

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-14-19>
УДК: 635.64:631.527.56

И.В. Козлова*,
Е.А. Мазыкина

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр риса» 350921, Россия, г. Краснодар, п. Белозерный, д. 3

*Автор для переписки: k.irina1967@mail.ru

Вклад авторов: Козлова И.В.: проведение исследований, создание рукописи и ее редактирование. Мазыкина Е.А.: создание рукописи и ее редактирование.

Список сокращений: ФМС – функциональная мужская стерильность. ПЦР – Полимеразная цепная реакция.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Козлова И.В., Мазыкина Е.А. Создание селекционного материала томата с генами устойчивости на основе линий с функциональной мужской стерильностью. *Овощи России*. 2025;(2):14-19. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-14-19>

Поступила в редакцию: 14.11.2024

Принята к печати: 10.01.2025

Опубликована: 15.04.2025

Irina V. Kozlova*,
Elena A. Mazykina

Federal State Budgetary Scientific Institution
"Federal Scientific Rice Centre"
3, Belozerny village, Krasnodar,
Russian Federation, 350921

*Correspondence Author: k.irina1967@mail.ru

Authors' Contribution: Kozlova I.V.: conducting research, writing the manuscript and editing it, Mazykina E.A.: writing the manuscript and editing it.

Conflict of interests. The authors declare that there is no conflict of interests.

For citation: Kozlova I.V., Mazykina E.A. Creation of tomato breeding material with resistance genes based on lines with functional male sterility. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(2):14-19. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-14-19>

Received: 14.11.2024

Accepted for publication: 10.01.2025

Published: 15.04.2025

Создание селекционного материала томата с генами устойчивости на основе линий с функциональной мужской стерильностью

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Выращивание томата в Краснодарском крае в открытом грунте более затратно по сравнению с другими регионами. Одной из основных причин является дорогостоящая система защиты от болезней, которые широко распространены на томате. Наиболее опасными заболеваниями являются фитофтороз, альтернариоз и фузариоз, в годы эпифитотии потери урожая плодов могут достигать до 90%. Данные заболевания вызываются патогенными грибами и оомицетами. Самым эффективным способом борьбы с ними является создание высоко толерантных гибридов. Особенно это актуально для юга России, где погодные условия являются благоприятными для развития болезней и стрессовая нагрузка на растения максимальна.

Цель исследования. Создать селекционный материал томата (*Solanum lycopersicum*) различного направления использования на базе линий с функциональной мужской стерильностью с генами устойчивости к наиболее вредоносным заболеваниям

Материалы и методы. С 2018 года в отделе овощеводства начата работа по введению в линии с признаком функциональной мужской стерильности различного целевого назначения генетического материала от доноров, обладающих генами устойчивости к патогенам: фитофторозу, фузариозу и альтернариозу. В селекционной работе использовали методы классической селекции. На первом этапе идентифицированы гены *Ph-3*, *I-2* и *Asc*, обеспечивающие устойчивость к этим заболеваниям в селекционном материале, имеющемся в отделе овощеводства ФГБУ «ФНЦ риса». В 2023 году проведен анализ 188 инбредных линий на наличие и аллельное состояние генов устойчивости к по методу Murray and Thompson.

Результаты. По результатам исследования выделен селекционный материал, обладающий генами устойчивости к патогенам, работа по оценке которого будет продолжена. Среди стерильных линий 4 образца (101-2, 104-2, 106-1 и 107-2) обладают генами устойчивости к фитофторозу (*Ph3*), 2 образца (100-2 и 124-6) – к фузариозному увяданию (*I-2*) и 4 образца (91-1, 101-2, 105-1, 106-1) к альтернариозу (*Asc*), среди линий-опылителей генами устойчивости к фитофторозу обладают образцы: 127-3, 129-4, 137-5, 140-1; к фузариозу: 127-3, 99-5, 137-5; к альтернариозу: 94-5, 92-3 и 95-2. 4 образца имеют комплекс генов устойчивости – ФМС-линии: 101-2, 106-1 (*Asc*, *Ph3*); линии-опылители: 127-3 и 137-5 (*I-2*, *Ph3*). Выделенные линии различаются по форме, массе и окраске плодов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

томат, линия, селекционный материал, устойчивость, функциональная мужская стерильность, селекция



Creation of tomato breeding material with resistance genes based on lines with functional male sterility

ABSTRACT

Relevance. Growing tomatoes in the Krasnodar Territory in the open ground is more expensive compared to other regions. One of the main reasons is the expensive system of protection against diseases that are widespread on tomatoes. The most dangerous diseases are late blight, alternariasis and fusarium, during epiphytotic years, fruit yield losses can reach up to 90%. These diseases are caused by pathogenic fungi and oomycetes. The most effective way to combat them is to create highly tolerant hybrids. This is especially true for the south of Russia, where weather conditions are favorable for the development of diseases and the stress load on plants is maximum

The purpose of the study. To create a tomato breeding material (*Solanum lycopersicum*) of various uses based on lines with functional male sterility with genes of resistance to the most harmful diseases

Materials and methods. Since 2018, the Department of Horticulture has begun work on introducing various target names of genetic material from donors with pathogen resistance genes: late blight, fusarium and alternariasis into the line with a statement on functional male sterility. The methods of classical breeding were used in the breeding work. At the first stage, the *Ph-3*, *I-2* and *Asc* genes were identified, providing resistance to these diseases in the breeding material available in the department of horticulture of the Federal State Budgetary Institution "FNC Ris". In 2023, 188 inbred lines were analyzed for the presence and allelic location of resistance genes to the Murray and Thompson method.

Results. According to the results of the study, breeding material with genes of resistance to pathogens has been identified, the work on the evaluation of which will continue. Among the sterile lines, 4 samples (101-2, 104-2, 106-1 and 107-2) have genes for resistance to late blight (*Ph3*), 2 samples (100-2 and 124-6) – to fusarium wilt (*I-2*) and 4 samples (91-1, 101-2, 105-1, 106-1) to alternariasis (*Asc*), among the lines-pollinators have genes of resistance to late blight in samples: 127-3, 129-4, 137-5, 140-1; to fusarium: 127-3, 99-5, 137-5; to alternariasis: 94-5, 92-3 and 95-2. 4 samples have a complex of resistance genes – FMS lines: 101-2, 106-1 (*Asc*, *Ph3*); pollinator lines: 127-3 and 137-5 (*I-2*, *Ph3*). The highlighted lines differ in shape, weight and color of the fruits

KEYWORDS:

tomato, line, breeding material, resistant, functional male sterility, selection

Введение

Среди овощных культур наиболее популярной в России является томат. Плоды томата всесторонне используются в кулинарии и на перерабатывающих предприятиях. Из-за популярности культуры и широкого спектра использования томаты выращивают как крупные агрокомплексы, так и дачники на своих приусадебных участках [1]. В Краснодарском крае томат поражает множество болезней, вызванных вирусами, бактериями, грибами и оомицетами [2]. Среди распространенных болезней, повреждающих томат на всех стадиях вегетации наиболее опасны *Fusarium oxysporum* var. *lycopersici*, вызывающий фузариозное увядание, *Phytophthora infestans* Mont. de Bary, вызывающий заболевание фитофтороз и *Alternaria alternata* var. *lycopersici*, возбудитель альтернариоза. Поэтому, наряду с высокими показателями хозяйственно-ценных признаков, необходимо повышение устойчивости селекционных достижений к наиболее вредоносным заболеваниям.

В южных регионах России фитофтороз встречается повсеместно, хотя интенсивность его проявления в разные годы неодинакова и в основном определяется погодными условиями, устойчивостью сортов и расовым составом популяции патогенов. Возбудитель фитофтороза отличается не только высокой вредоносностью, но и сильной изменчивостью, благодаря которой он быстро преодолевает устойчивость сортов и защитное действие фунгицидов [3]. К настоящему времени у томата найден ряд генов вертикальной устойчивости. Ген *Ph-1* (хромосома 7) – доминантный ген обеспечивает устойчивость к расе T0 и нескольким изолятам расы T1. Ген *Ph-2* (хромосома 10) неполно-доминантный ген, обеспечивает частичную устойчивость к нескольким изолятам расы T1, замедляет, но не останавливает прогрессирование заболевания. Ген (*Ph-3*) (хромосома 9) обеспечивает неполную доминирующую устойчивость к широкому спектру изолятов *Phytophthora infestans* томатов, в том числе и к тем, которые преодолевают *Ph-1* и *Ph-2* гены [4, 5, 6, 7].

Также серьезный вред посадкам томата причиняет альтернариоз. Патоген поражает все надземные части растения, его можно идентифицировать по темно-коричневым пятнам с концентрическими кольцами. Вырабатываемый болезнетворным грибом ALL-токсин распространяется в тканях растения, приводит к некрозу тканей листа, опоясывает стебель и образует сначала серые, а затем вдавленные концентрические круги на плодах [8, 9]. Дожди, орошение и наличие рос, являются благоприятными факторами для распространения заболевания [10]. В исследованиях видового состава возбудителей альтернариоза томата, выделяют три вида: *A. alternata*, *A. solani* и *A. Infectoria*. В Краснодарском крае отмечается распространение вида *A. Alternata* [11]. Из литературных источников известно, что за устойчивость к *A. Alternata* на томате отвечает ген *Asc*, который располагается на длинном плече хромосомы 3 томата [12].

Фузариозное увядание, возбудитель которого гриб рода *Fusarium*, является опасным заболеванием на культуре томата, как в открытом, так и закрытом грунте. Этот почвенный гриб вызывает у томата болезнь увядания, которая может привести к потере более 30% урожая. На растениях болезнь проявляется в задержке

роста и развития, пожелтении, преждевременном опадении нижних листьев, а также дальнейшим увяданием и гибелью растений.

В настоящее время идентифицированы три расы *Fusarium oxysporium* f. sp. *lycopersici* у томата. В России были выявлены две расы, но наносит существенный ущерб (более 90%) раса 1, в единичных хозяйствах встречается раса 2 [13]. Контролируют устойчивость к фузариозу гены *I*; *I-2*; *I-3*. Нгуен Т.Л. (2015) установил, что применение молекулярных маркеров сокращает процесс селекции путем отбора устойчивых генотипов к фузариозу томата и рекомендовали использовать линии томата, содержащие ген *I-2* в состоянии гомозиготы [14].

В настоящее время самым распространенным способом борьбы с этими заболеваниями является применение химических препаратов. Для снижения вредоносности патогенов на рынке представлено большое количество фунгицидов [15]. Но их применение не всегда гарантирует эффективную защиту. Поэтому важным является внедрение в производство сортов и гибридов томата, обладающих устойчивостью к распространенным заболеваниям. В связи с этим, селекционная работа в этом направлении является актуальной.

Перспективным остается направление селекции сортов томатов различного целевого назначения. Различают несколько групп: салатные сорта (употребляют как в свежем виде, так и используют для приготовления томатного сока); консервные сорта (пригодны для цельноплодной консервации и других видов переработки). Важным признаком у сортов, пригодных к употреблению в свежем виде является высокие вкусовые качества, которые определяются сахарокислотным коэффициентом, а у сортов консервного направления – высокое содержание сухого вещества и плотность мякоти [16].

Среди профессионалов и любителей существует потребность в сортах с плодами разной формы, окраски и размеров, от самых мелких (черри) до крупноплодных (биф), от плоскоокруглых и сливовидных до перцевидных и сердцевидных, от желто-оранжевой окраски до малиновой. Форма плода – важный признак у сортов, предназначенных для цельноплодного консервирования. Для этой цели подходят сорта с мелкими и средними плодами, округлой, овальной и сливовидной формы. Сочетания таких размеров и форм плодов позволяют увеличить массовую долю продукта в консервах.

Наиболее востребованы на рынке гетерозисные гибриды, превосходящие линейные сорта по многим показателям. Создание гибридов, путем опыления предварительно кастрированных бутонов – трудозатратный и долгий процесс. Облегчает эту задачу введение в селекционный процесс линий с функциональной мужской стерильностью (ФМС), которые производят жизнеспособную пыльцу, но являются стерильными по механическим причинам. Гибридизация таких стерильных линий проводится легче и почти в два раза быстрее, чем фертильных. Поэтому одним из перспективных направлений селекции томатов в ФГБНУ «ФНЦ риса» является создание линий с ФМС, несущих гены устойчивости к основным заболеваниям юга России и создание на их основе гетерозисных гибридов различного целевого направления.

Цель исследований

Создание селекционного материала томата различного направления с генами устойчивости к альтернариозу, фузариозу и фитофторозу путем внутривидовой гибридизации на базе линий с функциональной мужской стерильностью.

Материалы и методы.

Исследования проводили в лабораторных условиях, селекционной пленочной теплице и камере искусственного климата ФГБНУ «ФНЦ риса». Материалом для исследований служили стерильные линии томата, коллекционный, селекционный материал, сорта, гибриды селекции ФГБНУ «ФНЦ риса» и коллекции Федерального исследовательского центра "Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова". В селекционной работе использовали методы классической селекции на основе результатов молекулярно-генетического анализа.

Молекулярно-генетический анализ образцов проводился в лаборатории информационных, цифровых и биотехнологий ФГБНУ «ФНЦ риса». Молекулярно-генетический анализ проводился при помощи ПЦР с использованием SCAR и SNP-маркеров. Идентификация гена устойчивости к фитофторозу *Ph3* проводилась с использованием маркера R2M1S. Наличие гена устойчивости к фузариозному увяданию *I2* определялось с использованием праймерной пары *I-2/5*, гена устойчивости к альтернариозу *Asc* – с помощью набора SSR-маркера 0022+0181 и 0022+1170. Электрофоретическое разделение продуктов амплификации проводилось при 200 В в течение 3 ч в 8 % ПААГ геле. [17,18,19]. Для молекулярно-генетического анализа ДНК выделялся образец ткани из свежесрезанной части листовой пластинки растений томата на стадии 4-5 листьев методом СТАВ с модификациями [20, 21].

На основе полученных в 2022 году результатов был создан новый селекционный материал путем гибридизации стерильных линий с донорами генов устойчивости *I-2*, *Asc* и *Ph3* из коллекции ВИРа в камере искусственного климата в осенне-зимний период. Отбор стерильных растений из расщепляющегося гибридного поколения проводили в питомнике гибридизации, размещающейся в пленочной весенней не отапливаемой теплице с боковой и коньковой вентиляцией.

Результаты и обсуждения

С 2015 года в селекционном питомнике проводились работы по созданию и изучению новых стерильных линий томата для открытого грунта. На основе материнских исходных форм с функциональной мужской стерильностью полудетерминантного типа роста и низкорослых доноров были созданы гибриды, обладающие целым рядом полезных хозяйственно-ценных признаков.

Из расщепляющихся популяций гибридов F_2 и F_3 путем индивидуального отбора получены новые формы различного назначения, отличающиеся по окраске и форме плода, обладающие признаком ФМС и адаптивных к условиям возделывания.

С 2018 года в отделе начата работа по введению в селекционный процесс генетического материала от

доноров, обладающих генами устойчивости к патогенам: фитофторозу (*Ph*), фузариозу (*I-2*) и альтернариозу (*Asc*). Ускорение процесса создания устойчивого селекционного материала возможно при применении современных методов, в частности молекулярного маркирования. Надо отметить, что данные подходы в нашем отделе применены на томате впервые, с целью создания устойчивого исходного материала, как стерильных линий, так и линий-опылителей, который планируется включить в дальнейшем в селекционный процесс.

Вовлечение линий с функциональной мужской стерильностью с заданными параметрами устойчивости к болезням и адаптивностью к условиям выращивания в процесс гибридизации позволяет создавать высокопродуктивные гетерозисные гибриды, способные конкурировать с зарубежными и отечественными аналогами.

Для создания генетически чистых гомозиготных материнских и отцовских форм с генами устойчивости провели ряд инбредных скрещиваний линий, имеющих гены интереса. Одновременно проводились отборы линейного материала по наличию и аллельному состоянию интересующего гена. Для этого совместно с лабораторией информационных, цифровых и биотехнологий провели анализ ДНК ФМС-линий и отцовских форм. Селекционный питомник ФМС – линий и линий-опылителей был представлен 188 образцами. В результате исследований выполнен скрининг селекционных образцов на наличие в их генотипах целевых генов устойчивости к альтернариозу, фузариозу и фитофторозу [18,19].

По итогу получен селекционный материал, который оценен по биометрическим показателям. Все выделившиеся линии имели хорошую нагрузку плодами. Работа по оценке перспективного материала с генами устойчивости будет продолжена, в том числе будет дана фенотипическая оценка и оценка комбинационной способности по продуктивности.

Все генотипы значительно различались как по размеру, так по форме и окраске плодов. Из таблицы 1 видно, что среди стерильных линий салатного назначения (106-1 и 107-2) имели крупные плоды красной и малиновой окраски, плоскоокруглой и округлой формы. Линии универсального назначения (101-2, 104-2, 124-6) - плоды массой до 100 грамм, плоскоокруглой и округлой формы, красной окраски, пригодные как для потребления в свежем виде, так и для переработки на тоματοпродукты. Образцы 91-1, 100-2 и 105-1 характеризовались мелкими плодами (50-70 г) округлой и кубовидной формы, что делает их пригодными для цельноплодного консервирования и переработки на тоματοпродукты.

Отсутствие сочленения плодоножки у образцов 91-1, 105-1, 107-2 и 124-6 косвенно указывает на возможность использования их в качестве реципиентов при селекции на сокращение количества сборов или машинную уборку.

По результатам ПЦР-анализа стерильных линий 4 образца (101-2, 104-2, 106-1 и 107-2) обладают генами устойчивости к фитофторозу (*Ph3*), 2 образца (100-2 и 124-6) – к фузариозному увяданию (*I-2*) и 4 образца (91-1, 101-2, 105-1, 106-1) к альтернариозу (*Asc*) [18,19].

Таблица 1. Характеристика выделенных стерильных образцов томата
Table 1. Characteristics of isolated sterile tomato samples

Образец	Характеристика плодов			Наличие гена устойчивости	Дружность созревания, %	Наличие сочленения
	Вариация по массе, г	Форма	Окраска			
91-1	50-70	округлая	желто-зеленая	Asc	80,1	отсутствует
100-2	50-70	округлая	красная	I-2	80,4	имеется
101-2	90-100	плоско-округлая	красная	Asc, Ph3	78,8	имеется
104-2	90-100	округлая	красная	Ph3	79,6	имеется
105-1	70-80	кубовидная	желтая	Asc		отсутствует
106-1	110-120	плоско-округлая	красная	Asc, Ph3	56,7	имеется
107-2	120-130	округлая	малиновый	Ph3	58,1	отсутствует
124-6	90-100	округлая	красная	I-2	79,1	отсутствует

Среди фертильных линий образцы салатного назначения (137-5 и 140-1) имеют плоды розово-малиновой окраски, сердцевидной и плоскоокруглой формы. Образцы универсального назначения 127-3 и 129-4 - средние плоды (80-100г) сердцевидной формы красной окраски. Образцы 94-5, 99-5, 92-3 и 95-2 характеризуются мелкими плодами округлой формы желтой и красной окраски с плотной мякотью и кожицей, подходящие для цельноплодного консервирования (табл. 2). Линии 94-5, 99-5 и 92-3 имеют признак несочлененной плодоножки.

Среди линий-опылителей по результатам ПЦР-анализа генами устойчивости к фитофторозу обладали образцы: 127-3, 129-4, 137-5, 140-1; к фузариозу: 127-3, 99-5, 137-5; к альтернариозу: 94-5, 92-3 и 95-2

Линии универсального и консервного направления характеризуются дружным созреванием плодов (78,3-82,9%), а линии салатного направления – растянутым (55,6-58,1%). Все выделившиеся линии относятся к растениям детерминантного типа, имеют хорошо облиственный куст, предохраняющий плоды от солнечных ожогов.

Таблица 2. Характеристика выделенных линий-опылителей томата
Table 2. Characteristics of selected tomato pollinator lines

Образец	Характеристика плодов			Наличие гена устойчивости	Дружность созревания, %	Наличие сочленения
	вариация по массе, г	форма	окраска			
127-3	80-90	сердцевидная	красная	I-2, Ph3	78,5	имеется
129-4	90-100	сердцевидная	красная	Ph3	78,3	имеется
94-5	50-70	округлая	желтая	Asc	82,6	отсутствует
99-5	70-90	округлая	красная	I-2	81,4	отсутствует
137-5	100-110	сердцевидная	розовая	I-2, Ph3	55,6	имеется
140-1	100-120	плоско-округлая	малиновая	Ph3	57,0	имеется
92-3	40-50	округлая	желтая	Asc	82,9	отсутствует
95-2	50-70	округлая	красная	Asc	82,5	имеется

Выводы

В результате научных исследований проведен скрининг имеющегося селекционного материала томата в отделе овощеводства. По результатам ДНК-анализа и по комплексу хозяйственно-ценных признаков выделены генотипы, имеющие различное целевое направление (салатные, универсальные и консервные) и гомозиготное состояние генов *Asc*, *Ph3* и *I-2*, контролирующих высокую толерантность к альтернариозу, фитофторозу и фузариозу. Среди стерильных линий 4 образца (101-2, 104-2, 106-1 и 107-2) обладают генами устойчивости к фитофторозу (*Ph3*), 2 образца (100-2 и 124-6) – к фузариозному увяданию (*I-2*) и 4 образца (91-1, 101-2, 105-1, 106-1) к альтернариозу (*Asc*), среди линий-опылителей генами устойчивости к фитофторозу обладают образцы: 127-3, 129-4, 137-5, 140-1; к фузариозу: 127-3, 99-5, 137-5; к

альтернариозу: 94-5, 92-3 и 95-2. Из всех образцов, имеющие комплекс генов устойчивости 4 образца обладают функциональной мужской стерильностью: 101-2, 106-1 (*Asc*, *Ph3*); 2 образца – линии-опылители: 127-3 и 137-5 (*I-2*, *Ph3*). Выделенные линии различаются по форме, массе и окраске плодов. Линии универсального и консервного направления характеризуются дружным созреванием плодов (78,3-82,9%), а линии салатного направления – растянутым (55,6-58,1%). Все выделившиеся линии относятся к растениям детерминантного типа, имеют хорошо облиственный куст, предохраняющий плоды от солнечных ожогов. Подобраны родительские формы для гибридизации. Будет продолжена работа по оценке перспективного материала с генами устойчивости, в том числе будет дана фенотипическая оценка и оценка комбинационной способности по продуктивности.

• Литература

1. Маковей М. Приоритетные направления в селекции томата и генотипические особенности сортов, предназначенных для выращивания в условиях Молдовы. *Știință, educație, cultură*. 2020;(1):388-395.
2. Нековаль С.Н., Захарченко А.В., Маскаленко О.А., Чурикова А.К. Оценка полевой устойчивости мутантных линий томата к альтернариозу в условиях Краснодарского края. *Биологическая защита растений - основа стабилизации агроэкосистем*. 2022. С. 290-296. <https://www.elibrary.ru/qdlkprq>
3. Еланский С.Н., Кокаева Л.Ю., Стацюк Н.В., Дьяков Ю.Т. Структура и динамика популяций *Phytophthora infestans* – возбудителя фитофтороза картофеля и томата. *Защита картофеля*. 2017;(3):3-44. <https://www.elibrary.ru/yoafxs>
4. Panthee D.R., Randy G.G., Ragy I., Anderson C., Dilip R. Molecular markers associated with Ph-3 gene conferring late blight resistance in tomato. *American Journal of Plant Sciences*. 2015;6(13):2144-2150. <https://doi.org/10.4236/ajps.2015.613216>
5. Shekasteband R., Hutton S.F., Scott J.W. Designing new DNA markers and determining the effective size of Ph-2 and Ph-3 introgressions for late blight resistance stacking purposes in tomato. *TGC REPORT*. 2015;(65):24-27. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13240.56320>
6. Jung J., Jung Kim H., Je Min Lee, Sik Oh C., Lee H.-J., Yeam I. Gene-based molecular marker system for multiple disease resistances in tomato against. Tomato yellow leaf curl virus, late blight, and verticillium wilt. *Euphytica*. 2015;(16):601-603. <https://doi.org/10.1007/s10681-015-1442-z>
7. Robbins M.D., Masud M.A., Panthee D.R., Gardner R.G., Francis D.M., Stevens M.R Marker-assisted selection for coupling phase resistance to tomato spotted wilt virus and *Phytophthora infestans* (late blight) in tomato. *HortScience*. 2010;45(10):1424-1428. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.45.10.1424>
8. Маслова М.В., Шамшин И.Н., Грошева Е.В., Ильичев А.С. Молекулярно-генетические основы устойчивости томата к основным грибным болезням. *Овощи России*. 2023;(6):28-39. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-6-28-39> <https://www.elibrary.ru/gprasi>
9. Brandwagt B.F., Mesbah L., Laurent P., Takken F.L., Kneppers T.J., Nijkamp H.J. The Interaction of *Alternaria Alternata* F. Sp. *Lycopersici*

- and its AAL-Toxins with Tomato. *Biology*.1998;(13):317-330. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-5218-1-36>
10. Антох Л.П., Салтанович Т.И. Тестирование и классификация генотипов томата по устойчивости к альтернариозу по признакам мужского гаметофита. *Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования*. 2017;(S13):267-269. <https://www.elibrary.ru/ypspqb>
 11. Еланский С.Н., Побединская М.А., Плуталов П.Н., Романова С.С., Кокаева Л.Ю., Александрова А.В. Устойчивость российских штаммов возбудителей альтернариоза картофеля и томата к азоксибробину. *Защита картофеля*. 2011;(2):14-19. <https://www.elibrary.ru/veraxl>
 12. Авдеев Ю.И. Генетический анализ растений. Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2004. 379 с.
 13. Шевченко Г.Н. Устойчивость сортов томата к местным расам *Fusarium oxysporum*. *Селекция, семеноводство и технологии выращивания овощных, бахчевых, технических и кормовых культур*. 2014;(1):156-160. <https://www.elibrary.ru/sycuuf>
 14. Нгуен Т.Л. Комбинационная способность стерильных индетерминантных и фертильных детерминантных линий томата с групповой устойчивостью к заболеваниям. 2015. <https://www.elibrary.ru/zpunzb>
 15. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов по состоянию на 21 февраля 2022 г. С. 163-344.
 16. Козлова И.В. Создание новых стерильных линий томата с ценными хозяйственными признаками в условиях юга России. *Известия ФНЦО*. 2020;(2):43-48. <https://doi.org/10.18619/2658-4832-2020-2-43-48> <https://www.elibrary.ru/mtfbtj>
 17. Овод Е.И., Дубина Е.В. ДНК – технологии в селекции томата на устойчивость к фитофторозу. Проблемы селекции - 2022: Тезисы докладов международной научной конференции, Москва, 12–15 октября 2022 года. Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. С. 97. <https://www.elibrary.ru/yqwmgw>
 18. Корж С.О., Овод Е.И., Кушнир А.И., Горун О.Л., Дубина Е.В., Козлова И.В., Назаров А.Л. Молекулярно-генетическая оценка селекционного материала томата на устойчивость к фитофторозу, фузариозу и вирусу табачной мозаики. *Агрофизика*. 2023;(1)^8-14. <https://doi.org/10.25695/AGRPH.2023.01.02> <https://www.elibrary.ru/vhqshk>
 19. Корж С.О., Дубина Е.В. Поиск молекулярного маркера гена

устойчивости к альтернариозному раку стеблей томата. *Рисоводство*. 2022;4(57):89-94. <https://doi.org/10.33775/1684-2464-2022-57-4-89-94> <https://www.elibrary.ru/ryeylv>

20. Горун О.Л., Дубина Е.В., Козлова И.В., Балясный И.В., Гаркуша С.В. ДНК-технологии (молекулярное маркирование) в селекции томата на устойчивость к Tobacco Mosaic Virus. *Овощи России*. 2021;(4):34-41. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-34-41> <https://www.elibrary.ru/flwlmr>

21. Кондратенко Е.И., Нетипанова Н.В., Ломтева Н.А., Касимова С.К., Скворцова И.А., Кузина Т.В. Цитогенетические и молекулярно-биологические методы анализа растений. Астрахань: Издательский дом "Астраханский университет", 2015. 68 с. ISBN 978-5-9926-0834-2. <https://www.elibrary.ru/ujblzd>

References

1. Makovei M. Priority directions in tomato breeding and genotypic features of varieties intended for cultivation in Moldova. *Știință, educație, cultură*. 2020;(1):388-395.
2. Nekoval S.N., Zakharchenko A.V., Maskalenko O.A., Churikova A.K. Assessment of the field resistance of mutant tomato lines to *Alternaria* in Krasnodar krai. *Biological protection of plants-the basis for stabilization of agroecosystems*. 2022. Pp. 290-296. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/qdlkpq>
3. Elansky S.N., Kokaeva L.Yu., Statsyuk N.V., Dyakov Yu.T. Population structure and dynamics of *Phytophthora infestans*, a causative agent of the late blight of potato and tomato. *Potato protection*. 2017;(3):3-44. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/yoafxz>
4. Panthee D.R., Randy G.G., Ragy I., Anderson C., Dilip R. Molecular markers associated with Ph-3 gene conferring late blight resistance in tomato. *American Journal of Plant Sciences*. 2015;6(13):2144-2150. <https://doi.org/10.4236/ajps.2015.613216>
5. Shekasteband R., Hutton S.F., Scott J.W. Designing new DNA markers and determining the effective size of *Ph-2* and *Ph-3* introgressions for late blight resistance stacking purposes in tomato. *TGC REPORT*. 2015;(65):24-27. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13240.56320>
6. Jung J., Jung Kim H., Je Min Lee, Sik Oh C., Lee H.-J., Yeam I. Gene-based molecular marker system for multiple disease resistances in tomato against. Tomato yellow leaf curl virus, late blight, and verticillium wilt. *Euphytica*. 2015;(16):601-603. <https://doi.org/10.1007/s10681-015-1442-z>
7. Robbins M.D., Masud M.A., Panthee D.R., Gardner R.G., Francis D.M., Stevens M.R Marker-assisted selection for coupling phase resistance to tomato spotted wilt virus and *Phytophthora infestans* (late blight) in tomato. *HortScience*. 2010;45(10):1424-1428. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.45.10.1424>
8. Maslova M.V., Shamshin I.N., Grosheva E.V., Ilyichev A.S. Molecular and genetic basis of tomato resistance to major fungal diseases. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(6):28-39. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-6-28-39>

<https://www.elibrary.ru/gprasi>

9. Brandwagt B.F., Mesbah L., Laurent P., Takken F.L., Kneppers T.J., Nijkamp H.J. The Interaction of *Alternaria Alternata* F. Sp. Lycopersici and its AAL-Toxins with Tomato. *Biology*.1998;(13):317-330. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-5218-1-36>
10. Antoch L.P., Saltanovich T.I. Testing and classification of tomato genotypes for resistance to alternariasis by signs of male gametophyte. *New and non-traditional plants and prospects for their use*. 2017;(S13):267-269. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/ypspqb>
11. Elansky S.N., Pobedinskaya M.A., Plutalov P.N., Romanova S.S., Kokaeva L.Yu., Alexandrova A.V. Resistance of Russian strains of potato and tomato alternariasis pathogens to azoxystrobin. *Potato protection*. 2011;(2):14-19. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/vepaxl>
12. Avdeev Yu. I. Genetic analysis of plants. – Astrakhan: Publishing house "Astrakhan University", 2004. 379 p. (In Russ.)
13. Shevchenko G.N. Resistance tomato varieties to local races of *Fusarium oxysporum*. *Breeding, seed production and technologies for growing vegetable, melon, technical and forage crops*. 2014;(1):156-160. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/sycuuf>
14. Nguyen T.L. The combinational ability of sterile indeterminate and fertile determinant tomato lines with group resistance to diseases. 2015. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/zpunzb>
15. State Catalog of Pesticides and Agrochemicals as of February 21, 2022. pp. 163-344.
16. Kozlova I.V. Development of new sterile tomato lines with valuable economic traits in the south of Russia. *News of FSVS*. 2020;(2):43-48. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2658-4832-2020-2-43-48> <https://www.elibrary.ru/mtfbtj>
17. Ovod E.I., Dubina E.V. DNA technologies in tomato breeding for late blight resistance. Problems of breeding – 2022 : Abstracts of the international scientific conference, Moscow, October 12-15, 2022. Moscow: Russian State Agrarian University - Timiryazev Agricultural Academy, 2022. P. 97. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/yqwmgs>
18. Korzh S.O., Ovod E.I., Kushnir A.I., Gorun O.L., Dubina E.V., Kozlova I.V., Nazarov A.L. Molecular genetic evaluation of tomato breeding material for resistance to late blight, fusarium and tobacco mosaic virus. *Agrophysica*. 2023;(1):8-14. (In Russ.) <https://doi.org/10.25695/AGRPH.2023.01.02> <https://www.elibrary.ru/vhqshk>
19. Korzh S.O., Dubina E.V. Search for a molecular marker of the gene of resistance to *Alternaria* stem canker tomato. *Rice growing*. 2022;4(57):89-94. (In Russ.) <https://doi.org/10.33775/1684-2464-2022-57-4-89-94> <https://www.elibrary.ru/ryeylv>
20. Gorun O.L., Dubina E.V., Kozlova I.V., Balyasny I.V., Garkusha S.V. DNA technologies (molecular marking) in tomato breeding for resistance to Tobacco Mosaic Virus. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(4):34-41. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-34-41> <https://www.elibrary.ru/flwlmr>
21. Kondratenko E. I. et al. Cytogenetic and molecular biological methods of plant analysis. ISBN 978-5-9926-0834-2. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/ujblzd>

Об авторах:

Ирина Викторовна Козлова – научный сотрудник отдела овощеводства, <https://orcid.org/0000-0002-4057-6392>, SPIN-код: 2562-5002, автор для переписки, k.irina1967@mail.ru

Елена Александровна Мазыкина – младший научный сотрудник отдела овощеводства, <https://orcid.org/0009-0001-7905-8963>, SPIN-код: 4089-4138, elenamazykina99@mail.ru

About the Authors:

Irina V. Kozlova – Researcher of the Vegetable Growing Department, k.irina1967@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4057-6392>, SPIN-code: 2562-5002, Corresponding Author, k.irina1967@mail.ru

Elena A. Mazykina – Junior Researcher at the Vegetable Growing Department, <https://orcid.org/0009-0001-7905-8963>, SPIN-code: 4089-4138, elenamazykina99@mail.ru