

УДК 123:456

06.01.05 – селекция и семеноводство
сельскохозяйственных растений

**ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЛЕКЦИИ ГИБРИДОВ
ТОМАТА F₁ С УСТОЙЧИВОСТЬЮ К
МУЧНИСТОЙ РОСЕ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ
В ЗИМНИХ ОСТЕКЛЕННЫХ ТЕПЛИЦАХ**

Буц Алексей Валерьевич
аспирант, кафедра генетики, селекции и
семеноводства
coloney-alex@mail.ru

Цаценко Людмила Владимировна
д-р. биол. наук, профессор, кафедра генетики,
селекции и семеноводства
Scopus Author ID: 55952841000
РИНЦ SPIN-код: 2120-6510
lvt-lemna@yandex.ru
Кубанский государственный аграрный
университет имени И.Т.Трубилина, Краснодар,
Россия

Современный отечественный гибрид томата должен быть конкурентоспособным с гибридами томата иностранной селекции. Для создания модели будущего гибрида была исследована коллекция современных гибридов томата отечественной и иностранной селекции, представленных на рынке семян. Во время исследования применяли современный метод генетического исследования генотипа томата Real-Time PCR. В результате исследования была описана модель современного гибрида томата с устойчивостью к мучнистой росе томата. В дальнейшем планируется провести селекционную работу для создания такого гибрида. В ходе изучения коллекционных гибридов томата F₁ была установлена современная модель гибрида, со следующей характеристикой: ранний и средний срок созревания, тип куста – полувегетативный, междоузлия сближенные, тип соцветия – простой, количество плодов 4-5, если плоды средней массой больше 200 грамм; с 6-7 плодами массой до 150 грамм для сбора кистями. Необходима высокая прочность плодов с отсутствием концентрического и радиального растрескиваний, 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

UDC 123:456

Selection and seed production of agricultural plants

**STUDY OF THE COLLECTION OF HYBRIDS
OF TOMATO F₁ WITH RESISTANCE TO
POWDERY MILDEW FOR GROWING IN
WINTER GLASS GREENHOUSES**

Byts Aleksey Valerievich
postgraduate student of the Chair of genetic, plant
breeding and seeds

Tsatsenko Luidmila Vladimirovna
Dr.Sci.Biol., professor,
Chair of genetic, plant breeding and seeds
Scopus Author ID: 55952841000
RSCI SPIN-code: 2120-6510
lvt-lemna@yandex.ru
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Modern domestic tomato hybrid should be competitive with tomato hybrids of foreign selection. To create a model of a future hybrid, a collection of modern tomato hybrids of domestic and foreign selection presented on the seed market was investigated. During the study, a modern method of genetic study of the genotype of tomato Real-Time PCR was used. As a result of the study, a model of a modern tomato hybrid with tolerance to powdery mildew of tomato was described. In the future, it is planned to carry out breeding work to create such a hybrid. In the course of studying the F₁ collection of tomato hybrids, it was found that the modern model of a tomato hybrid should have the following characteristics: a semi-vegetative type of growth with closely spaced internodes, early and medium ripening, a simple type of inflorescence with 4-5 fruits if the average weight of fruit is more than 200 grams; with 6-7 fruits weighing up to 150 grams for collection by tassels. High strength of fruits with the absence of concentric and radial cracking, suitable for long-distance transportation, is required. In the genotype of the modern hybrid model, in addition to tomato powdery mildew resistance (*Oidium lycopersici*), it is necessary to have a complex of resistance genes to such diseases as tobacco mosaic virus (*Tomato mosaic tobamovirus*), *Fusarium oxysporum*, verticilliosis wilt of the tomato;), brown spot of tomato (*Cladosporium fulvum*). It is also desirable the presence of a gene of resistance to the yellow leaf curl virus of tomato (*Tomato yellow leaf curl virus*) and the gall nematode (*Meloidogyne incognita*)

наличие гена устойчивости к вирусу желтой курчавости листьев томата (*Tomato yellow leaf curl virus*) и галловой нематоды (*Meloidogyne incognita*)

Ключевые слова: ГИБРИД ТОМАТА, МОДЕЛЬ ГИБРИДА, УСТОЙЧИВОСТЬ К МУЧНИСТОЙ РОСЕ ТОМАТА, ПЦР-АНАЛИЗ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Keywords: TOMATO HYBRID, HYBRID MODEL, TOMATO POWDERY MILDEW RESISTANCE, REAL-TIME PCR ANALYSIS

Doi: 10.21515/1990-4665-150-016

Введение

Овощи – важнейшая составляющая полноценного питания человека. Годовое потребление плодов томата на человека составляет 25-30 кг. Такое количество продукции достигается выращиванием овощей в условиях открытого и закрытого грунта [4].

Из тепличных комбинатов овощная продукция поставляется напрямую в супермаркеты, а оттуда до потребителя, следовательно, применение пестицидов в теплицах будет вредить здоровью человека. В связи с этим актуальной проблемой селекции томата для выращивания в условиях закрытого грунта является создание сортов и гибридов, сочетающих хорошее качество плодов, высокую урожайность и комплексную устойчивость к ряду болезней и вредителей.

Современная генетика сочетает в себе молекулярное маркирование, которое определяет морфологические признаки у растений, устойчивость к биотическим и абиотическим факторам среды. По словам А.В. Хлесткиной, молекулярное маркирование значительно упрощает и ускоряет селекционный процесс [5].

В последнее время, с переходом на выращивание томатов в остекленных теплицах со сменным грунтом, снизилась частота поражения основными микозами. В то же время, мучнистая роса встречается гораздо чаще, поскольку считается «молодым» заболеванием. В условиях теплицы может поражать до 100% растений [4].

В настоящее время отечественные методики селекции томата на устойчивость к мучнистой росе, вызываемой *O. lycopersicum* малочисленны. А отечественные гибриды, которые заявляют, как устойчивые к заболеванию, являются неконкурентно-способными с гибридами иностранной селекции.

В связи с этим целью работы являлось исследование коллекции гибридов томата F1, с заявленной устойчивостью к мучнистой росе (On) в условиях зимних остекленных теплиц, для описания модели современного гибрида томата F1. Для выполнения поставленной цели были поставлены следующие задачи: фенологическое и

биометрическое фенотипирование гибридов томата; провести молекулярную диагностику генотипов гибридов томата, с помощью метода ПЦР-анализа; провести оценку устойчивости гибридов томата к мучнистой росе, методом искусственного заражения.

Впервые мучнистая роса, вызываемая *Oidium lycopersicum*, была обнаружена в Австралии в конце XIX в. В России болезнь начала наносить урон производству тепличных томатов в 80-90 годах прошлого века и в настоящее время является серьезным по своим масштабам, патогенности и хозяйственному значению заболеванием [2]. В 1989 году название *Oidium lycopersicum* было присвоено грибу, обнаруженному в Европе. Затем название было исправлено повторно и обозначено как *Oidium lycopersici* в 1999 году, согласно Международному Классу Ботанической Литературы [15]. В современной литературе существует 2 синонима *Oidium lycopersici* и *Oidium neolycopersici*.

Основным хозяином *O. lycopersici* является томат, однако этот возбудитель способен поражать множество растений, особенно пасленовые культуры (перец, баклажан, картофель, табак) и дикие пасленовые (сорняки). Гриб производит большое количество конидий, образующихся на простых, коротких конидиеносцах, которые легко разносятся ветром и дождем [3].

Болезнь проявляется в виде белого мучнистого налета на листьях, стеблях, цветочных и плодоножках, чашелистиках томатного растения. Не отмечается на лепестках, плодах, корнях. На листьях образуется белый мучнистый налет в виде конидий округлой формы белого цвета. По мере развития заболевания вся поверхность листа покрывается налетом. Постепенно хлороз тканей листа переходит в некроз. Поражение стеблей и черешков наблюдается только на чувствительных сортах при высокой степени развития заболевания [1].

Гену устойчивости к *Oidium lycopersici* (On) было посвящено немало различных работ, в которых упоминаются 9 генов устойчивости к данному патогену. Ol-1, который был определен в *S. habrochaites* G1.1560 [2], был картирован на длинном плече хромосомы 6 [3]. Второй ген ol-2 представляет собой рецессивный ген, найденный в *S. Lycopersicum* var. *cerasiforme* LA1230 и расположен на хромосоме 4 [4]. Клонирование этого гена показало, что ol-2 представляет собой гомолог гена ячменя MLO [5]. Ol-3, интрогрессирован из *S. habrochaites* G1.1290, и находится в той же области хромосомы, что и Ol-1. Существует ряд доказательств того, что Ol-1 и Ol-3 представляют собой

аллельные варианты [6, 7]. Ol-4, происходит из *S. peruvianum* LA2172, и расположен на коротком плече хромосомы 6 [8]. Ol-5, интрогрессирован из *S. habrochaites* PI247087, и тесно связан с Ol-1 и Ol-3 на длинном плече хромосомы 6 [3]. Ol-6, который был найден в передовой селекционной линии с неизвестным происхождением, отображается в том же положении, что и Ol-4 [3]. Весьма вероятно, Ol-4 и Ol-6 аллельные варианты. Эти два гена находятся в кластере устойчивости R и, возможно, произошли от гомолога устойчивости к нематоде Mi-1,2, который предаёт устойчивость и к тле. Молчание этого гомолога у линий, несущих в себе Ol-4 и Ol-6 показывает, что они аллельны [9]. В дополнение к моногенным генам устойчивости, известно три локуса количественных признаков (Ol-QTLs), которые были идентифицированы в *S. neorickii* G1.1601 [7]. Ol- qtl1 был отображён на хромосоме 6 в хромосомной области, где расположены Ol-1, Ol-3 и Ol-5. Ol-qtl2 и Ol-qtl3 были нанесены на карту на хромосоме 12 в непосредственной близости от гена Lv [7,8].

Устойчивость Ol генов проявляется, как HR, реакцией сверхчувствительности, которая может происходить по двум сценариям. Поклеточный HR [3] так же известный как быстрый HR происходит в присутствии Ol-4 и Ol-6. Этот тип HR происходит во всех эпидермальных клетках, которые подверглись атаке гаустория, что приводит к полной остановке роста гриба [3]. Второй сценарий назван мультиклеточным HR [3], и наблюдается в генотипах, несущих гены Ol-1, Ol-3 и Ol-5. Интересно, что все три гена происходят из разных линий *S. habrochaites*, но кластеризуются в одном и том же локусе на длинном плече хромосомы 6 [10]. При этом типе устойчивости HR происходит только в 30% пораженных клеток и обуславливает неполное сопротивление. Весьма необычный механизм устойчивости демонстрирует ген ol-2. Сопротивление происходит при помощи образования, так называемых, папилл, когда клеточная стенка наращивается аппозицией каллозы в местах взаимодействия с грибом [4,10]. Папиллы образуются сразу после формирования первичного гаустория, препятствуя его развитию, и, таким образом, обуславливая полную иммунность к грибу.

Материал и методы исследования.

В исследованиях были использованы семена иностранных гибридов томата F1, зарекомендованные фирмой-производителем, как толерантные к мучнистой росе (On). Большая часть гибридов томата была голландской селекции, таких ведущих фирм, как De Ruiters Seeds, Enza Zaden, Rijk Zwaan.

Исследование коллекции гибридов F₁, проводилось на базе Крымского филиала Научно-исследовательского института овощеводства защищенного грунта (г.Крымск). Наблюдения проводились в современных, остекленных, отапливаемых теплицах в зимне-весеннем и летне-осеннем севооборотах. Тепличный комбинат оборудован современным оборудованием для выращивания овощных культур. Растения выращивались на субстрате из минеральной ваты, с использованием автоматического капельного полива. Для сортоиспытания гибриды томата F₁ были высажены по 8 растений в 3-х кратной повторности, как рекомендовано методическими указаниями, плотность посадки составляла 2,5 растения на м².

Важным аспектом в изучении гибридов томата являлось исследование морфологических признаков растений. Изучение и ботанико-морфологическое описание 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). При оценке и описании растений на участке сортоиспытания учитывали следующие признаки: тип и мощность роста, облиственность, наличие сочленения, форма плода, наличие зеленых пятен на плодах, размер, однородность плодов в кисти, товарные качества плода, устойчивость к растрескиванию и вершинной гнили, определяли массу плода и урожайность одного растения.

В конкурсном сортоиспытании проводившийся учет урожая начинали при появлении первых зрелых плодов томата и проводили 1 раз в 7-8 дней, как рекомендовано в нормативных документах ГОСТа. Плоды с каждой повторности варианта собирали в отдельный ящик. В процессе исследования вели журнал, в котором записывали дату сбора, количество плодов (шт.) и массу (кг) стандартных и нестандартных плодов. К стандартным плодам относились выполненные плоды, имеющие соответствующую массу по каждому направлению (крупноплодный, среднеплодный, кистевой, сливовидный и т.д.), без признаков болезни и повреждений.

Исследование генотипа гибридов томата F₁ проводилось в лаборатории молекулярной диагностики растений, оборудованной современными приборами для проведения ПЦР-анализа на базе НИИОЗГ (г. Крымск).

Сбор растительного материала осуществляли в разные фазы вегетации растений, для сбора растительных проб использовались заранее пронумерованные пробирки объемом 1,5 мл (SSI-1200-00), пластиковые планшеты, пинцет,

дистиллированная вода. Собранные образцы помещались на хранение в холодильную камеру до выделения растительной ДНК.

Выделение растительной ДНК производили по методике предложенной MURRAY and THOMPSON (1980), доработанной BERNATZKY and TANKSLEY (1986). Методика была немного усовершенствована нами, а именно в процессе использовали химические растворы: LiCl; SiO₂; NaI; раствор спирта 96%; раствор хлороформа и изоамилового спирта (с=24:1). Приборная база состояла из Tissue Lyser II (QIAGEN); Multi-Vortex V-32; Aspirator FTA-1; Центрифуги SL 8/8R; Multipette M4.

С помощью метода Real-Time PCR исследовали генотипы томата с использованием амплификатор LightCycler 480 II (Roche) и система гибридизационных зондов (HybProb), созданных фирмой Roche, синтезированных в ЗАО «Синтол» г. Москва: два олигонуклеотидных праймера и два флуоресцентных зонда Anchor и Sensor, которые взаимодействуют по FRET, MgCl₂, dNTP, 10 x Taq Buffer, Dream Taq DNA Polymerase. Объем жидкости для проведения одного анализа составлял 10 мкл.

Условия проведения реакции: денатурация 95°C в течение 10 минут; амплификация (95°C -10 сек; 62°C -15 сек; 72°C - 5 сек) в течение 40 циклов; плавление 95°C - 1 минуту; 42°C - 1 минуту, далее повышение температуры до 95 °C со снятием флуоресценции каждые 0,01 градуса. Результатом эксперимента было получение графика с ярко выраженными пиками на определенных температурах, при сравнении с контролями проводился анализ полученного графика и результаты вносились в электронную таблицу.

Использовались молекулярные маркеры, имеющиеся в лаборатории, для идентификации генов устойчивости к вирусу табачной мозаики (Tm2.2), фузариозному увяданию (I2; I3), вертициллезному увяданию (Ve), кладоспориозу (Cf-9), нематоды (Mi1.2), вирусу бронзовости томата (Sw-5), вирусу желтой курчавости листьев томата (Tu-3a).

Искусственное заражение растений проводилось в пленочной теплице. Растения заражали методом опрыскивания суспензией спор *Oidium neolycopersici* с концентрацией 2×10^5 спор/мл. Растения были протестированы по 5 бальной шкале поражения (0-4 балла) [2].

В рядах кроме испытываемых гибридов, высаживалась неустойчивая линия, которая являлась индикатором успешно проведенного заражения. Заражение проводилось 2 раза: первый раз через неделю после высадки рассады в теплицу и второй раз 5 дней после первого заражения. Этого было достаточно, чтобы буфер со спорами патогенного

гриба попал на каждое растение, и в конечном итоге был получен агрессивный инфекционный фон.

Для приготовления буфера с больных растений отбиралось 3-4 листа предпочтительно из среднего яруса. В лаборатории с листьев лезвием соскабливали мицелий гриба в чашку с буфером. Опрыскивание проводилось из ручного пульверизатора, чтобы визуальное можно было оценить попадание жидкости на листья растений.

Фенологические и биометрические наблюдения, в частности наблюдения за ростом и развитием растений, имеют в сортоиспытании важное значение, поэтому эти наблюдения велись систематически, без пропусков, с необходимой точностью. Статистическую обработку данных проводили с применением пакета программ Microsoft Office 2013 и программы Statistica 9.0.

Результаты исследований

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

Таблица 1 – Результаты фенологических наблюдений за гибридами томата F₁

Название гибрида	Фирма производитель	Начало цветения, дней	Начало созревания, дней	Начало сбора зрелых плодов, дней
№ 144/14	Линия (контроль)	53	113	119
№ 175/14	Линия (контроль)	59	113	119
F ₁ Таумур	Rijk Zwaan	51	106	113
F ₁ Managua	Rijk Zwaan	52	107	113
F ₁ Ladoga	Rijk Zwaan	51	104	109
F ₁ Forenza	Enza Zaden	53	105	111
F ₁ Fizuma	Enza Zaden	51	108	111
F ₁ Foronti	Semenis	52	112	119
F ₁ E15B40897	Enza Zaden	50	105	110
F ₁ DR2379TH	Semenis	50	109	113
F ₁ Emrero	Syngenta	51	109	115
F ₁ Океан	Поиск	50	108	113
F ₁ Кораловый риф	Поиск	52	108	114
F ₁ Manar	AXIA	51	104	109
F ₁ Prunus	DRS	53	105	110
Комб. № 398/16	Гавриш	54	110	114

Из результатов, указанных в таблице 1, видно, что в среднем у гибридов томата от посева до отдачи первого урожая прошло 113 дней, с более ранней отдачей урожая отмечены гибриды F₁ Ladoga, F₁ Manar на 109 день уже были отмечены полностью зрелые плоды; также были отмечены гибриды с более поздней отдачей урожая F₁ Foronti – только на 119 день плоды томата созрели.

В качестве контроля были взяты линии отечественной селекции № 144/14 – устойчивая к мучнистой росе, а линия № 175/14 восприимчивая к мучнистой росе.

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 – Результаты учета урожайности гибридов томата F₁

Название гибрида	Фирма производитель	Средняя масса плода, гр	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
Комб. № 398/16	Гавриш	244	93,3	12,78
F ₁ Fizuma	Enza Zaden	171	81,2	11,27
F ₁ E15B40897	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 DR2379TH	Semenis	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 Кораловый риф	Поиск	181	84,8	10,57
F ₁ Foronti	Semenis	220	88,2	10,49
F ₁ Prunus	DRS	96	84,8	9,50
F ₁ Emrero	Syngenta	183	88,7	9,11
№ 144/14	Линия (контроль)	199	85,5	7,11
№ 175/14	Линия (контроль)	121	70,1	6,84

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 и выход стандартной продукции были отмечены у комбинации 398/16 фирмы «Гавриш».

Молекулярную диагностику гибридов томата проводили по 8 основным генам устойчивости к различным патогенам: вирус табачной мозаики (Tm2.2), вертициллезное увядание (Ve), фузариозное увядание (I2; I3), бурая пятнистость (Cf-9), нематода (Mi 1.2), вирус желтого скручивания листьев томата (Tu-3a), вирус

бронзовости томата (Sw-5). В результате исследования во всех образцах отсутствовали гены устойчивости Tu-3а, Sw-5 и I3, результаты состояния генов устойчивости по другим генам устойчивости приведены в таблице 3. 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 – Результаты исследования состояния генов устойчивости у гибридов томата F₁.

Название гибрида	Фирма производитель	Tm2.2	Ve	I2	Mi1.2	Cf-9
№ 144/14	Линия (контроль)	S	S	R	R	S
№ 175/14	Линия (контроль)	R	R	R	S	S
F ₁ Таумур	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	Semenis	R	H	R	S	R
F ₁ E15B40897	Enza Zaden	H	H	R	S	H
F ₁ DR2379TH	Semenis	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 Prunus	DRS	R	H	H	S	S
Комб. № 398/16	Гавриш	R	R	R	H	H

На основании данных, представленных в таблице 3 можно сделать вывод, что фирмы производители, скрещивая родительские формы, стремятся получить гетерозиготное состояние генов устойчивости. Предположительно это делается для уменьшения различных плейотропных эффектов, которые могут отражаться на фенотипе растения.

Искусственное заражение провели успешно, на что указали контрольные линии, посаженные между испытуемыми гибридами томата. Неустойчивая контрольная линия № 175/14 набрала максимальный балл 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, за весь период

наблюдений на листьях отмечали образование только некротических точек; у второй группы, получившей оценку 2 балла, кроме некротических точек, также отмечали редкие пятна белого спороношения, которые переходили в некротические пятна. Единственный гибрид томата F₁ Океан получил оценку 3 балла, на его листьях постоянно отмечали белое спороношение, которое занимало более 20-30% листовой поверхности. Подробные результаты испытания указаны в таблице 4.

Таблица 4 – Оценка поражения гибридов томата F₁ мучнистой росой *O. neolycopersici*

Название гибрида	Фирма производитель	Оценка поражения, балл
№ 175/14	Линия (контроль)	4
F ₁ Океан	Поиск	3
F ₁ Таумуг	Rijk Zwaan	2
F ₁ Коралловый риф	Поиск	2
F ₁ Managua	Rijk Zwaan	2
F ₁ Ladoga	Rijk Zwaan	2
F ₁ Forenza	Enza Zaden	2
F ₁ Fizuma	Enza Zaden	2
F ₁ Foronti	De Ruiters seeds	1
F ₁ E15B40897	Enza Zaden	1
F ₁ DR2379TH	De Ruiters seeds	1
Комб. № 398/16	Гавриш	1
№ 144/14	Линия (контроль)	0

По данным таблицы 1 гибриды томатов созревали быстрее контрольных линий № 144/14 и № 175/14 в среднем на 7 дней, по выходу стандартной продукции и урожайности гибридные комбинации превосходили контроль. В результате исследования генов устойчивости у гибридов гены находились в гетерозиготном состоянии, а у контрольных линий в гомозиготном. Заражение гибридных комбинаций мучнистой росой томатов показала, что гибридные комбинации являются толерантными к, оценка поражения колебалась от 1 до 2, кроме контрольной линии и гибрида F₁ Океан.

Выводы

В ходе изучения коллекционных гибридов томата F₁ было установлено, что современная модель гибрида томата 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 грамм; с 6-7 плодами массой до 150 грамм для сбора кистями. Необходима высокая

прочность плодов с отсутствием концентрического и радиального растрескиваний, 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*).

Используемый в работе метод помощью метода Real-Time PCR позволил наиболее точно по сравнению со стандартными методиками оценить изменчивость растения и идентифицировать аллели генов, отвечающие за устойчивость растения.

Литература

1. Ахатов А.К. Болезни вредители овощных культур картофеля // А.К.Ахатов. «Товарищество научных изданий КМК» - Москва 2013.- С. 172-174.
2. Емелина Н.Н. Современное состояние классификации возбудителя мучнистой росы томата в защищенном грунте [*Oidium neolycopersici*] / Н.Н. Емелина, Т.А. Терешонкова //Соврем. тенденции в селекции и семеноводстве овощных культур. Традиции и перспективы / Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции и семеноводства овощных культур. - Москва, 2010; Т. 1. - С. 286-290
3. Кокаева Л. Ю. Микобиота пораженных листьев *Solanum tuberosum* L., *S. lycopersicum* и *S. dulcamara*; дис..канд. с.-х. наук/ Москва.– 2016.–24с.
4. Поликсенова В.Д. Микозы томата: возбудители заболеваний, устойчивость растений / В.Д. Поликсенова . – Минск : БГУ, 2008. – 159 с.
5. Хлесткина Е.К. Молекулярные маркеры в генетических исследованиях и в селекции / Е.К. Хлесткина – Вавиловский журнал генетики и селекции, 2013. – Т.17, № 4/2. – С.11–17.
6. Van der Beek J.G., Resistance to powdery mildew (*Oidium lycopersicum*) in *Lycopersicon hirsutum* is controlled by an incompletely dominant gene Ol-1 on chromosome 6. /J.G. Van der Beek, G. Pet, P. Lindhout //Theor. Appl. Genet. 1994.–№89. –Р. 467-473.
7. Bai Y., van der Hulst R. Tomato defense to *Oidium neolycopersici*: dominant Ol genes confer isolate-dependent resistance via a different mechanism than recessive ol-2./ R

.Bai Y., van der Hulst., G. Bonnema, T. Marcel and et.al. // *Molecular Plant-Microbe Interactions*. 2005.–№ 18.–P. 354-362.

8. Ciccarese F. Occurrence and inheritance of resistance to powdery mildew (*Oidium lycopersici*) in *Lycopersicon* species/ F. Ciccarese, M. Amenduni, D. Schiavone and M. Cirulli // *Plant Pathol.*1998.–N 47. –P. 417-419.

9. Bai Y. Naturally occurring broad-spectrum powdery mildew resistance in a Central American tomato accession is caused by loss of mlo function / Y. Bai, S. Pavan, Z. Zheng, and et all. // *Molecular Plant-Microbe Interactions*.–2008.–N 21.–P. 30-39.

10. Huang, C. Characterization and mapping of resistance to *Oidium lycopersicum* in two *Lycopersicon hirsutum* accessions: evidence for close linkage of two Ol-genes on chromosome 6 of tomato / C. Huang, P. Hoefs-Van De Putte, J. Haanstra-Van Der Meer, and et.all.// *Heredity*.–2000.–N. 85.–P. 511–520.

11. Bai Y. Mapping Ol-4, a gene conferring resistance to *Oidium neolyopersici* and originating from *Lycopersicon peruvianum* LA2172, requires multi-allelic, single-locus markers / Y. Bai, R. Van der Hulst., C. Huang, L. Wei, and et. all. // *Theoretical and Applied Genetics*. – 2004.–N 109. – P. 1215-1223.

12. Seifi A. Linked, if not the same, Mi-1 homologues confer resistance to tomato powdery mildew and root-knot nematodes / A. Seifi, I. Kaloshian, J. Vossen and et.all.// *Molecular Plant-Microbe Interactions*. –2011.–N. 24(4).– P. 441–450.

13. Kim H.J. BAC-derived markers converted from RFLP linked to *Phytophthora capsici* resistance in pepper (*Capsicum annuum* L.) / H.J Kim, S.H. Nahm, H.R. Lee and et all., // *Theor Appl Genet*. –2008.– N 118.– P.15–27

14. Moreau P. Genetic Mapping of Ph-2, a Single Locus Controlling Partial Resistance to *Phytophthora infestans* in Tomato / P. Moreau, P. Thoquet, J. Olivier, and et all. // *Molecular Plant-Microbe Interactions*.– 1998.– N11.– P.259–269. <http://dx.doi.org/10.1094/MPMI.1998.11.4.259> (66)

15. Mieslerova B. Taxonomy, distribution and biology of the tomato powdery mildew (*Oidium lycopersici*). / B. Mieslerova, A. Lebeda // *J. Plant Dis. Prot.* –1999.–N 106.–P. 140-157.

References

1. Ahatov A.K. Bolezni vrediteli ovoshnykh kul'tur kartofelja // A.K. Ahatov. «Tovarishhestvo nauchnykh izdaniy KMK» - Moskva 2013.- S. 172-174.

2. Emelina N.N. Sovremennoe sostojanie klassifikacii vozбудitelja muchnistoj rosy tomata v zashhishhennom grunte [*Oidium neolyopersici*] / N.N. Emelina, T.A. Tereshonkova // *Sovrem. tendencii v selekcii i semenovodstve ovoshnykh kul'tur. Tradicii i perspektivy / Vseros. nauch.-issled. in-t selekcii i semenovodstva ovoshnykh kul'tur.* - Moskva, 2010; T. 1. - S. 286-290

3. Kokaeva L. Ju. Mikrobiota porazhennykh list'ev *Solanum tuberosum* L., *S. lycopersicum* i *S. dulcamara*; dis..kand. s.-h. nauk/ Moskva.– 2016.–24s.

4. Poliksenova V.D. Mikozy tomata: vozбудiteli zabojevanij, ustojchivost' rastenij / V.D. Poliksenova . – Minsk : BGU, 2008. – 159 s.

5. Hlestkina E.K. Molekuljarnye markery v geneticheskikh issledovanijah i v selekcii / E.K. Hlestkina – *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii*, 2013. – T.17, № 4/2. – S.11–17.

6. Van der Beek J.G., Resistance to powdery mildew (*Oidium lycopersicum*) in *Lycopersicon hirsutum* is controlled by an incompletely dominant gene Ol-1 on chromosome 6. /J.G. Van der Beek, G. Pet, P. Lindhout //Theor. Appl. Genet. 1994.–№89. –R. 467-473.
7. Bai Y., van der Hulst R. Tomato defense to *Oidium neolyopersici*: dominant Ol genes confer isolate-dependent resistance via a different mechanism than recessive ol-2./ R .Bai Y., van der Hulst., G. Bonnema, T. Marcel and et.al. // Molecular Plant-Microbe Interactions. 2005.–№ 18.–R. 354-362.
8. Ciccarese F. Occurrence and inheritance of resistance to powdery mildew (*Oidium lycopersici*) in *Lycopersicon* species/ F. Ciccarese, M. Amenduni, D. Schiavone and M. Cirulli // Plant Pathol.1998.–N 47. –P. 417-419.
9. Bai Y. Naturally occurring broad-spectrum powdery mildew resistance in a Central American tomato accession is caused by loss of mlo function / Y. Bai, S. Pavan, Z. Zheng, and et all. // Molecular Plant-Microbe Interactions.–2008.–N 21.–P. 30-39.
10. Huang, C. Characterization and mapping of resistance to *Oidium lycopersicum* in two *Lycopersicon hirsutum* accessions: evidence for close linkage of two Ol-genes on chromosome 6 of tomato / C. Huang, P. Hoefs-Van De Putte, J. Haanstra-Van Der Meer, and et.all.// Heredity.–2000.–N. 85.–P. 511–520.
11. Bai Y. Mapping Ol-4, a gene conferring resistance to *Oidium neolyopersici* and originating from *Lycopersicon peruvianum* LA2172, requires multi-allelic, single-locus markers / Y. Bai, R. Van der Hulst., C. Huang, L. Wei, and et. all. // Theoretical and Applied Genetics. – 2004.–N 109. – P. 1215-1223.
12. Seifi A. Linked, if not the same, Mi-1 homologues confer resistance to tomato powdery mildew and root-knot nematodes / A. Seifi, I. Kaloshian, J. Vossen and et.all.// Molecular Plant-Microbe Interactions. –2011.–N. 24(4).– P. 441–450.
13. Kim H.J. BAC-derived markers converted from RFLP linked to *Phytophthora capsici* resistance in pepper (*Capsicum annum* L.) / H.J Kim, S.H. Nahm, H.R. Lee and et all., //Theor Appl Genet. –2008.– N 118.– P.15–27
14. Moreau P. Genetic Mapping of Ph-2, a Single Locus Controlling Partial Resistance to *Phytophthora infestans* in Tomato / P. Moreau, P. Thoquet, , J. Olivier, and et all. //Molecular Plant-Microbe Interactions.– 1998.– N11.– P.259–269.
<http://dx.doi.org/10.1094/MPMI.1998.11.4.259> (66)
15. Mieslerova B. Taxonomy, distribution and biology of the tomato powdery mildew (*Oidium lycopersici*). / B. Mieslerova, A. Lebeda //J. Plant Dis. Prot. –1999.–N 106.–P. 140-157.