	+0,1	5
К-398/16	278	234	-44	96,3	94,4	-1,9	4,87	4,7	-0,2	0
К-431/16	265	233	-32	93,5	98,1	4,6	4,90	3,7	-1,2	0
К-407/16	227	205	-22	93,5	96,7	3,2	5,20	3,9	-1,3	0
К-2051/16	235	213	-22	90,6	94,2	3,6	6,07	4,3	-1,8	0
НСР ₀₅			11,8			2,75			1,5	

Прирост урожайности гибридов F₁ под действием искусственного досвечивания отметили у четырех исследуемых крупноплодных гибридов и стандарта. Наибольший прирост урожайности у образцов К-387/16, К-1380/17 и составляет +3,1 кг/м² и +2,9 кг/м² соответственно. Урожайность образца К-2051/16 стала ниже, чем без искусственного досвечивания, что свидетельствует о нецелесообразности выращивания данного гибрида в теплицах с искусственным досвечиванием. У остальных гибридов изменения показателя урожайности находились в пределах ошибки опыта.

Таблица 14 – Влияние искусственного досвечивания на урожайность среднеплодных гибридов томата F₁, (ООО «НИИСОК», г. Крымск) 2019 г.

Гибрид, F ₁	Средняя масса плода, г			Стандартность плодов, %			Урожайность, кг/м ²			
	без света	со светом	разница	без света	со светом	разница	без света	со светом	разница	% к St
St F₁ Manar	148	150	2	86,7	90,9	4,2	5,49	5,7	+0,2	100
К-660/18	162	152	-10	87,3	77,1	-10,2	4,89	6,6	+1,7	850
К-2411/16	156	139	-17	85,1	80,4	-4,7	5,07	6,1	+1,0	500
К-235/17	141	147	6	85,9	83,3	-2,6	4,47	5,0	+0,5	250
К-255/17	132	133	1	82,4	81,9	-0,5	4,96	5,5	+0,5	250
К-1407/17	151	143	-8	91,8	88,4	-3,4	4,57	5,0	+0,4	200
К-1419/17	120	125	5	86,4	74,5	-11,9	5,13	5,5	+0,4	200
К-235/18	138	117	-21	84,3	82,2	-2,1	6,51	6,0	-0,5	0
НСР ₀₅			4,1			3,1			0,7	

Анализируя результаты учета урожайности среднеплодных гибридов, представленные в таблице 14, отмечено, что средняя масса плода в условиях искусственного досвечивания изменялась незначительно как в положительную, так и в отрицательную сторону. Максимальное изменение средней массы плода 21 г наблюдали у гибрида F₁ К-235/18.

Стандартность плодов только у стандарта F₁ Manar незначительно увеличилась, стандартность плодов гибридов F₁ К-660/18, К-1419/17 стала на 10,2 % и 11,9 % меньше, а стандартность плодов остальных образцов варьировала в пределах НСР₀₅.

Урожайность практически всех исследуемых среднеплодных гибридов находилась в пределах ошибки опыта, только урожайность гибридов F₁ К-660/18 и К-2411/16 оказалась достоверно больше в условиях искусственного досвечивания, чем без него.

По результатам конкурсного испытания было решено передать в «Государственную комиссию Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений» для внесения в «Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию» две крупноплодные комбинации 387/16 (F₁ Крещендо) и 398/16 (F₁ Аркаим), две кистевые комбинации 235/18 (F₁ Болид) и 660/18 (F₁ Бэтмен).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате проделанной работы в 2016–2019 гг. были изучены 14 образцов гибридов томата F₁ зарубежной и отечественной селекции, с заявленной фирмами-оригинаторами устойчивостью к мучнистой росе томата. С помощью методики искусственного заражения устойчивость к патогену была подтверждена в 11 образцах, 3 образца определены как неустойчивые.

2. Генотипы коллекционных образцов были оценены при помощи метода ПЦР-анализа в реальном времени, проведенного на амплификаторах LightCycler 480 II. Результат анализа показал, что во всех исследованных гибридах имеются гены устойчивости к вирусу табачной мозаики, фузариозному увяданию и вертициллезу, во многих гибридах также присутствует ген устойчивости к бурой пятнистости. Гены устойчивости чаще обнаружены в гетерозиготном состоянии, но также встречались устойчивые гомозиготы.

3. На основании результатов оценки коллекционного материала была создана современная модель перспективного гибрида F₁ для выращивания в зимних остекленных теплицах, характеризующаяся следующими параметрами: полувегетативный тип роста со сближенными междоузлиями, раннего и среднего срока созревания, простой тип соцветия с 4–5 плодами, если плоды средней массой больше 200 г; с 6–7 плодами массой до 180 г для сбора кистями. В генотипе современной модели гибрида необходимы гены устойчивости к мучнистой росе, вирусу табачной мозаики, фузариозному и вертициллезному увяданиям, бурой пятнистости.

4. Коллекционный материал был оценен по фенологическим, биометрическим параметрам, а также с помощью метода ПЦР-анализа в реальном времени, за короткий период были отобраны образцы с комплексом генов устойчивости к заболеваниям в гомозиготном состоянии, что позволило выделить 23 перспективных образца томата, которые были использованы в получении новых гибридных комбинаций.

5. Проведено конкурсное сортоиспытание в зимних остекленных теплицах для сравнения полученных перспективных селекционных комбинаций с иностранными гибридами. По итогам было выделено 8 гибридных комбинаций: 5 крупноплодных (К-398/16, К-1352/17, К-407/16, К-387/16, К-49/17) и 3 кистевых (К-235/18, К-2411/16, К-660/18), которые были размножены и переданы на Производственное испытание в тепличные комбинаты.

6. По результатам конкурсного испытания на участке с применением искусственного досвечивания сделаны выводы, что применение этого метода в теплицах ускоряет сроки наступления фенологических фаз у гибридов томата F₁; способствует уменьшению длины листа, соцветий и междоузлий, но при этом наблюдается увеличение прироста стебля ежедневно; влияние на урожайность гибридов томата неодинаково, отмечена высокая прибавка к урожайности у гибридов F₁ К-387/16 и F₁ К-660/18.

7. По итогам производственных сортоиспытаний в Государственную комиссию переданы 2 крупноплодных комбинации К-398/16, К-387/16 и 2 кистевые комбинации К-235/18, К-660/18. Селекционным комбинациям присвоены следующие названия К-387/16 (F₁ Крещендо) и К-398/16 (F₁ Аркаим) К-235/18 (F₁ Болид), К-660/18 (F₁ Бэтмен).

Рекомендации селекционным учреждениям и производству

1. При создании высокопродуктивных гетерозисных гибридов томата F₁ рекомендуется использование метода молекулярной диагностики растений Real-Time PCR, с применением олигонуклеотидных праймеров. Это позволит ускорить селекционный процесс и определять с высокой точностью наличие генов устойчивостей или других генов, интересующих селекционера.

2. В целях повышения урожайности рекомендовать к выращиванию в остекленных теплицах России крупноплодные гибриды томата индетерминантного типа роста F₁ Крещендо и F₁ Аркаим и среднеплодные кистевые гибриды томата индетерминантного типа роста F₁ Бэтмен и F₁ Болид.

3. К выращиванию с применением искусственного досвечивания рекомендуются крупноплодный гибриды F₁ Аркаим и среднеплодный гибрид F₁ Бэтмен.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

Работы в изданиях, рекомендованных ВАК

1. Буц, А. В. Исследование коллекции гибридов томата F₁ с устойчивостью к мучнистой росе для выращивания в зимних остекленных теплицах / А. В. Буц, Л. В. Цаценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар : КубГАУ, 2019. – № 06(150). – С. 143–155. – IDA [article ID] : 1501906016, Doi : 10.21515/1990-4665-150-016. – Режим доступа : <http://ej.kubagro.ru/2019/06/pdf/16.pdf>, 0,812 у.п.л.

2. Буц, А. В. Использование гибридизационных зондов Real-time PCR, на примере маркера гена устойчивости к ВТМ культуры томата / А. В. Буц, Л. В. Цаценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар : КубГАУ, 2020. – № 04(158). – С. 168–180. – IDA [article ID] : 1582004012. – Режим доступа : <http://ej.kubagro.ru/2020/04/pdf/12.pdf>, 0,812 у.п.л.

3. Буц, А. В. Влияние искусственного досвечивания на гибриды томата F₁, созданные с применением метода Real-time PCR / А. В. Буц, Л. В. Цаценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар : КубГАУ, 2021. – № 05 (169). – IDA [article ID] :

1692105023. DOI : 10.21515/1990-4665-169-023. – Режим доступа : <http://ej-kubagro.ru/05/pdf/23.pdf>, 1.000 у.п.л.

4. Изучение коллекции гибридов F₁ томата с генетической устойчивостью к вирусу желтой курчавости листьев томата для пленочных теплиц юга России / С. Ф. Гавриш, Т. А. Редичкина, А. В. Буц, Г. М. Артемьева // Картофель и овощи. – 2020.– № 12. – С. 30–34. DOI : 10.25630/PAV.2020.32.41.007.

Работы в прочих изданиях

1. Буц, А. В. Исследование коллекции современных гибридов томата для защищенного грунта с помощью ДНК-маркеров / А. В. Буц, Л. В. Цаценко // Итоги научно-исследовательской работы за 2017 год : сб. ст. по материалам 73-й научн.-практ. конф. преподавателей. – 2018. – С. 7–8.

2. Буц, А. В. Исследование коллекции гибридов F₁ томата с использованием метода Real-Time PCR / А. В. Буц, Л. В. Цаценко // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : сб. ст. по материалам 73-й науч.-практ. конф. студентов по итогам НИР за 2017 год / отв. за вып. А. Г. Кощаев. – 2018. – С. 9–11.

3. Буц, А. В. Составление современной модели гибрида томата, обзор цели и задач исследований для ее получения / А. В. Буц, Л. В. Цаценко // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : сб. ст. по материалам X Всеросс. конф. молодых ученых, посвященной 120-летию И. С. Косенко / отв. за вып. А. Г. Кощаев. – 2016. – С. 72–73.

4. Буц, А. В. Использование молекулярных маркеров в селекции гибридов томата / А. В. Буц, Л. В. Цаценко // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. – Владикавказ, 2019. – С. 192–194.

Патенты

1. Авторское свидетельство РФ. Гибрид томата первого поколения Аркаим. Заявка № 74218/80838. Приоритет от 03.03.2020. Патентообладатель ООО «СЕЛЕКЦИОННАЯ ФИРМА ГАВРИШ». Авторы гибрида : Гавриш Сергей Федорович, Артемьева Галина Михайловна, Редичкина Татьяна Александровна, Кибанова Наталья Алексеевна, **Буц Алексей Валерьевич**.

2. Авторское свидетельство РФ. Гибрид томата первого поколения Крецендо. Заявка № 74217/80837. Приоритет от 03.03.2020. Патентообладатель ООО «СЕЛЕКЦИОННАЯ ФИРМА ГАВРИШ». Авторы гибрида : Гавриш Сергей Федорович, Артемьева Галина Михайловна, Редичкина Татьяна Александровна, Кибанова Наталья Алексеевна, **Буц Алексей Валерьевич**.

Научное издание

Буц Алексей Валерьевич

**МОЛЕКУЛЯРНО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ СЕЛЕКЦИЯ
ГИБРИДОВ ТОМАТА F₁ НА ОСНОВЕ МЕТОДА REAL-TIME PCR**

Подписано в печать _____. Формат 60 x 84 ^{1/16}

Усл. печ. л. – 1,4. Уч.-изд. л. – 1,1.

Тираж 100 экз. Заказ № ____

Типография Кубанского государственного аграрного университета.
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13