

Обзор / Review

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-4-5-14>
УДК: 631.524.86

И.А. Енгальчева*,
Е.Г. Козарь,
А.А. Ушаков

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр овощеводства" (ФГБНУ ФНЦО) 143072, Россия, Московская область, Одинцовский район, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14

*Автор для переписки: engirina1980@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов при написании данной работы.

Вклад авторов: Енгальчева И.А.: концептуализация, написание черновика рукописи. Козарь Е.Г.: рецензирование и редактирование рукописи. Ушаков А.А.: рецензирование и редактирование рукописи, подготовка списка литературы. Все авторы принимали участие в написании статьи.

Для цитирования: Енгальчева И.А., Козарь Е.Г., Ушаков А.А. Селекция на иммунитет в ФГБНУ ФНЦО – история и современность. *Овощи России*. 2024;(4):5-14. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-4-5-14>

Поступила в редакцию: 27.05.2024

Принята к печати: 25.06.2024

Опубликована: 08.07.2024

Irina A. Engalycheva*,
Elena G. Kozar,
Alexander A. Ushakov

Federal State Budgetary Scientific Institution
Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC)
14, Seleccionnaya str., VNISSOK, Odintsovo district,
Moscow region, Russia, 143072

*Corresponding Author: engirina1980@mail.ru

Conflict of interest. The authors declare that there are no conflicts of interest.

Authors' Contribution: Engalycheva I.A.: conceptualization, writing the draft manuscript. Kozar E.G.: reviewing and editing the manuscript. Ushakov A.A.: reviewing and editing the manuscript, preparing the list of references. All authors took part in writing the manuscript.

For citation: Engalycheva I.A., Kozar E.G., Ushakov A.A. Selection for immunity in FSBSI FSVC – history and modernity. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(4):5-14. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-4-5-14>

Received: 27.05.2024

Accepted for publication: 25.06.2024

Published: 08.07.2024

Селекция на иммунитет в ФГБНУ ФНЦО – история и современность

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Поддержание фитосанитарного состояния овощных и бахчевых культур является важным составляющим звеном в технологиях возделывания новых и перспективных сортов и гибридов, поскольку потери от болезней различной этиологии достигают 30% и более. Это определяет необходимость проведения иммунологических исследований устойчивости овощных и бахчевых культур к фитопатогенам различной этиологии, где основной стратегии создания новых сортов и гибридов является совместная работа селекционера и фитопатолога. Для этого важно ежегодно проводить изучение видового состава с целью выявления новых вредоносных объектов, оказывающих негативное влияние на рентабельность производства, а также разработки мероприятий по защите овощных культур от наиболее вредоносных и экономически значимых вредителей и болезней.

Методы исследований и результаты. Обширная опытная сеть ФГБНУ ФНЦО в различных эколого-географических зонах позволяет испытывать сорта и гибриды овощных и бахчевых культур в различных почвенно-климатических условиях, в том числе проводить их оценку к наиболее вредоносным фитопатогенам в данных регионах. В данной обзорной статье кратко освещены основные этапы истории развития и современные направления фитопатологических исследований в России и ФГБНУ ФНЦО. Представлены наиболее значимые достижения ученых ФГБНУ ФНЦО, направленные на комплексное изучение современного состояния популяций возбудителей болезней на овощных и бахчевых культурах, факторов устойчивости, контролирующих взаимодействие организмов в патосистемах, в том числе и генетических, на оптимизацию и разработку новых методических подходов в селекции на иммунитет и научного обоснования рекомендуемых современных систем защиты.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

устойчивость, овощные культуры, фитомониторинг, фитопатогены, защита растений, сорт

Selection for immunity in FSBSI FSVC – history and modernity

ABSTRACT

Relevance. Maintaining the phytosanitary condition of vegetable and melon crops is an important component in the technologies of cultivation of new and promising varieties and hybrids, since losses from diseases of various etiologies reach 30% or more. This determines the need for immunological studies of the resistance of vegetable and melon crops to phytopathogens of various etiologies, where the basis of the strategy for creating new varieties and hybrids is the joint work of a breeder and a phytopathologist. To do this, it is important to conduct an annual study of the species composition in order to identify new harmful objects that have a negative impact on the profitability of production, as well as to develop measures to protect vegetable crops from the most harmful and economically significant pests and diseases.

Methodology and Results. The extensive experimental network of the Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC) in various ecological and geographical zones allows testing varieties and hybrids of vegetable and melon crops in various soil and climatic conditions, including evaluating them for the most harmful phytopathogens in these regions. This review article briefly highlights the main stages of the history of development and current trends in phytopathological research in Russia and our center. The most significant achievements of scientists of the FSBSI FSVC are presented, aimed at a comprehensive study of the current state of populations of pathogens on vegetable and melon crops, resistance factors controlling the interaction of organisms in pathosystems, including genetic ones, optimization and development of new methodological approaches in breeding for immunity and scientific justification of recommended modern protection systems.

KEYWORDS:

sustainability, vegetable crops, phytomonitoring, phytopathogens, plant protection, variety

В 2024 году исполняется 105 лет с даты выхода монографии выдающегося ученого Николая Ивановича Вавилова «Иммунитет растений к инфекционным заболеваниям», представленной научному сообществу в 1919 году, в которой были сформулированы и подытожены опубликованные им ранее основополагающие принципы учения об иммунитете растений. Данный труд Н.И. Вавилова представлял изложение теории «физиологического иммунитета» основной концепцией которой был постулат что «иммунитет растений связан с биологической специализацией паразитов по родам и видам растений и обусловлен процессом дивергенции хозяина и паразита в их эволюции».

Благодаря Николаю Ивановичу впервые практическая задача создания сортов культурных растений, устойчивых к болезням и вредителям, получила теоретическое научное обоснование: иммунитет связан с генетической природой растения, поэтому реакция растения-хозяина на внедрение паразита определяется генетическим положением хозяина сравнительно с другими близкими видами. Н.И. Вавилов считал, что, приступая к селекции на иммунитет, надо знать не только биологию паразита и его специализацию, но и биологические, эпифитотические особенности патосистемы «растение-паразит», а также основы механизмов устойчивости растений.

Развитие теории «физиологического иммунитета» последователями и учениками Н.И. Вавилова (селекционерами, генетиками, фитопатологами, ботаниками) позволило к настоящему времени открыть весьма важные для селекции на иммунитет закономерности сопряжённой эволюции хозяина и паразита при совместном их развитии. В том числе благодаря важным работам Н.И. Вавилова, начиная с 20-х годов XX столетия в нашей стране были организованы специализированные институты: в 1919 году – Научно-исследовательский институт по удобрениям и инсектофунгицидам (ныне ОАО НИУИФ), в 1929 году по инициативе Н.И. Вавилова – Всероссийский институт защиты растений (ныне ФГБНУ ВИЗР), в 1958 году – на базе Московской станции защиты растений – Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии (ФГБНУ ВНИИФ) и другие.

С развитием в России научных направлений по энтомологии, фитопатологии, защите растений потребовались квалифицированные кадры для сельского хозяйства, и при отраслевых институтах стали создавать отделы защиты растений, где также начинается научно-исследовательская работа по изучению устойчивости растений к вредителям и болезням. Создание таких лабораторий было инициировано для решения проблемы ежегодных потерь в народном хозяйстве от вредителей и болезней, которые составляли порядка 1430 млн золотых рублей, что равнялось 25% государственного бюджета того времени.

На Грибовской овощной селекционной опытной станции первые исследования в этом направлении были начаты в 1931 году, а в 1935 году создан отдел по защите овощных культур под руководством энтомолога, кандидата с.-х. наук И.П. Масленникова, который первым в нашем учреждении стал развивать теоретическую базу защиты овощных культур и планомерно

осуществлять мероприятия по борьбе с вредителями и болезнями.

В 1943 году отдел был преобразован в лабораторию защиты растений, которой до 1957 года руководила кандидат с.-х. наук фитопатолог А.С. Пименова. В эти годы сотрудники отдела совместно с видными учеными страны проводили исследования, связанные с изучением видового состава, биофенологии вредителей, а также биологии и этиологии возбудителей болезней овощных культур. В результате были подготовлены первые инструкции для практического овощеводства по борьбе с вредоносными болезнями и вредителями, которые имели экономическую значимость в то время – слизистый бактериоз капусты, фомоз моркови, вредители культур семейства Крестоцветные, морковная муха и луковый скрытнохоботник. Исследования выдающихся ученых, таких как И.П. Масленников, А.С. Пименова, Б.А. Герасимов, Е.А. Осницкая легли в основу трудов, которые имеют практическую ценность и в настоящее время [1,2,3,4,5,6].

С конца 50-х годов прошлого столетия, благодаря научным концепциям Н.И. Вавилова, в лаборатории начаты первые иммунологические исследования по устойчивости растений к инфекционным болезням. В этот период в структурном подразделении разрабатываются пионерские методики оценки устойчивости овощных культур к наиболее вредоносным болезням на основе изучения биологических особенностей их возбудителей. Изучаются культуральные свойства фитопатогенов, устанавливаются оптимальные параметры выращивания чистых культур, разрабатываются способы поддержания агрессивности патогенов и сохранения инфекционного начала с целью создания эффективных инфекционных фонов.

Изучение фундаментальных и прикладных основ фитопатологии и фитоиммунологии, научно обоснованных методов защиты растений от болезней и вредителей в последующие годы становится одним из приоритетных направлений отечественной сельскохозяйственной науки. Поэтому во Всероссийском НИИ селекции и семеноводства овощных культур (ВНИИС-СОК) – преемнике Грибовской овощной селекционной опытной станции, в 1978 году под руководством видного ученого, доктора с.-х. наук, академика ВАСХНИЛ, общественного деятеля Н.М. Голышина создан отдел, в состав которого вошли две лаборатории: лаборатория иммунитета и лаборатория защиты растений овощных культур от болезней и вредителей. Позже в результате проведенной реорганизации вновь происходит их слияние в одну лабораторию, научными исследованиями которой с 1994 по 2004 год руководил доктор с.-х. наук, профессор, А.Н. Самохвалов, а с 2004 по 2016 годы – кандидат с.-х. наук Ушаков А.А. С 2016 года, после образования на базе института Федерального Научного Центра Овощеводства (ФГБНУ ФНЦО) и по настоящее время руководителем лаборатории иммунитета и защиты овощных культур является кандидат с.-х. наук Енгальчева И.А. На базе этой лаборатории в 2022 году в рамках национального проекта «Наука» была создана молодежная лаборатория молекулярно-иммунологических исследований, которая продолжает традиции Н.И. Вавилова и видных ученых, в разное время проводивших фитопатологические исследования.

Важно подчеркнуть, что научная деятельность лаборатории иммунитета и защиты растений, а сейчас и лаборатории молекулярно-иммунологических исследований, неразрывно связаны не только с важнейшими этапами становления центра овощеводства, но и с динамичной историей развития всей фитосанитарной службы в отрасли овощеводства страны в целом.

В настоящее время по данным ФАО, в мире ежегодно теряется до 40% сельскохозяйственной продукции в результате эпифитотийных ситуаций, создаваемых вредными организмами, что напрямую угрожает продовольственной безопасности [7,8]. Фитомониторинг патогенного комплекса в различных эколого-географических зонах в течение последних лет на сельскохозяйственных культурах, в том числе и овощных, указывает на расширение ареалов вредоносных фитопатогенов, изменение численности их популяций, характера занимаемых ими экологических ниш, смене доминирующих видов в сообществах, повышении вирулентности и агрессивности ранее малопатогенных микроорганизмов [9,10]. Причины таких популяционных изменений зачастую связаны с экологическими факторами, которые оказывают влияние на взаимоотношения в системе «фитопатоген-растение-хозяин» [11,12,13].

Микологами, бактериологами и вирусологами лаборатории иммунитета за последний полувековой период практически по всем основным овощным культурам проведены фундаментальные исследования в системах «патоген-хозяин» с учетом внутривидовых изменений возбудителей (на уровне штаммов и рас по признаку патогенности) наиболее вредоносных болезней, в том числе и с применением метода кластерного анализа. Во все годы, вплоть до настоящего времени, ведется работа по изучению видовых и сортовых особенностей иммунного ответа овощных растений, разрабатываются и усовершенствуются методики оценки

и отбора на устойчивость. Совместно с селекционными лабораториями луковых, тыквенных, пасленовых, бобовых, капустных культур, столовых корнеплодов проводится скрининг различного исходного материала, поиск источников устойчивости к возбудителям болезней различной этиологии. Если проанализировать весь комплекс исследований лаборатории за практически вековой период, то его можно представить в виде следующей схемы основных этапов нашей работы (рис.).

К концу XX века в ФБГНУ ФНЦО особое внимание стали уделять изучению микозов – наиболее распространенных и вредоносных болезней овощных культур. В результате проведения широкомасштабных микологических исследований М.В. Ореховской, Н.Н. Коргановой, Л.Т. Тиминой, Л.К. Гуркиной, С.Н. Шклярю, В.Б.Беляевой, Г.Ф. Першиной, С.Н. Нечаевой, К.С. Шестаковой уточнен видовой состав, выявлены новые виды, определены особенности проявления микозов на овощных культурах в различных регионах возделывания. Данные иммунологической оценки различного коллекционного и селекционного материала позволили более целенаправленно вести селекцию и ускорить создание устойчивых сортов следующих культур: огурца (к бурой пятнистости листьев, аскохитозу, оливковой пятнистости), томата (к фитофторозу, кладоспориозу), капусты (к киле), моркови (к фомозу, альтернариозу, фузариозу, бурой пятнистости листьев), лука (к пероноспорозу), чеснока (к фузариозу), гороха, фасоли (к корневым гнилям) [14,15,16,17,18].

Но в последние 20 лет изменилась парадигма идентификации фитопатогенных грибов, определительные ключи практически утратили своё значение [19]. Развитие молекулярной филогении за последние два десятилетия стало важным достижением в систематике грибов. Использование мультилокусного секвениро-



Рис. Общая схема основных этапов фитопатологических и иммунологических исследований в селекции овощных и бахчевых культур на устойчивость в ФБГНУ ФНЦО

Fig. The general scheme of the main stages of phytopathological and immunological studies in the selection of vegetable and melon crops for resistance in the Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVС)

вания в сочетании с филогенетическим анализом представляется наиболее удобным и обоснованным в методологическом аспекте для определения видов в рамках эволюционной концепции видов, которая сейчас наиболее востребована среди микологов и, очевидно, останется популярной в ближайшем будущем [20]. В сообщении Ганнибала (2024) указывается, что таксономические преобразования коснулись отдельных видов внутри родов *Ascochyta*, *Phoma*, *Rhizoctonia*, *Septoria*, которые ранее по морфологическим признакам объединяли в один род, но теперь отнесены не только к разным родам, но иногда и к разным семействам, и даже порядкам.

В последние годы серьезной угрозой на овощных и бахчевых культурах как в нашей стране, так и во всем мире, является поражение возбудителями фузариоза – грибами *Fusarium*, вызывающими сосудистое увядание, листовые пятнистости и гнили плодов. По разным оценкам зарубежных и отечественных исследователей, потери урожая от данных возбудителей составляют от 10% до 80% в зависимости от условий года, климатической зоны и набора выращиваемых сортов [21]. Интересным является тот факт, что начала усиливаться вредоносность видов *Fusarium*, ранее считавшихся слабопатогенными или приуроченными к определенным климатическим зонам [22]. Исследователи указывают, что высокие потери урожая связаны с отсутствием своевременных мониторинговых исследований по видовой идентификации, и как следствие, недооцененностью этих видов как возбудителей болезней [23].

В этом плане на базе ФГБНУ ФНЦО начаты целенаправленные исследования современного видового состава грибов *Fusarium* на основных овощных культурах. Впервые для условий южных регионов России с использованием комбинации молекулярно-генетического и морфологического подходов проведена идентификация и установлена таксономическая принадлежность грибов *Fusarium* – возбудителей фузариозного увядания на культуре перца сладкого [24]. В структуре патоконплекса возбудителей фузариозного увядания в Краснодарском крае и Крыму идентифицировано и описано семь видов *F. clavus*, *F. oxysporum*, *F. equiseti*, *F. solani*, *F. verticillioides*, *F. torulosum*, *F. sporotrichioides*. Впервые установлена высокая патогенность для культуры перца видов *F. clavum* и *F. verticillioides*, ассоциированных с этой болезнью. В зависимости от региона были отмечены особенности видового разнообразия и соотношение этих видов в патоконплексах.

Проведена идентификация грибов *Fusarium* на культурах семейства *Alliaceae*. Установлено, что в патогенезе базальной гнили лука участвуют виды *F. annulatum*, *F. oxysporum*, *F. acuminatum*, *F. solani*. Причем впервые продемонстрирована высокая агрессивность штаммов *F. annulatum* и *F. acuminatum* в отношении лука и способность вызывать базальную гниль на данной культуре в условиях средней полосы РФ. Изучение соотношения этих видов в патоконплексе фузариозной гнили выявило доминирование *F. annulatum* и *F. oxysporum* [25].

С использованием мультидисциплинарного подхода учеными ФГБНУ ФНЦО совместно с коллегами ФИЦ Биотехнологии РАН впервые проведена количествен-

ная оценка соотношения основных возбудителей фузариозной сухой гнили чеснока на территории Московской области [26,27]. В пределах рода *Fusarium* были идентифицированы шесть видов: *F. proliferatum*, *F. oxysporum*, *F. poae*, *F. verticillioides*, *F. culmorum* и *F. acuminatum*, из которых *F. proliferatum* оказался доминирующим. Показано, что наличие в фитопатогенном комплексе в посевах чеснока грибов других родов (*Botrytis*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Embellisia*, *Aspergillus*, *Sclerotium*, *Rhizoctonia solani*, *Volutella rosea* и *Ceratobasidium* sp.) усиливает вредоносность видов *Fusarium*.

В ФГБНУ ФНЦО изучается также роль других микромицетов в проявлении экономически значимых болезней на овощных и бахчевых культурах в различных эколого-географических регионах. Проявление одних носит постоянный характер и сопровождается значительным снижением урожайности, других – спорадический характер возникновения эпифитотий. Так, проведен анализ структуры патогенного комплекса бобов овощных, представленный во все годы исследований возбудителями шоколадной пятнистости (*Botrytis fabae*), аскохитоза (*Ascochyta fabae*), фузариозного увядания (*Fusarium solani*, *F. oxysporum* v. *oxysporum*, *F. sambucinum*, *F. sporotrichiella*) [28]. В отдельные годы зарегистрированы эпифитотии ржавчины бобов (*Uromyces viciae-fabae*) и стемфиллиоза (*Stemphylium* spp.).

Многолетний мониторинг санитарного состояния корнеплодов моркови столовой в условиях хранения показывает, что среди наиболее вредоносных болезней в Московской области доминирующей является белая гниль, от степени распространения которой зависит процент сохранности корнеплодов. Ее распространенность в разные годы исследований может достигать 73% [29]. Установлено, что в условиях Московской области в патогенезе белой гнили наибольшей вредоносностью обладает возбудитель *Sclerotinia sclerotiorum*. Распространенность *S. nivalis* носит спорадический характер, поражая от 16 % до 23 % корнеплодов в зависимости от года и устойчивости образца. Кроме моркови, участие *S. nivalis* в патогенезе белой гнили в последние годы отмечено и на других корнеплодных культурах, в частности на корнеплодах пастернака посевного и редиса европейского [30]. Это свидетельствует о том, что наиболее агрессивные изоляты этого патогена в дальнейшем должны быть включены в селекционные программы по созданию устойчивых форм этих культур. Впервые отмечено спорадическое появление на корнеплодных культурах в период хранения некоторых микромицетов: на моркови столовой – *Gleocladium roseum*, *Trichotecium roseum*, *Chaetomium* spp., на свекле – *Typhula ishikariensis* [31].

Сотрудниками ФГБНУ ФНЦО подготовлены методические рекомендации, включающие методы комплексной оценки и отбора селекционного материала моркови столовой на толерантность к патогенам *Alternaria dauci*, *Alternaria radicina* и *Fusarium oxysporum* в условиях естественного инфекционного фона в селекционном севообороте, на двух провокационных инфекционных фонах, а также представлены методы оценки в лабораторных условиях. Обоснованы схемы селекционного процесса создания сортов и гибридов морко-

ви столовой с высокой устойчивостью к комплексу патогенов [32].

С начала 2000-х годов на свекле столовой в период хранения отмечено снижение вредоносности серой и белой гнилей и нарастание распространенности и агрессивности фузариоза, альтернариоза и бактериоза [33]. Причины таких популяционных сдвигов разнообразны и во многом связаны с экологическими факторами, которые определяют взаимоотношения в системе патоген-растение. Однако доминирующим видом возбудителей кагатной гнили в современных условиях Московской области является фомоз, распространенность которого резко увеличилась, начиная с 2020 года. Возбудитель фомоза – гриб *Phoma betae* Frank поражает растения на разных стадиях онтогенеза, приводя к значительным потерям урожая.

Одной из наиболее значимых болезней листовой розетки свеклы столовой, являющейся лимитирующим фактором при выращивании сортов для механизированной уборки, является церкоспороз, поражающий листья, черешки растений первого и второго года, стебли семенников. Агроклиматические условия для развития возбудителя церкоспороза – анаморфного гриба *Cercospora beticola* Sacc., в разных районах Московской области складываются не часто и в целом по региону за последние десять лет, благодаря своевременным обработкам, его развитие было ниже экономически значимого 5% порога вредоносности [https://rosselhocenter.com]. Распространение церкоспороза на производственных посевах свеклы столовой носит локальный характер, и ежегодно отмечается только в южных районах области, но в 2019 (защищенный грунт) и 2023 годах (открытый грунт) были зарегистрированы вспышки этой болезни и на западе, в Одинцовском районе. Этому способствовали достаточно высокая среднесуточная температура (19,6 °C) и относительная влажность воздуха (около 80 %) при избыточном количестве осадков в июле-августе [34,35].

Среди экономически значимых болезней для культур семейства Тыквенные настоящая мучнистая роса остается в числе наиболее вредоносных. Особенно это актуально для выращивания огурца в светокультуре и в условиях весенних-плёночных теплиц [36]. Согласно исследованиям, проведенным сотрудниками нашей лаборатории, с помощью молекулярно-генетического метода, изучения морфологии анаморфной стадии на растении-хозяине и растениях-дифференциаторах, установлено, что в патогенезе мучнистой росы в условиях Московской области на огурце участвует вид *Podosphaera xanthii* Poll., а на кабачке – *Erysiphe cichoracearum* и *P. xanthii* [37]. Вредоносность данных патогенов при оптимальных почвенно-климатических условиях может приводить к снижению урожайности до 20%, а в эпифитотийные годы – до 100% [38].

Сотрудниками головной организации ФГБНУ ФНЦО совместно с фитопатологами и селекционерами опытных станций ежегодно проводится фитомониторинг болезней на овощных и бахчевых культурах в различных эколого-географических зонах. Так, установлено, что в условиях Приморского края, помимо спорадических вспышек фитофтороза, большой вредоносностью на культуре томата обладает альтернариоз, возбудите-

лями которого являются крупноспорные виды рода *Alternaria* – *A. solani* и *A. linariae* и мелкоспорные – *A. alternata*, *A. infectoria*, *A. arborescens*, *A. tenuissima* [39]. Изучено как биологическое разнообразие видового состава грибов *Alternaria*, так и процентное соотношение их по степени агрессивности в отношении растения-хозяина, что, помимо погодных условий, существенно влияет на распространение и интенсивность развития альтернариоза на культуре томата в этой зоне возделывания.

На основе фитопатологической экспертизы на культуре дыни и арбуза проведен анализ структуры современного патоконтекста микромицетов в условиях Волгоградской области. Установлено, что патогенный комплекс микромицетов представлен грибами из родов *Fusarium*, *Alternaria*, *Colletotrichum*, *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Rhizopus* с доминированием грибов рода *Fusarium*. Представители данной группы выделялись с растений как с характерными симптомами фузариозного увядания, так и совместно с грибами *Colletotrichum*, вызывающими антракноз [40].

Отечественные и зарубежные специалисты в области иммунологии и защиты растений отмечают, что со второй половины прошлого века нарастает распространение болезней бактериальной этиологии [41]. Существующая серьезная недооценка их вредоносности и неправильной своевременной диагностики связана с трудностями и дорогостоящими исследованиями при видовой и расовой идентификации [42].

Учеными С.Н. Шклярком, А.Н. Самохваловым, А.А. Масловой, А.Н. Игнатовым, Ю.Б. Рогачевым, Е.Г. Козарь, А.А. Ушаковым в разные годы выполнены фундаментальные исследования по идентификации, разработке и усовершенствованию методик оценки и отбора на устойчивость к болезням **бактериальной этиологии**: капусты – к слизистому и сосудистому бактериозу, лука – к бактериальной шейковой гнили, фасоли – к бурому и угловатому бактериозам. Выпущены методические рекомендации по биологии и методам защиты от сосудистого бактериоза капусты, разработан и защищен авторским свидетельством на изобретение “Способ получения мутантных штаммов фитопатогенных бактерий” для вакцинации капусты против этой вредоносной болезни [43,44,45]. В результате современных исследований предложен методический подход к оценке устойчивости капусты белокочанной к *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* с использованием этиолированных и фотосинтезирующих проростков и изучены особенности влияния этого патогена на ростовые процессы в зависимости от расового состава возбудителя, степени устойчивости сорта [46].

В 80-90-е годы прошлого столетия научным сотрудником Н.П. Черемушкиной проведены важные исследования по изучению экологических связей **вирусных патогенов** в системе резерватор-переносчик-вирус и на их основе разработаны противовирусные мероприятия в семеноводстве различных видов лука и чеснока против наиболее вредоносных вирусопатогенов. Впервые идентифицирован опасный вредитель томата в Среднеазиатском регионе – эриофиидный клещ, который является вектор-переносчиком вирусной инфекции.

В последние годы также отмечается нарастание вредоносности фитовирусов, проявляющееся в снижении продуктивности и качества возделываемых сельскохозяйственных культур [41]. Учеными ФГБНУ ФНЦО на культуре салата (*Lactuca sativa* L.) идентифицированы вредоносные заболевания, вызываемые вирусом мозаики салата (*Lettuce mosaic virus*, LMV, *Potyvirus*, *Potyviridae*) и вирусом аспермии томата (*Tomato aspermy virus*, AsTV, *Cucumovirus*, *Bromoviridae*) [48]. На культурах семейства Fabaceae (фасоль, бобы, горошек душистый) в условиях Московского региона впервые идентифицированы вирус обыкновенной мозаики фасоли (*Bean common mosaic virus*, BCMV, *Potyvirus*, *Potyviridae*), вирус желтой мозаики фасоли (*Bean yellow mosaic virus*, BYMV, *Potyvirus*, *Potyviridae*), вирус обыкновенной мозаики гороха (*Pea mosaic virus*, PMV, *Potyvirus*, *Potyviridae*) [49,50,51]. Изучены биологические особенности московского изолята вируса обыкновенной мозаики фасоли. Установлено, что искусственная инокуляция вирусом при температуре ниже 26°C вызывала на молодых растениях фасоли вызвал слабую мозаику, тогда как при повышении температуры воздуха до 29°C на растениях фасоли появлялись типичные для вируса симптомы с последующей некротизацией пораженных тканей.

С помощью методов иммунодиагностики идентифицированы наиболее вредоносные и экономически значимые фитовирусы, поражающие культуры семейства Solanaceae (перец сладкий и томат): вирус табачной мозаики (*Tobacco mosaic virus*, TMV, *Tobamovirus*, *Virgaviridae*), вирус бронзовости томата (*Tomato spotted wilt virus*, TSWV, *Tospovirus*, *Bunyaviridae*), вирус огуречной мозаики (*Cucumber mosaic virus*, CMV, *Cucumovirus*, *Bromoviridae*), X-вирус картофеля (*Potato virus X*, PVX, *Potexvirus*, *Alphaflexiviridae*), Y-вирус картофеля (*Potato virus Y*, PVY, *Potyvirus*, *Potyviridae*), вирус мозаики люцерны (*Alfalfa mosaic virus*, AMV, *Alfamovirus*, *Bromoviridae*) [49].

В нашем центре также приоритетными являются исследования не только комплексного изучения изменчивости популяций возбудителей болезней, но и факторов устойчивости растений в различных патосистемах, в том числе и генетической. В разные годы изменялись и совершенствовались методические подходы иммунологических исследований. В этой связи особое значение имеют проведенные сотрудниками ФГБНУ ФНЦО работы по межвидовой гибридизации, как способ интрогрессии генов устойчивости. Данная селекционная технология впервые позволила получить генетически разнообразный материал овощных культур и выделить перспективные устойчивые формы. При тесном сотрудничестве селекционеров с лабораториями предбридингового центра (биотехнологии, генетики и цитологии, иммунитета и защиты растений) получены новые рекомбинантные формы межвидовых гибридов, устойчивых к наиболее вредоносным заболеваниям. Так, на основе созданных межвидовых форм *A. cepa* × *A. fistulosum*, *A. cepa* × *A. oschanini*, *A. cepa* × *A. vavilovi* получены новые сорта лука с низким баллом поражения пероноспорозом и высокой урожайностью – Изумрудный, Сигма, Золотые купола, Цепариус; среди гибридного потомства от комбинаций скрещивания видов моркови *Daucus carota* × *D. lispidifolius*, *D. carota* × *D.*

gingidium, *D. carota* × *D.c. ssp. libanotifolia* выделены формы с сочетанием высокой устойчивости к альтернариозу; получены линии салата с устойчивостью к вирусу аспермии томата; с вовлечением видов перца *Capsicum annum*, *C. frutescens*, *C. chinense* и *C. baccatum*, удалось создать линии перца, толерантные к вирусу бронзовости томата [51,52,53,54,55].

Усовершенствована селекционная технология комплексной оценки пасленовых культур на устойчивость к болезням и пониженным температурам – путем поэтапной оценки холодостойкости генотипов по спорофиту (на стадии прорастания семян и сеянцев) и микрогаметофиту (на стадии цветения) с последующей оценкой устойчивости к вирусу на искусственном провокационном фоне. Данная технология способствовала получению исходного материала, созданию сортов и гибридов F₁ с пониженной теплотребовательностью и высокой устойчивостью к фитопатогенам: перца – к вирусу бронзовости томата, томата – к фитофторозу и вирусу табачной мозаики [55,56].

Прогресс молекулярно-генетических исследований в области овощеводства в последние десятилетия открывает новые возможности для отечественной селекции, облегчая задачу поиска источников и ускоряя создание генетических коллекций доноров хозяйственно ценных признаков. При селекции на устойчивость к различным болезням использование ДНК-маркеров направлено как на идентификацию патогена, поиск доноров генов резистентности, так и непосредственно на проведение маркер-опосредованной селекции (MAS). В ФГБНУ ФНЦО большое внимание уделяется селекции на устойчивость к наиболее вредоносному заболеванию томата – фитофторозу, которое может уничтожить до 100% урожая. В результате исследований создан высокоспецифичный маркер Ph3-412 гена устойчивости томата к фитофторозу *Ph-3*. Показано, что в сортах томата отечественной селекции при наличии гена *Ph-3* отсутствуют другие гомологи этого гена. У проанализированных образцов, в которых был обнаружен ген *Ph-3*, в его последовательности присутствовала вставка ретротранспозона. Наличие такой вставки может приводить к потере функциональной активности гена *Ph-3*, что необходимо учитывать при проведении MAS-селекции на фитофтороустойчивость с использованием маркирования генотипов по данному гену. Созданный маркер Ph3-412 позволяет выявлять такие доноры при совместном применении с маркером NC-LB-9-6678 и обеспечивает возможность их использования в селекции. [57]. Методом молекулярно-генетического анализа были проанализированы селекционные образцы фасоли овощной по трем основным генам *I*, *bc-1²*, *bc-3*, различное сочетание которых отвечает за устойчивость растений к вирусу обыкновенной мозаики фасоли (ВОМФ). Установлено, что высокий уровень полевой устойчивости фасоли к этому вирусу обеспечивало как совместное сочетание доминантного гена *I* с рецессивными *bc-1²* и *bc-3*, так и рецессивная устойчивость без доминантного гена. Показано, что гены *bc-1²* и *bc-3*, в отличие от доминантного гена, не влияют на репликацию и перемещение вируса от клетки к клетке, но влияют на его системное распространение [50].

Таким образом, на основе комплексного подхода к оценке коллекционного и селекционного материала

овощных культур разными фитопатологическими и иммунологическими методами на разных инфекционных фонах (инфекционный, провокационный, естественный), методов молекулярного маркирования и фенотипирования, сотрудниками иммунитета ежегодно выделяются источники резистентности овощных культур к фитопатогенам различной этиологии.

В рамках исследований по расширению ассортимента рекомендованных для применения в сельскохозяйственном производстве средств защиты растений особого внимания заслуживает вклад видных ученых нашего центра Н.М. Голышина, К.А. Гара, А.И. Мельниковой, А.А. Масловой, Ю.Б. Рогачева. Был испытан широкий спектр перспективных, экологически малоопасных инсектицидов, фунгицидов, регуляторов роста растений, определена их биологическая активность. Так, для борьбы с перonosпорозом лука репчатого выявлены эффективные баковые смеси системных и контактных фунгицидов: арцерид, ридополихом, тубарид, оксихом, авиксил, поликарбацин, полимарцин, купрацин-1, хомецин. Препараты акробат и акробат МЦ включены в список разрешенных для применения на семеноводческих посевах огурца от перonosпороза. Разработаны четыре эффективных фунгицидных состава для защиты растений от фитопатогенных грибов, которые защищены авторскими свидетельствами на изобретение [59,60,61].

В настоящее время одной из важных теоретических и практических задач, решаемых в ФГБНУ ФНЦО – экологизация овощеводства путем применения в системе интегрированной защиты растений экологически безопасных препаратов на основе природных соединений. Испытание экспериментальных биопрепаратов, полученных учеными ФГБНУ ФНЦО на основе консорциумов живых культур микроорганизмов, показало перспективность их применения от альтернариоза при выращивании томата в условиях Приморского края [62], снижению инфекционной нагрузки в ризосфере и увеличению урожайности капусты [63], снижению накопления поллютантов (кадмия) при выращивании моркови и свеклы [64].

При совместном участии ученых института экологической генетики, физиологии и микробиологии

Республики Молдова, сотрудники ФГБНУ ФНЦО ведут успешную работу по изучению биологической активности вторичных метаболитов растительного происхождения, обладающих широким спектром адаптогенного и иммуномодулирующего действия на овощные растения из разных семейств [65,66]. С этой точки зрения интерес представляют присутствующие в тканях высших растений вещества, определяющие их природную устойчивость к патогенам. К соединениям такого рода относится ряд полифенольных соединений, а также водорастворимый антиоксидант пигмент амарантин. Высокая биологическая активность амарантина, выделенного из *Amaranthus tricolor*, в сочетании с антиоксидантными и антифидантными свойствами, делают его перспективным фактором стрессоустойчивости растений при инвазии паразитическими нематодами. Показаны адаптогенные свойства амарантина в отношении растений томата, зараженных галловой нематодой. В зараженных растениях комплекс защитных механизмов, индуцированных действием экзогенного амарантина, включал стабилизацию фотосинтетических процессов, накопление антиоксидантов-каротиноидов [67].

Учеными ФГБНУ ФНЦО подготовлены и опубликованы практические рекомендации по методам защиты овощных культур открытого грунта от болезней и вредителей с учетом современного фитосанитарного состояния, рассмотрены приемы снижения вредности фитопатогенов, предложены регламенты применения актуальных фунгицидов и инсектицидов в различных почвенно-климатических зонах [68,69].

Современный коллектив ученых ФГБНУ ФНЦО, проводящих исследования в области фитопатологии, иммунологии, защиты овощных культур при взаимодействии с ведущими селекционерами центра и в дальнейшем готов к активному решению одной из первоочередных селекционных задач – получению устойчивых сортов овощных и бахчевых культур с помощью современных методических подходов, включая использование молекулярно-генетического анализа как для изучения изменчивости состава и агрессивности популяций фитопатогенов, так и для идентификации генов устойчивости у растений.

• Литература

- Масленников И.П., Пименова А.С. Защита растений от болезней и вредителей в овощном хозяйстве. Московский рабочий. 1949. 144 с.
- Масленников И.П. О вредителях семенников овощных культур и мерах борьбы с ними в овощном семеноводческом хозяйстве. ТСХА. 1951.
- Масленников И.П., Осипов К.Н. Вредители бахчевых культур. М.: Сельхозгиз. 1939.
- Пименова А.С. Болезни и вредители семенников капусты и меры борьбы с ними. Сад и огород. 1955;(6).
- Пименова А.С. Новый антисептик (бактерицид Збарского) в борьбе со склеротинией. М., 1940.
- Пименова А.С. Болезни овощных культур и меры борьбы с ними. В кн.: Семеноводство овощных культур. М., 1953.
- Долженко В.И. Охрана здоровья растений: вчера, сегодня, завтра. V Всероссийский конгресс по защите растений: Сборник тезисов докладов посвящается 300-летию Российской академии наук, Санкт-Петербург, 16–19 апреля 2024 года. Санкт-Петербург: Всероссийский институт защиты растений, 2024. С. 28. <https://elibrary.ru/sgauvv>
- Pethybridge S.J., Kikker J.R., Hanson L.E., Nelson S.C. Challenges and prospects for building resilient disease management strategies and tactics for the New York table beet industry. *Agronomy*, 2018;8(7):112. <https://doi.org/10.3390/agronomy8070112>
- West J.S., Townsend J.A., Stevens M., Fitt B.D.L. Comparative biology of different plant pathogens to estimate effects of climate change on crop diseases in Europe. *European Journal of Plant Pathology*. 2012;133(1):315-331. <https://doi.org/10.1007/s10658-011-9932-x>
- Санин С.С. Фитосанитарные вызовы современного интенсивного растениеводства. *Плодоводство и ягодоводство России*. 2015;(43):178-183. <https://www.elibrary.ru/vebvbl>
- Velasquez A.C., Castroverde C.D.M., He S.Y. Plant—pathogen warfare under changing climate conditions. *Current Biology*. 2018;28(10):R619-R634. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.03.054>
- Рябушкина Н.А. Биотесты для скрининга аллелопатического потенциала диких и культурных видов растений. *Биотехнология. Теория и практика*. 2005;(5):5-15. <https://www.elibrary.ru/umwbtx>
- Солдатенко А.В., Пивоваров В.Ф., Пышная О.Н., Гуркина Л.К., Пинчук Е.В. Селекция и семеноводство овощных культур – на инновационный путь развития. *Овощи России*. 2023;(1):5-13. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-1-5-13>
- <https://www.elibrary.ru/wzovbp>
- Корганова Н.Н. Методика оценки устойчивости огурцов к оливковой пятнистости. ВАСХНИЛ. М., 1970.
- Ореховская М.В., Гуркина Л.К. Методические рекомендации по защите семеноводческих посевов овощных культур от болезней и вредителей. М.:ВНИИССОК. 1969. 18 с.
- Ореховская М.В., Гуркина Л.К. Вредители и болезни овощных культур и меры борьбы с ними. М., 1987. 15-29 с.
- Першина Г.Ф. Патогенез сухой фузариозной гнили моркови и способы борьбы с комплексом болезней в семеноводстве. М., 1988.
- Коротцева И.Б., Корганова Н.Н., Кочеткова Л.А. Подбор сортов огурца, устойчивых к перonosпорозу. *Картофель и овощи*. 2005;(4):10-11. <https://www.elibrary.ru/ypiokn>
- Ганнибал Ф.Б. Современные представления о биоразнообразии

- фитопатогенных грибов. V Всероссийский конгресс по защите растений : Сборник тезисов докладов Посвящается 300-летию Российской академии наук, Санкт-Петербург, 16–19 апреля 2024 года. Санкт-Петербург: Всероссийский институт защиты растений, 2024. С. 27. <https://www.elibrary.ru/gaasms>
20. Gannibal Ph.B. Polyphasic Approach to Fungal Taxonomy. *Biology Bulletin Reviews*. 2022;12(1):18-28. <https://doi.org/10.1134/s2079086422010029> <https://www.elibrary.ru/oryxix>
21. Taylor J.W., Jacobson D.J., Kroken S., Kasuga T., Geiser D.M., Hibbett D.S., Fisher M.C. Phylogenetic Species Recognition and Species Concepts in Fungi. *Fungal genetics and biology*. 2000;(31):21-32. <https://doi.org/10.1006/fgbi.2000.1228>
22. Hami A., Rasool R.S., Khan N.A., Mansoor S., Mir M.A., Ahmed N., Masoodi K.Z. Morpho-Molecular Identification and First Report of Fusarium Equiseti in Causing Chili Wilt from Kashmir (Northern Himalayas). *Scientific Reports*. 2021;(11):3610. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82854-5>
23. Shaheen N., Khan U.M., Azhar M.T., Tan D.K., Atif R.M., Israr M., Yang S.-H., Chung G., Rana I.A. Genetics and Genomics of Fusarium Wilt of Chillies: A Review. *Agronomy*. 2021;(11):2162.
24. Engalycheva I., Kozar E., Vetrova S., et al. Fusarium species causing pepper wilt in Russia Molecular identification and pathogenicity. *Microorganisms*. 2024;(12):343-359. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12020343>
25. Vetrova S., Alyokhina K., Engalycheva I., Kozar E., Mukhina K., Sletova M., Krivenkov L., Tikhonova T., Kameneva A., Frolova S., et al. Identification and Pathogenicity of Fusarium Species Associated with Onion Basal Rot in the Moscow Region of Russian Federation. *J. Fungi*. 2024;(10):331. <https://doi.org/10.3390/jof10050331>
26. Anisimova O.K., Seredin T.M., Danilova O.A., Filyushin M. First report of fusarium proliferatum causing garlic clove rot in Russian Federation. *Plant Disease*. 2021;105(10):3308. <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-20-2743-PDN>
27. Дьяките С., Поляков А.В., Стахеев А.А., Алексеева Т.В., Завриев С.К., Said R.R. Видовой состав грибов рода *Fusarium* Link на культуре чеснока в условиях Московской области. *Сельскохозяйственная биология*. 2022;57(1):151-157. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2022.1.151rus> <https://www.elibrary.ru/zhqsfaf>
28. Engalycheva I.A., Козарь Е.Г., Пронина Е.П., Ушаков В.А. Иммунологическая оценка нового перспективного сорта бобов овощных (*Vicia faba* L.) Русские белые на устойчивость к наиболее вредоносному фитопатогену. *Российская сельскохозяйственная наука*. 2022;(1):8-12. <https://doi.org/10.31857/S2500262722010021> <https://www.elibrary.ru/ebptns>
29. Тихонова Т.О., Козарь Е.Г., Engalycheva I.A., Степанов В.А. Скрининг коллекционных образцов моркови столовой и поиск источников устойчивости к белой гнили. *Таврический вестник аграрной науки*. 2023;4(36):159–173. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10280831> <https://www.elibrary.ru/kjnhps>
30. Engalycheva I., Kozar E., Ushakov A. Cornerstone of strategy aimed at creation of resistant variants of carrot (*Daucus carota* L.) to white and gray rot pathogens at the Federal Scientific Vegetable Center (FGBNU FNCO, Russia). *Proceedings of the X International Scientific Agricultural Symposium "AgroSym 2019"*. Jahorina (Bosnia and Herzegovina), 2019. P. 1090–1098.
31. Тимина Л.Т., Engalycheva I.A. Патогенная микробиота на овощных культурах в условиях Центрального региона РФ. *Селекция и семеноводство овощных культур*. 2014;(45):530-539. <https://www.elibrary.ru/ukeqld>
32. Соколова Л.М. Система комплексного применения селекционно-иммунологических методов для создания сортов и гибридов моркови столовой с групповой устойчивостью к *Alternaria* sp. и *Fusarium* sp. Методические рекомендации. Москва, 2022. 56 с. <https://www.elibrary.ru/jvdkvds>
33. Ветрова С.А., Козарь Е.Г., Engalycheva I.A., Мухина К.С. Скрининг селекционных линий свеклы столовой по устойчивости к фомозу. *Таврический вестник аграрной науки*. 2023;4(36):38–50. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10276686> <https://www.elibrary.ru/fibqxb>
34. Козарь Е.Г., Ветрова С.А., Engalycheva I.A., Федорова М.И. Оценка устойчивости селекционного материала свеклы столовой к церкоспорозу на фоне эпифитотии в условиях защищенного грунта Московской области. *Овощи России*. 2019;(6):124-132. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-124-132> <https://www.elibrary.ru/xchhd>
35. Ветрова С.А., Козарь Е.Г., Мухина К.С. Оценка селекционного материала свеклы столовой на устойчивость к церкоспорозу. Генотип и селекция растений: Материалы 7-й Международной конференции «Генотип и селекция растений», посвященной 95-летию академика РАН П.Л. Гончарова (Новосибирск, Россия, 10–12 апреля 2024 г.). Федер. исслед. центр Ин-т цитологии и генетики Сиб. отделения Рос. академии наук. Новосибирск: ИЦиГ СО РАН, 2024. С.83-88. <https://doi.org/10.18699/GPB2024-22>
36. Слетова М.Е. Видовой состав возбудителей настоящей мучнистой росы тыквенных культур. *Овощи России*. 2022;(4):91-97. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-91-97> <https://www.elibrary.ru/nbiftf>
37. Слетова М.Е., Коротцева И.Б., Каменева А.В., Чижик В.К., Белов С.Н. Идентификация и изучение патогенных свойств гриба *Podosphaera xanthii* – возбудителя настоящей мучнистой росы на культурах семейства *Cucurbitaceae*. Современная микология в России. Т. 10. Материалы международного микологического форума. М.: Национальная академия микологии, 2024. С.280-282. ISBN 978-5-901578-47-6.
38. Коротцева И.Б., Белов С.Н., Слетова М.Е. Селекция огурца для весенних пленочных теплиц на устойчивость к настоящей мучнистой росе. *Овощи России*. 2024;(1):61-67. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-1-61-67> <https://www.elibrary.ru/kclgdx>
39. Синиченко Н.А., Козарь Е.Г., Ванюшкина И.А., [и др.] Создание исходного материала томата на устойчивость к возбудителям альтернариоза. Инновационные технологии в агропромышленном комплексе : Материалы международной научно-практической конференции, Воронеж, 23 мая 2023 года. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2023. С. 242-248. <https://www.elibrary.ru/kthvix>
40. Engalycheva I.A., Козарь Е.Г., Каменева А.В., Корнилова М.С. Состав и агрессивность микромицетов патоконплекса *Cucumis melo* L. в условиях богары волгоградской области. *Биосфера*. 2022;14(4):311-315. <https://www.elibrary.ru/ssenrd>
41. Scholthof K.B.G., Adkins S., Czosnek H., Palukaitis P., Jacquot E., Hohn T., Hohn B., Saunders K., Candresse T., Ahlquist P., Hemenway C., Foster G.D. Top 10 plant viruses in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*. 2011;12(9):938-954. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2011.00752.x>
42. Yu L., Zhang C., Shang H., Wang X., Wei M., Yang F., Shi Q. Exogenous hydrogen sulfide enhanced antioxidant capacity, amylase activities and salt tolerance of cucumber hypocotyls and radicles. *Journal of Integrative Agriculture*. 2013;12(3):445-456. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60245-2](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60245-2)
43. Балашова Н.Н., Игнатов А.Н., Самохвалов А.Н., Рогачев Ю.Б., Шмыкова Н.А. Жизнеспособность микрогаметофита белокочанной капусты под влиянием возбудителей бактериозов и килы. *Сельскохозяйственная биология*. 1995;30(3):115.
44. Игнатов А.Н., Поляков К.Л., Самохвалов А.Н. Количественный анализ серологических признаков *Xanthomonas campestris*. *Сельскохозяйственная биология*. 1998;33(1):106-169.
45. Самохвалов А.Н., Игнатов А.Н., Рогачев Ю.Б., Колесников И.М. Сосудистый бактериоз капусты: биология и методы защиты. *Картофель и овощи*. 1997;(2):25.
46. Ушаков А.А., Козарь Е.Г., Engalycheva I.A. Влияние *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* на рост этилированных и фотосинтезирующих проростков *Brassica oleracea*. *Овощи России*. 2019;(6):133-140. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-133-140> <https://www.elibrary.ru/wgpius>
47. Engalycheva I.A., Павлова О.В. Межвидовая гибридизация салата (*Lactuca sativa* L.) в селекции на устойчивость к Tomato aspermy cucumovirus. *Вестник защиты растений*. 2016;3(89):68-70. <https://www.elibrary.ru/wyrczt>
48. Engalycheva I.A., Козарь Е.Г., Антошкин А.А., Пронина Е.П., Волков Ю.Г., Какарека Н.Н., Шелканов М.Ю., Гапека А.В. Перспективы селекции овощных культур семейства *Fabaceae* на устойчивость к вирусу желтой мозаики фасоли (Potyvirus, Potyviridae) в условиях Московской области. *Овощи России*. 2018;(6):77-83. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-6-77-83> <https://www.elibrary.ru/yjopjv>
49. Engalycheva I.A., Козарь Е.Г. Основные направления исследований вирусных болезней овощных культур в ФГБНУ ФНЦО (мониторинг, иммунитет, источники устойчивости). *Аграрная наука*. 2019;(S3):79-85. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-3-79-85> <https://www.elibrary.ru/irkfmy>
50. Engalycheva I.A., Козарь Е.Г., Домблдес А.С., Антошкин А.А., Пивоваров В.Ф., Ушаков А.А., Ушаков В.А. Особенности развития вируса обыкновенной мозаики фасоли (Potyvirus, Potyviridae) в условиях Московского региона и исходный материал для селекции на устойчивость. *Сельскохозяйственная биология*. 2020;55(5):901-919. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2020.5.901rus> <https://www.elibrary.ru/huvkhl>
51. Тимин Н.И., Агафонов А.Ф., Гуркина Л.К. и др. Межвидовая гибридизация в роде *Allium* L. и ее использование (методические рекомендации). М., 2007. 47 с.
52. Пивоваров В.Ф., Пышная О.Н., Мамедов М.И. и др. Методические рекомендации по оценке и созданию исходного материала перца сладкого с устойчивостью к вирусу бронзовости томата. М., 2007. 24 с.
53. Тимин Н.И., Пышная О.Н., Агафонов А.Ф. и др. Межвидовая гибридизация овощных растений (*Allium* L. – лук, *Daucus* L. – морковь, *Capsicum* L. – перец). М., 2013. 188 с. ISBN: 978-5-901695-59-3 <https://www.elibrary.ru/vrqhyt>
54. Engalycheva I.A., Павлова О.В. Межвидовая гибридизация салата (*Lactuca sativa* L.) в селекции на устойчивость к Tomato Aspermy Cucumovirus. *Вестник защиты растений*. 2016;(3):68-69. <https://www.elibrary.ru/wyrczt>
55. Engalycheva I.A., Пышная О.Н., Джос Е.А. и др. Использование межвидовой гибридизации в селекции перца и салата на устойчивость к вирусной инфекции. *Russian Agricultural Science Review*. 2015;(6):2-4. <https://www.elibrary.ru/ubzyuj>
56. Пивоваров В.Ф., Балашова И.Т., Балашова Н.Н., Козарь Е.Г., Скворцова Р.В., Мамедов М.И., Пышная О.Н., Гуркина Л.К., Беспалько А.В., Урсуп Н.А., Пинчук Е.В., Полетаева И.А. Селекционные технологии, созданные во ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур на основе методов молекулярного анализа и селекции по микрогаметофиту. *Сельскохозяйственная биология*. 2005;40(3):92-100. <https://www.elibrary.ru/pgckoh>
57. Пинчук Е.В. Исходный материал для селекции томата с комплексной устойчивостью к абиотическим и биотическим стрессорам нечерноземной зоны, полученный на основе методов молекулярного анализа и гаметной селекции. М., 2005.
58. Мартынов В.В., Козарь Е.Г., Engalycheva I.A. Особенности первичной структуры гена Ph-3, выявленные при создании нового маркера устойчивости томата к фитофторозу. *Сельскохозяйственная биология*. 2022;57(5):954-964. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2022.5.954rus> <https://www.elibrary.ru/hbxwcl>
59. Гар К.А. Новые технологические разработки и семеноводство овощных культур. М.: ВНИИССОК. 1987. 12 с.
60. Гольшин Н.М. Фунгициды в сельском хозяйстве. М.:ВНИИССОК. 1982. 15 с.
61. Гольшин Н.М. Химические и биологические средства защиты растений. М.:ВНИИССОК. 1989. 25-37 с.
62. Синиченко Н. А., Ванюшкина И. А., Козарь Е. Г., Маркарова М. Ю.

- Влияние биопрепаратов различной природы на развитие альтернариоза и урожайности растений томата в условиях Приморского края. *Известия ФНЦО*. 2023;(1):25-31. [https://www.elibrary.ru/wovluf](https://doi.org/10.18619/2658-4832-2023-1-25-31)
63. Markarova A.E., Markarova M.Y., Razin O.A., Nadezhkin S.M. The microorganisms natural consortia effectiveness in the white cabbage crop cultivation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022. P. 012035. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/953/1/012035>. <https://www.elibrary.ru/jfmsqa>
64. Ушакова О.В., Маркарова М.Ю., Надежкин С.М. Перспективы использования биопрепаратов для нейтрализации кадмиевого стресса у овощных культур (на примере корнеплодных культур). Проблемы загрязнения объектов окружающей среды тяжелыми металлами: труды международной конференции, Тула, 28–30 сентября 2022 года. Тула: Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, 2022. С. 226-229. <https://www.elibrary.ru/lstntuj>
65. Кайгородова И. М., Козарь Е. Г., Енгальчева И. А., Ушаков В. А. Влияние предпосевной обработки фитопрепаратами на продуктивность растений гороха овощного (*Pisum sativum* L.). Достижения и перспективы развития АПК России : Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, посвященной памяти Р.Г. Гареева, Казань, 30–31 марта 2023 года. Казань: Академия наук Республики Татарстан, 2023. С. 261-264. https://doi.org/10.37071/conferencearticle_65817337b539b7.19907362 <https://www.elibrary.ru/bboexa>
66. Козарь Е.Г., Енгальчева И.А., Антошкин А.А., Машенко Н.Е. Скрининг биологической активности фитопрепаратов на основе вторичных метаболитов растений на культуре *Phaseolus vulgaris*. *Овощи России*. 2021;(5):89-97. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-5-89-97> <https://www.elibrary.ru/jcdhyj>
67. Gins M.S., Gins V.K., Kononkov P.F. The effect of amarantine on the stress-resistance of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) invaded by the root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*). *Agricultural Biology*. 2020;55(1):97-106. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2020.1.97rus> <https://www.elibrary.ru/phcpeb>
68. Алексеева К.Л., Деревщюков С.Н., Ванюшкина И.А., Шишкина Е.В., Мишуrow Н.П., Щеголихина Т.А. Методы защиты овощных культур открытого грунта от болезней и вредителей. Практические рекомендации. Изд.: ФГБНУ "Росинформарготех". 2022. 112 с. <https://www.elibrary.ru/gdsgss>
69. Шишкина Е.В., Одерова Е.В. Применение современных средств защиты капусты белокачанной от листогрызущих вредителей. Обеспечение продовольственной безопасности: стратегия и решения: Сборник материалов международного научно-практического агрофорума, Екатеринбург, 26–27 июля 2023 года. Екатеринбург: Издательство Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», 2023. С. 24-30. <https://www.elibrary.ru/wmxmiz>
- **References / Литература**
- Maslennikov I.P., Pimenova A.S. Protection of plants from diseases and pests in vegetable farming. Moscow worker. 1949. 144 p. (In Russ.)
 - Maslennikov I.P. On pests of vegetable seed plants and measures to combat them in vegetable seed farming. TSHA. 1951. (In Russ.)
 - Maslennikov I.P., Osipov K.N. Pests of melons and melons. M.: Selkhozgiz. 1939. (In Russ.)
 - Pimenova A.S. Diseases and pests of cabbage seeds and measures to combat them. Garden. 1955;(6). (In Russ.)
 - Pimenova A.S. New antiseptic (Zbarsky bactericide) in the fight against *Sclerotinia*. M., 1940. (In Russ.)
 - Pimenova A.S. Diseases of vegetable crops and measures to combat them. In the book: Seed production of vegetable crops. M., 1953. (In Russ.)
 - Dolzenko V.I. Protecting plant health: yesterday, today, tomorrow. V All-Russian Congress on Plant Protection: Collection of abstracts Dedicated to the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, April 16–19, 2024. St. Petersburg: All-Russian Institute of Plant Protection, 2024. P. 28. (In Russ.) <https://elibrary.ru/sgauvv>
 - Pethybridge S.J., Kikker J.R., Hanson L.E., Nelson S.C. Challenges and prospects for building resilient disease management strategies and tactics for the New York table beet industry. *Agronomy*, 2018;8(7):112. <https://doi.org/10.3390/agronomy8070112>
 - West J.S., Townsend J.A., Stevens M., Fitt B.D.L. Comparative biology of different plant pathogens to estimate effects of climate change on crop diseases in Europe. *European Journal of Plant Pathology*. 2012;133(1):315-331. <https://doi.org/10.1007/s10658-011-9932-x>
 - Sanin S.S. Phytosanitary challenges in the contemporary intensive plant cultivation. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*. 2015;(43):178-183. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/veblvb>
 - Velasquez A.C., Castroverde C.D.M., He S.Y. Plant-pathogen warfare under changing climate conditions. *Curr Biol*. 2018;28(10):R619-R634. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.03.054>
 - Ryabushkina N.A. Biotests for screening the allelopathic potential of wild and cultivated plant species. *Eurasian Journal of Applied Biotechnology*. 2005;(5):5-15. <https://www.elibrary.ru/umwtxx>
 - Soldatenko A.V., Pivovarov V.F., Pyshnaya O.N., Gurkina L.K., Pinchuk E.V. Selection and seed production of vegetable crops – on an innovative path of development. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(1):5-13. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-1-5-13> <https://www.elibrary.ru/wzovbp>
 - Korganova N.N. Methodology for assessing the resistance of cucumbers to olive blotch. VASKHNIL. M., 1970. (In Russ.)
 - Orekhovskaya M.V., Gurkina L.K. Methodological recommendations for the protection of seed crops of vegetable crops from diseases and pests. M.: VNISSOK. 1969. 18 p. (In Russ.)
 - Orekhovskaya M.V., Gurkina L.K. Pests and diseases of vegetable crops and measures to combat them. M., 1987. 15-29 p. (In Russ.)
 - Pershina G.F. Pathogenesis of fusarium dry rot of carrots and methods of combating a complex of diseases in seed production. M., 1988. (In Russ.)
 - Korotzeva I.B., Korganova N.N., Kochetkova L.A. Selection of cucumber varieties resistant to downy mildew. *Potato and vegetables*. 2005;(4):10-11. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/yypikn>
 - Gannibal Ph.B. Modern ideas about the biodiversity of phytopathogenic fungi. V All-Russian Congress on Plant Protection: Collection of abstracts Dedicated to the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, April 16–19, 2024. St. Petersburg: All-Russian Institute of Plant Protection, 2024. P. 27. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/gaasms>
 - Gannibal Ph.B. Polyphasic Approach to Fungal Taxonomy. *Biology Bulletin Reviews*. 2022;12(1):18-28. <https://doi.org/10.1134/s2079086422010029> <https://www.elibrary.ru/oryxix>
 - Taylor J.W., Jacobson D.J., Kroken S., Kasuga T., Geiser D.M., Hibbett D.S., Fisher M.C. Phylogenetic Species Recognition and Species Concepts in *Fungi*. *Fungal genetics and biology*. 2000;(31):21-32. <https://doi.org/10.1006/fgbi.2000.1228>
 - Hami A., Rasool R.S., Khan N.A., Mansoor S., Mir M.A., Ahmed N., Masoodi K.Z. Morpho-Molecular Identification and First Report of Fusarium Equiseti in Causing Chilli Wilt from Kashmir (Northern Himalayas). *Scientific Reports*. 2021;(11):3610. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82854-5>
 - Shaheen N., Khan U.M., Azhar M.T., Tan D.K., Atif R.M., Israr M., Yang S.-H., Chung G., Rana I.A. Genetics and Genomics of Fusarium Wilt of Chillies: A Review. *Agronomy*. 2021;(11):2162.
 - Engalycheva I., Kozar E., Vetrova S., et al. Fusarium species causing pepper wilt in Russia: Molecular identification and pathogenicity. *Microorganisms*. 2024;(12):343-359. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12020343>
 - Vetrova S., Alyokhina K., Engalycheva I., Kozar E., Mukhina K., Sletova M., Krivenkov L., Tikhonova T., Kameneva A., Frolova S., et al. Identification and Pathogenicity of Fusarium Species Associated with Onion Basal Rot in the Moscow Region of Russian Federation. *J. Fungi*. 2024;(10):331. <https://doi.org/10.3390/jof10050331>
 - Anisimova O.K., Seredin T.M., Danilova O.A., Filyushin M. First report of fusarium proliferatum causing garlic clove rot in Russian Federation. *Plant Disease*. 2021;105(10):3308. <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-20-2743-PDN>
 - Diakite S., Polyakov A.V., Stakheev A.A., Alekseeva T.V., Lavriev S.K., Said R.R. Species composition of fungi of the genus *Fusarium* Link on garlic plants in Moscow region. *Agricultural biology*. 2022;57(1):151-157. (In Russ.) <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2022.1.151rus> <https://www.elibrary.ru/zhqsaf>
 - Engalycheva I.A., Kozar E.G., Pronina E.P., Ushakov V.A. The immunological evaluation of a new promising variety of vegetable beans (*Vicia faba* L.) Russkaya belyaya for resistance to the most harmful phytopathogens. *Rossiiskaya selskokhoziaistvennaya nauka*. 2022;(1):8-12. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S2500262722010021> <https://www.elibrary.ru/ebptsn>
 - Vetrova S.A., Kozar E.G., Engalycheva I.A., Mukhina K.S. Screening of beetroot breeding lines for resistance to phomosis. *Taurida herald of the agrarian sciences*. 2023;4(36):159–173. (In Russ.) <https://doi.org/10.5281/zenodo.10280831> <https://www.elibrary.ru/kjnphps>
 - Engalycheva I., Kozar E., Ushakov A. Cornerstone of strategy aimed at creation of resistant variants of carrot (*Daucus carota* L.) to white and gray rot pathogens at the Federal Scientific Vegetable Center (FGBNU FNCO, Russia). *Proceedings of the X International Scientific Agricultural Symposium "AgroSym 2019". Jahorina (Bosnia and Herzegovina)*, 2019. P. 1090–1098.
 - Timina L.T., Yengalicheva I.A. Pathogenic mycobiota of vegetable crops in condition of central region of Russia. *Breeding and seed production of vegetable crops*. 2014;(45):530-539. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/ukeqld>
 - Sokolova L.M. A system for the integrated application of selection and immunological methods for the creation of varieties and hybrids of table carrots with group resistance to *Alternaria* sp. and *Fusarium* sp. *Guidelines*. Moscow, 2022. 56 p. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/jydkvs>
 - Vetrova S.A., Kozar E.G., Engalycheva I.A., Mukhina K.S. Screening of beetroot breeding lines for resistance to phomosis. *Taurida herald of the agrarian sciences*. 2023;4(36):38–50. (In Russ.) <https://doi.org/10.5281/zenodo.10276686> <https://www.elibrary.ru/fibqxb>
 - Kozar E.G., Vetrova S.A., Engalycheva I.A., Fedorova M.I. Evaluation of the resistance of the breeding material beetroot to *Cercospora* amid epiphytomy in greenhouses the Moscow region. *Vegetable crops of Russia*. 2019;(6):124-132. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-124-132> <https://www.elibrary.ru/xxchhd>
 - Vetrova S.A., Kozar E.G., Mukhina K.S. Evaluation of red beet breeding material for resistance to cercospora blight. Gene pool and plant breeding: Proceedings of the 7th International Conference "Gene pool and plant breeding", dedicated to the 95th anniversary of Academician of the Russian Academy of Sciences P.L. Goncharova (Novosibirsk, Russia, April 10–12, 2024). Novosibirsk: Institute of Cytology and Genetics, 2024. P.83-88. (In Russ.) <https://doi.org/10.18699/GPB2024-22>
 - Sletova M.E. Species composition and identification of pathogens of real powdery mildew of pumpkin crops. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(4):91-97. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-91-97> <https://www.elibrary.ru/nbiftp>
 - Sletova M.E., Korotzeva I.B., Kameneva A.V., Chizhik V.K., Belov S.N. Identification and study of the pathogenic properties of the fungus *Podosphaera xanthii*, the causative agent of powdery mildew on crops of the *Cucurbitaceae* family. *Modern mycology in Russia*. T. 10. Materials of the international mycological forum. M.: National Academy of Mycology,

2024. P.280-282. ISBN 978-5-901578-47-6. (In Russ.)
38. Korottseva I.B., Belov S.N., Sletova M.E. Cucumber breeding for spring film greenhouses for resistance to real powdery mildew. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(1):61-67. (In Russ.) [https://www.elibrary.ru/kclgd](https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-1-61-67)
39. Sinichenko N.A., Kozar E.G., Vanyushkina I.A., et al. Creation of tomato source material for resistance to *Alternaria* pathogens. Innovative technologies in the agro-industrial complex: Materials of the international scientific and practical conference, Voronezh, May 23, 2023. Voronezh: Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, 2023. P. 242-248. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/kthvix>
40. Engalycheva I.A., Kozar E.G., Kameneva A.V., Kornilova M.S. *Cucumis melo* L. micromycetes pathocomplex composition and aggressiveness in dry farming land in Volgograd Region. *Biosfera*. 2022;14(4):311-315. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/ssenrd>
41. Scholthof K.B.G., Adkins S., Czosnek H., Palukaitis P., Jacquot E., Hohn T., Hohn B., Saunders K., Candresse T., Ahlquist P., Hemenway C., Foster G.D. Top 10 plant viruses in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*. 2011;12(9):938-954. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2011.00752.x>
42. Yu L., Zhang C., Shang H., Wang X., Wei M., Yang F., Shi Q. Exogenous hydrogen sulfide enhanced antioxidant capacity, amylase activities and salt tolerance of cucumber hypocotyls and radicles. *Journal of Integrative Agriculture*. 2013;12(3):445-456. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60245-2](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60245-2)
43. Balashova N.N., Ignatov A.N., Samokhvalov A.N., Rogachev Yu.B., Shmykova N.A. Viability of the microgametophyte of white cabbage under the influence of bacterial pathogens and clubroot. *Agricultural biology*. 1995;30(3):115.
44. Ignatov A.N., Polyakov K.L., Samokhvalov A.N. Quantitative analysis of serological characteristics of *Xanthomonas campestris*. *Agricultural biology*. 1998;33(1):106-169. (In Russ.)
45. Samokhvalov A.N., Ignatov A.N., Rogachev Yu.B., Kolesnikov I.M. Vascular bacteriosis of cabbage: biology and methods of protection. *Potato and vegetables*. 1997;(2):25. (In Russ.)
46. Ushakov A.A., Kozar E.G., Engalycheva I.A. Influence of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* on the growth of etiolated and photosynthetic seedlings of Brassica oleracea. *Vegetable crops of Russia*. 2019;(6):133-140. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-133-140> <https://www.elibrary.ru/wgpius>
47. Engalycheva I.A., Pavlova O.V. Interspecies hybridization of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in selection for resistance to Tomato aspermy cucumovirus. *Plant protection news*. 2016;3(89):68-70. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/wyrczt>
48. Engalycheva I.A., Kozar E.G., Antoshkin A.A., Pronina E.P., Volkov Y.G., Kakareka N.N., Shchelkanov M.Y., Gapeka A.V. Perspectives of breeding of vegetable crops of Fabaceae family to bean yellow mosaic virus (Potyvirus, Potyviridae) resistance in the conditions of Moscow region. *Vegetable crops of Russia*. 2018;(6):77-83. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-6-77-83>
49. Engalycheva I.A., Kozar E.G. Key research areas for vegetable crops in Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVС) (monitoring, immunity, resistance sources). *Agrarian science*. 2019;(S3):79-85. (In Russ.) <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-3-79-85> <https://www.elibrary.ru/irkfmy>
50. Engalycheva I.A., Kozar E.G., Domblides A.S., Antoshkin A.A., Pivovarov V.F., Ushakov A.A., Ushakov V.A. Development peculiarities of bean common mosaic virus (potyvirus, potyviridae) in Moscow region and initial material for resistance breeding. *Agricultural biology*. 2020;55(5):901-919. (In Russ.) <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2020.5.901rus> <https://www.elibrary.ru/huvkhl>
51. Timin N.I., Agafonov A.F., Gurkina L.K. and others. Interspecific hybridization in the genus *Allium* L. and its use (methodological recommendations). M., 2007. 47 p. (In Russ.)
52. Pivovarov V.F., Pyshnaya O.N., Mamedov M. and others. Methodological recommendations for the evaluation and creation of source material of sweet pepper with resistance to tomato bronze virus. M., 2007. 24 p. (In Russ.)
53. Timin N.I., Pyshnaya O.N., Agafonov A.F. etc. Interspecific hybridization of vegetable plants (*Allium* L. - onion, *Daucus* L. - carrot, *Capsicum* L. - pepper). M., 2013. 188 p. ISBN: 978-5-901695-59-3. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/vrqhyt>
54. Engalycheva I.A., Pavlova O.V. Interspecies hybridization of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in selection for resistance to tomato aspermy cucumovirus. *Plant protection news*. 2016;(3):68-69. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/wyrczt>
55. Engalycheva I.A., Pyshnaya O.N., Jos E.A. and others. The use of interspecific hybridization in the selection of pepper and lettuce for resistance to viral infection. *Russian Agricultural Science Review*. 2015;(6):2-4. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/ubzyuj>
56. Pivovarov V.F., Balashova I.T., Balashova N.N., Kozar' E.G., Skvortsova R.V., Mamedov M.I., Pyshnaya O.N., Gurkina L.K., Bespal'ko A.V., Ursul N.A., Pinchuk E.V., Poletaeva I.A. Selective technologies created in All-Russian Scientific Research Institute of Selection and Seed Growing of Vegetable Crops on the basis of molecular analysis and selection on microgametophyte. *Agricultural biology*. 2005;40(3):92-100. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/pgckoh>
57. Pinchuk E.V. Initial material for the selection of tomato with complex resistance to abiotic and biotic stressors of the non-chernozem zone, obtained on the basis of molecular analysis and gamete selection methods. M., 2005. (In Russ.)
58. Martynov V.V., Kozar' E.G., Engalycheva I.A. Features of the primary structure of the ph-3 gene, revealed by development of a new gene-based marker of late blight resistance in tomato. *Agricultural biology*. 2022;57(5):954-964. (In Russ.) <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2022.5.954rus> <https://www.elibrary.ru/hbxwcl>
59. Gar K.A. New technological developments and seed production of vegetable crops. M.: VNISSOK. 1987. 12 p. (In Russ.)
60. Golyshin N.M. Fungicides in agriculture. M.:VNISSOK. 1982. 15 p. (In Russ.)
61. Golyshin N.M. Chemical and biological plant protection products. M.:VNISSOK. 1989. 25-37 p. (In Russ.)
62. Sinichenko N.A., Vanyushkina I.A., Kozar E.G., Markarova M.Yu. Influence of biological preparations of various nature on the development of alternariosis and the yield of tomato plants in the conditions of Primorsky krai. *News of FSVС*. 2023;(1):25-31. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2658-4832-2023-1-25-31> <https://www.elibrary.ru/wovluf>
63. Markarova A.E., Markarova M.Y., Razin O.A., Nadezhkin S.M. The microorganisms natural consortia effectiveness in the white cabbage crop cultivation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022. P. 012035. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/953/1/012035> <https://www.elibrary.ru/jfmsqa>
64. Ushakova O.V., Markarova M.Yu., Nadezhkin S.M. Prospects of using biological products to neutralize cadmium stress in vegetable crops (on the example of root crops). Problems of pollution of environmental objects with heavy metals: proceedings of the international conference, Tula, September 28–30, 2022. Tula: Tula State Pedagogical University named after L.N. Tolstoy, 2022. P. 226-229. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/lstntuj>
65. Kaygorodova I.M., Kozar E.G., Engalycheva I.A., Ushakov V.A. The influence of pre-sowing treatment with herbal preparations on the productivity of vegetable pea plants (*Pisum sativum* L.). Achievements and prospects for the development of the Russian agro-industrial complex: Materials XIII All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists, dedicated to the memory of R.G. Gareeva, Kazan, March 30–31, 2023. Kazan: Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, 2023. P. 261-264. (In Russ.) https://doi.org/10.37071/conferencearticle_65817337b539b7.19907362 <https://www.elibrary.ru/bboexa>
66. Kozar E.G., Engalycheva I.A., Antoshkin A.A., Mashcenco N.E. Screening of biological activity of phytopreparations based on secondary metabolites of plants on the culture of *Phaseolus vulgaris*. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(5):89-97. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-5-89-97>
67. Gins M.S., Gins V.K., Kononkov P.F. The effect of amaranthine on the stress-resistance of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) invaded by the root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*). *Agricultural Biology*. 2020;55(1):97-106. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2020.1.97rus> <https://www.elibrary.ru/phcpeb>
68. Alekseeva K.L., Derevshchuykov S.N., Vanyushkina I.A., Shishkina E.V., Mishurov N.P., Shchegolikhina T.A. Methods of protection of vegetable crops of open ground from diseases and pests. 2022. 112 p. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/gdsgss>
69. Shishkina E.V., Oderova E.V. The of modern protection products for white cabbage from leaf-eating pests. Ensuring food security: strategy and solutions: Collection of materials from the international scientific and practical agricultural forum, Yekaterinburg, July 26–27, 2023. Ekaterinburg: 2023. P. 24-30. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/wxmxiz>

Об авторах:

Ирина Александровна Енгальчева – кандидат с.-х. наук, зав. лаб. молекулярно-иммунологических исследований, <https://orcid.org/0000-0003-4843-111X>, SPIN-код: 2084-2830, автор для переписки, engirina1980@mail.ru

Елена Георгиевна Козарь – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаб. молекулярно-иммунологических исследований, SPIN-код: 1148-5177, <https://orcid.org/0000-0002-1319-5631>, kozar_eg@mail.ru

Александр Анатольевич Ушаков – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаб. молекулярно-иммунологических исследований, <https://orcid.org/0000-0003-0386-4595>; SPIN-код: 5512-8772, usasa74@rambler.ru

About the Authors:

Irina A. Engalycheva – Cand. Sci. (Agriculture), Head of the Laboratory of Molecular Immunological Research, <https://orcid.org/0000-0003-4843-111X>, SPIN-code: 2084-2830, Correspondence Author, engirina1980@mail.ru

Elena G. Kozar – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher of the Laboratory of Molecular Immunological Research, <https://orcid.org/0000-0002-1319-5631>, SPIN-code: 1148-5177, kozar_eg@mail.ru

Alexander A. Ushakov – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher of the Laboratory of Molecular Immunological Research, <https://orcid.org/0000-0003-0386-4595>; SPIN-code: 5512-8772, usasa74@rambler.ru