

## Успехи ученых в селекции моркови столовой

Л. М. Соколова, А. В. Корнев, А. Н. Ховрин

Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства,  
Московская обл., дер. Верея  
lsokolova74@mail.ru

### Аннотация

В настоящем обзоре авторы попытались привести целостную картину современных селекционно-инновационных приемов по работе на моркови столовой, методов иммунологической диагностики, геномного редактирования и геномного секвенирования российских и зарубежных ученых. Определили, что морковь столовая является хорошим источником питательных веществ, таких как витамины, минералы и пищевые волокна. Выявили, что в связи с ростом потребности в здоровом питании морковь становится все более популярным продуктом, который применяется как в пищу, так и в косметологии и лечебных целях. Научные исследования в направлении генетической селекции, селекции на устойчивость, зародышевой плазмы, редактирования генома очень актуальны и востребованы в современной селекции.

### Ключевые слова:

морковь, селекция, гибриды, урожайность, патогены, биотехнология, гены, ДНК

Морковь (*Daucus carota* L.) – двулетнее травянистое растение, относится к семейству Зонтичных [1]. На основании окраски корнеплода культивируемая морковь подразделяется на восточную (азиатскую) и западную [2]. У восточной (азиатской) моркови корнеплод пурпурного или желтого цвета, опушенные листья, имеющие серо-зеленый оттенок и тенденцию к раннему цветению (цветущности). У западной моркови корнеплод оранжевого, желтого, красного или белого цвета, зеленые листья без опушения, образование цветоноса возможно только при прохождении стадии яровизации и воздействия низких положительных температур [3, 4].

Морковь обладает огромным количеством полезных свойств. Прежде всего, она полезна большим содержанием витаминов и микроэлементов, таких как РР, А, В1, В2, В5, В6, В9, С, Е, Н и К, а также железа, цинка, йода, меди, марганца, селена, хрома, фтора, молибдена, бора, ванадия, кобальта, лития, алюминия, никеля, кальция, магния, натрия, калия, фосфора, хлора и серы [5, 6].

Морковь положительно влияет на зрение, так как в ней содержатся витамин А и каротин. Пациентам, страдающим сахарным диабетом, рекомендуют употреблять вареную морковь, в ней находятся 34 % антиоксидантов.

## Scientific achievements in selection of garden carrot

L. M. Sokolova, A. V. Kornev, A. N. Khovrin

All-Russian Research Institute of Vegetable Growing,  
Vereya village, Moscow Region  
lsokolova74@mail.ru.

### Abstract

In this review, we have tried to provide a holistic picture on the modern selection and innovation techniques for garden carrot, immunological diagnostics methods, genomic editing and sequencing invented by Russian and foreign scientists. Garden carrot is a good source of nutrients such as vitamins, minerals, and dietary fibers. Together with the growing need in healthy eating, carrot becomes an increasingly popular product that is used not only as nourishment but also in cosmetology and for therapeutic purposes. In this view, advanced scientific studies in this area become highly important. Modern research largely applies the achievements of new technologies, which operate with germplasm, selection, immunity, tissue culture, and the results of molecular studies on carrot.

### Keywords:

carrot, breeding, hybrids, yield, pathogens, biotechnology, genes, DNA

У свежей моркови есть отличное свойство – она способна снижать уровень холестерина в крови. Данный признак полезен для сердца и сосудов. Регулярно употребляя этот овощ, можно снизить вероятность образования инсульта на 70 %. Польза моркови для сосудов заключается в том, что в ней имеется калий. Также корнеплод понижает давление у гипертоников, поэтому ее советуют употреблять при повышенном давлении, атеросклерозе, варикозном расширении вен, инсульте и других сердечно-сосудистых заболеваниях [7–9].

Морковь содержит от 1,8 до 2,8 мг бета-каротина и способна уменьшить вероятность онкологии на 40 % [10]. Превосходно контролирует обмен углеводов и нормализует пищеварение. У моркови есть способность обновлять клетки почек и печени, очищая их [11].

Научная основа современной стратегии производства продуктов питания – это изыскание новых ресурсов, обеспечивающих оптимальные для организма уровни и соотношения химических компонентов. На прилавках российских магазинов стали появляться новые виды продукции в виде снеков. Все больше и больше потребителей выбирают здоровые, натуральные, низкокалорийные, содержащие мало жиров и много витаминов, минеральных веществ

и клетчатки продукты [12]. Современные технологии производства снековой продукции дают возможность обеспечить потребителя безопасными продуктами питания, в том числе и за счет применения альтернативных видов сырья [13]. Достижения селекционной науки позволяют получать высокие урожаи весьма ценных в пищевом отношении корнеплодов моркови, характеризующихся повышенным содержанием каротиноидов от 22 [14] до 37,1 [15] мг%.

По данным А. В. Корнева (2017) [16], селекционная работа с морковью столовой разнообразной окраски в направлении создания новых высокоурожайных сортов и гетерозисных гибридов с высоким качеством корнеплодов показала их ценность как источников каротиноидов, содержание которых обусловлено в первую очередь эколого-географическими условиями региона выращивания корнеплодов и сортиментом культуры [17]. Отметим, что из корнеплодов моркови столовой оранжевой окраски были снеки с высоким содержанием  $\beta$ -каротина, в готовом продукте их сохранялся 81,91%, а у желтой моркови содержание лютеина составило 83,17% [18].

Морковь также применяют в косметологии. В домашних условиях из корнеплода можно делать маски для лица, что предотвращает образование морщин. Кроме того, такие маски придадут коже эластичность и свежий вид. Беременным и кормящим женщинам рекомендуют употреблять морковный сок, с помощью которого улучшаются биологические качества грудного молока. Мужчинам также необходимо пить морковный сок, так как данный продукт увеличивает потенцию. Благодаря витамину А дети быстрее и лучше растут. У них улучшается состояние зубов и костей. При этом сладость корнеплода делает его идеальным перекусом [19].

Еще одна положительная сторона данного овоща в том, что корнеплод способен долго храниться – на протяжении семи месяцев, при этом сохраняя в себе практически весь набор своих полезных качеств [20].

За последние годы отмечено увеличение числа заболеваний моркови столовой, вызванных фитопатогенными бактериями, грибами и вирусами. Эти возбудители поражают растения на разных стадиях их роста и производства сельскохозяйственной продукции. В зависимости от погодных условий и фитосанитарного состояния посевов распространенность болезней может достигать 70–80% от всей популяции растений, а урожайность снижаться в ряде случаев на 80–98%. Растения обладают врожденным клеточным иммунитетом, однако специфичные фитопатогены способны его преодолеть. В представленном обзоре рассмотрены современные концепции по работе с морковью столовой зарубежными и отечественными селекционерами [21].

С развитием технологии секвенирования многие молекулярные маркеры стали использоваться в исследованиях эволюции растений. В исследованиях группы однонуклеотидные полиморфизмы (SNP) были приняты для анализа структуры и филогении дикой и культивируемой моркови [22].

Российские ученые во главе с доктором биологических наук, профессором Биологического факультета Ботаниче-

ского сада Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова М. Г. Пименовым работают в области таксономии по семейству Зонтичные. Основываясь на молекулярных и морфологических данных, они описывают новые виды и разновидности дикой моркови, рода, сходную архитектуру растений, листья, сегменты листьев [23].

Так, ими описан новый вид дикой моркови *Zeravschania sola* (Apiaceae) из провинции Мазандаран, Северный Иран. Вид определен молекулярно-филогенетическим анализом nrITS и как тесно связанный с другими видами *Z. khorasanica* и *Z. minjanensis*. Новый вид *Zeravschania sola* отличается высотой стебля и диаметром у основания, формой влагалищ, размером листовых пластинок, первичных и концевых сегментов листьев и размером зонтика [24].

Дикие виды и разновидности рода *Daucus carota* считаются донорами ценных морфологических признаков и отличаются высокой устойчивостью, но устойчивые они именно в тех регионах, где они произрастают. Поэтому с 2007 г. во ВНИИО с помощью профессора Ботанического сада МГУ М. Г. Пименова начала создаваться коллекция дикорастущих видов и разновидностей рода *Daucus*, в настоящее время она насчитывает 30 образцов. Результаты оценки данной коллекции на искусственных инфекционных фонах *Alternaria* и *Fusarium* (данные возбудители считаются наиболее патогенными болезнями моркови) показали, что есть виды, практически устойчивые к изучаемым патогенам в Московской области. Это – *Daucus carota* L. Turkey; *Daucus carota* L. Turkey; *Daucus carota* L. Portugal; *Daucus carota* L. Toros Dağları, Ermenek region; *Daucus carota* L. var. *maximus*. Turkey; *Daucus broteri* Turkey; *Daucus carota* L. Turkey; *Daucus carota* L. Portugal; *Daucus halophilus* Brot. Portugal; *Daucus littoralis* Sm. Turkey; *Daucus guttatus* Sm. Turkey. Выделившиеся перспективные образцы были вовлечены в селекционный процесс по созданию новых сортов и гибридов моркови столовой [25–30].

В практике современного овощеводства существует тенденция внедрения F1 гибридов, отличающихся генетической однородностью и высокой морфологической выравненностью [31, 32].

Однако создание родительских линий моркови затруднено проявляющейся в разной степени гаметофитной самонесовместимостью. Применение технологии получения линий удвоенных гаплоидов позволит исключить необходимость поколений самоопыления и ускорить селекционный процесс [33]. По созданию удвоенных гаплоидов моркови известно несколько работ, в том числе и отечественных ученых, описывающих применение технологии культивирования пыльников, микроспор и семян. Хотя культура изолированных микроспор имеет неоспоримое преимущество перед культурой пыльников, заключающееся в отсутствии риска соматического эмбриогенеза, большая часть опубликованных работ содержит описание получения удвоенных гаплоидов моркови в культуре пыльников [34–40].

Молекулярная селекция – это новый способ идентификации ресурсов зародышевой плазмы на основе полиморфизмов ДНК и мРНК. Их можно использовать для

выявления основных коллекций и изучения генетической связи между родителями в селекционных исследованиях [41]. Молекулярные маркеры также применимы при анализе генетического разнообразия [42].

В исследованиях Бриара и его коллег было обнаружено, что случайная амплифицированная полиморфная ДНК (RAPD) работает лучше, чем морфологические или изоферментные маркеры в сортовой идентификации моркови [43]. В исследовании Grzebelus и его коллег использовались для анализа генетического разнообразия моркови RAPD и AFLP [44].

Морковь служит хорошим материалом в исследованиях культуры тканей растений [45]. Протоколы трансформации моркови разрабатывались десятилетиями. Было установлено множество методов трансформации моркови. Среди разнообразных методов системы на основе *Agrobacterium* являются наиболее распространенными методами [46]. *Agrobacterium* включает *A. tumefaciens* и *A. rhizogenes*, а *A. tumefaciens* является наиболее распространенным штаммом в системах на основе *Agrobacterium*. Первая трансформация моркови на основе *A. tumefaciens* была зарегистрирована в 1987 г. [47]. Согласно многим оптимизированным протоколам трансформации систем трансгеноза моркови, обнаружено, что тип эксплантата, сорт и бактериальный штамм являются основными факторами, влияющими на частоту трансформации [48, 49]. У моркови в качестве эксплантатов можно использовать корни, семядоли, гипокотиль и черешки. В исследовании Павлицкого и его группы частота трансформации была выше, когда черешки применялись в качестве эксплантатов [50].

Неотъемлемой селекционной работой по моркови столовой является устойчивость к патоккомплексу болезней, которые поражают морковь на всех стадиях онтогенеза.

Практически вся селекционная работа с морковью ранее велась в двух государственных учреждениях – ВНИИССОК и ВНИИО с их региональными научными станциями. Ныне это единая организация – Федеральный научный центр овощеводства (ФГБНУ ФНЦО) [51].

Так, во ВНИИ овощеводства работой по болезням на моркови столовой в течение 30 лет (1966–1999) занималась Н. И. Жидкова. По ее данным, устойчивость к болезням у моркови столовой – высоконаследуема и часто определяется одним или несколькими генами, которые проявляют свое действие в присутствии болезни. Полевая устойчивость – полигенна и подвергается воздействию факторов среды, что усложняет процесс селекции.

Исследования И. Т. Балашовой и Л. М. Соколовой по наследуемости толерантности моркови столовой к патогенным грибам *Alternaria dauci* и *Fusarium oxysporum* позволили выявить, что толерантность к данным фитопатогенам наследуется у линейного материала по отцовскому типу. Использование в скрещиваниях толерантной линии в качестве отцовской формы и слабовосприимчивых материнских форм обеспечило стабильный рост доли образцов, обладающих устойчивостью к *A. dauci* и *F. oxysporum* в F1 гибридных популяциях моркови столовой, оцененных на провокационных инфекционных фонах [52, 53], поэтому необходимо вводить в селекцию устойчивый материал.

Создание нового гибрида F1 Красногорье с высокой однородностью корнеплодов по размерным характеристикам и содержанию каротина было достигнуто при использовании метода введения в популяцию инцухт-линий с признаками высокой однородности корнеплодов и семенных растений в сочетании с высокой общей комбинационной способностью (ОКС), повышенной лежкоспособностью и устойчивостью к болезням [54, 55].

Оценка сортов и гибридов на устойчивость к комплексу патогенов – одно из звеньев селекции и государственного испытания на хозяйственную ценность. Изучение реакции сортов на поражение местными популяциями возбудителей болезней проводят в естественных условиях в конкурсном испытании. Более точную иммунологическую оценку осуществляют в условиях искусственных инфекционных фонов или при искусственном заражении в лабораторных условиях [56–58].

На основании многолетней работы были разработаны схемы поэтапного включения иммунологических методов в селекционный процесс [59]. На Приморской ООС – филиале ФГБНУ ФНЦО в прибрежной зоне Приморского края в условиях повышенной влажности для моркови столовой особую опасность представляют грибы из рода *Alternaria*. Исследованиями И. А. Ванюшкиной и Ю. Г. Михеева выявлено, что в инфекционном процессе участвуют фитопатогенные виды грибов: *A. dauci*, *A. radicina*, *A. tenuis* и бактерия *Xanthomonas carotae* с преобладанием гриба *Alternaria dauci* [60, 61]. В результате проведенной работы наши коллеги установили, что обработка фунгицидом «Рекс» снижает пораженность альтернариозом ботвы моркови.

На ЗСОС – филиале ФГБНУ ФНЦО начало селекционной работы связывают с селекционерами С. Ф. Генераловым и В. В. Приселковой, фитопатологом М. К. Зилинг, экономистом Г. Е. Леонтьевым. За годы работы на станции в области фитопатологии выявлено более 140 видов возбудителей болезней овощных культур. Разработаны методы борьбы с наиболее вредоносными болезнями, созданы сорта, устойчивые к наиболее опасным болезням.

В этом направлении также работали М. Г. Зилинг, Е. К. Бурыхина, Н. С. Сухорукова, А. И. Погорелов, А. А. Рыбалко, С. Н. Иванова. А. А. Рыбалко на основе своих исследований создала систему оценок и отборов, включающую в себя все периоды жизни моркови столовой [62, 63].

На Воронежской ООС – филиале ФГБНУ ФНЦО работу по изучению распространения вредоносности болезней на корнеплодах вела Н. А. Дробышева, которая с 1931 по 1973 г. возглавляла отдел селекции корнеплодов, а затем продолжили Л. В. Сычева, О. А. Деревенских. В результате работы выведены сорта моркови Любава, Рогнеда, Черноземочка.

На Бирючуктской ОСОС – филиал ФГБНУ ФНЦО работу по изучению распространения вредоносности болезней овощных культур продолжительное время вела Н. А. Костюкова.

Одним из путей, обеспечивающих целенаправленное ведение селекционно-семеноводческой работы, это получение качественного семенного материала моркови

столовой, так как для производственных посевов необходимы качественные семена, особенно при использовании сеялок точного высева. Одно из важных признаков качественных семян – отсутствие болезней, передаваемых через семена [64].

Сегодня существует несколько стратегий контроля передачи патогена с семенами: использование свободных от патогенов семян и поиск способов предпосевной обработки семян. Наиболее эффективным способом борьбы с грибами считается обработка семян фунгицидами. Эти препараты должны действовать особенно деликатно, чтобы не повредить зародыш [65]. Но, к сожалению, таких препаратов очень мало или же они не рекомендованы для семян моркови столовой. В связи с этим ученые в своих исследованиях стали уделять больше внимание разработке различных стратегий по борьбе с возбудителями болезней на семенах. Данные стратегии включают в себя такие фундаментальные исследования, как физическая, механическая и термическая обработка, ультразвуковое воздействие, ультрафиолетовое излучение, обработка природными соединениями и агентами биологического контроля, а также обработка семян веществами, индуцирующими резистентность [66].

Над данной проблемой работают ученые А. В. Янченко, А. Ю. Федосов, Л. М. Соколова, М. И. Азопков в отделе Промышленных технологий ВНИИО – филиале ФГБНУ ФНЦО. Работа заключается в подборе вариантов термической обработки семян моркови и как данная технология влияет на всхожесть и зараженность семян патогенами. В ходе исследований определено, что термическая обработка семян эффективно влияет на снятие внешней инфицированности семенного материала [67, 68].

Население в последнее время стали привлекать овощи с разнообразной окраской продукта. Так, А. Герасименко в работе «Сила цвета» приводит следующую группировку овощей по их целевому назначению в зависимости от их окраски:

- красный – свекла, помидоры, редис, перец, лук репчатый;
- желтый и оранжевый – дыня, морковь, тыква, перец, томат;
- белый – чеснок, лук репчатый, дыня, пастернак, корневой сельдерей, корневая петрушка, белая спаржа, капуста цветная, морковь;
- зеленый – артишок, спаржа, капуста разных видов, огурцы, салаты, кабачки, шпинат, зеленый горошек, пряные травы;
- фиолетовый – баклажаны, перец, морковь, синие виды капусты, томат [64].

В настоящее время селекционерами ВНИИ овощеводства исследуются вопросы управления цветом овощной продукции, и уже созданы и зарегистрированы в Государственном реестре селекционных достижений белая морковь – гибрид F1 Арго, желтая морковь – гибрид F1 Астарты [4, 55].

Пользу цветных морковей (оранжевых, фиолетовых, желтых, красных и белых) показал в своих исследованиях Xu et al. Он установил, что фиолетовая морковь имеет большее количество антоцианов, чем желтые и оранже-

вые моркови [69]. На накопление антоцианов в корнеплодах моркови влияют факторы: температура, питательные вещества и свет [70]. На молекулярном уровне исследования по определению фенилаланинамониолиаза (PAL), флаванон-3-гидроксилаза (F3H), халконсинтаза (CHS), дигидрофлавонол-4-редуктаза (DFR) и лейкоантоцианидиндиоксигеназа (LDOX) являются участниками пути биосинтеза и были идентифицированы в моркови [71]. Исходя из предыдущих исследований, было доказано, что гены DcUCGalT1, DcMYB6 и DcUSAGT1 моркови участвуют в биосинтезе антоцианов [72–74].

В исследованиях Yildiz, M и его группы были измерены профили экспрессии шести генов, связанных с биосинтезом антоцианов (CHS1, FLS1, F3H, LDOX2, PAL3 и UFGT). CHS1, DFR2, F3H, LDOX2 и PAL3 и им доказано, что данные экспрессии в фиолетовой моркови имеют высокий уровень [75].

Пищевые волокна – это класс соединений, который в основном включает углеводы, полисахариды и лигнин [76, 77]. Широко известным преимуществом пищевых волокон является их роль в улучшении функции желудочно-кишечного тракта. В корнеплоде моркови от 1,2 до 6,44 % массы приходится на пищевые волокна, а 80,94 % пищевых волокон – на целлюлозу [78].

Морковь хорошо известна как хороший поставщик каротиноидов. Кроме того, корнеплоды моркови также содержат много других полезных компонентов, включая витамины, углеводы и минералы [79]. Согласно Li et al., сахар, глюкоза, фруктоза и крахмал являются основными типами углеводов в корнеплодах моркови. В корнеплодах моркови также много минералов, таких как калий, магний, кальций, натрий и железо. Кроме того, корнеплоды моркови являются хорошим источником витамина Е и аскорбиновой кислоты. Концентрация витамина Е и аскорбиновой кислоты в моркови составляет приблизительно 191–703 мкг и 1,4–5,8 мг на 100 г сырого веса соответственно [78].

## Выводы

В настоящем обзоре мы попытались привести целостную картину современных селекционно-инновационных приемов по работе на моркови столовой, методов иммунологической диагностики, геномных редактирования и секвенирования российских и зарубежных ученых.

Определили, что морковь столовая является хорошим источником питательных веществ, таких как витамины, минералы и пищевые волокна. Выявили, что в связи с ростом потребности в здоровом питании морковь становится все более популярным продуктом, который применяется как в пищу, так в косметологии и лечебных целях. В результате анализа литературных источников выявлено, что для ведения ускоренной селекции необходимо применять инновационные технологии в области зародышевой плазмы, повышение толерантности растений с использованием традиционных и молекулярных методов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Литература

1. Rubatzky, V. E. Carrots and related vegetable Umbelliferae / V. E. Rubatzky, C. F. Quiros, P. W. Simon. – CABI, University of Wisconsin, 1999.
2. Heywood, V. H. Relationships and evolution in the *Daucus carota* complex / V. H. Heywood // *Isr. J. Plant Sci.* 32, 51–65. 1983.
3. Леунов, В. И. Столовые корнеплоды в России / В. И. Леунов – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. – 272 с.
4. Корнев, А. В. Иммуитет моркови зависит от окраски корнеплода / А. В. Корнев, Л. М. Соколова, Т. А. Терешонкова [и др.] // *Картофель и овощи.* – 2015. – № 3. – С. 37–39.
5. Arscott, S. A. Carrots of many colors provide basic nutrition and bioavailable phytochemicals acting as a functional food / S. A. Arscott & S. A. Tanumihardjo // *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 9, 223–239 (2010).
6. Nicolle, C. Genetic variability influences carotenoid, vitamin, phenolic, and mineral content in white, yellow, purple, orange, and dark-orange carrot cultivars / C. Nicolle, G. Simon, E. Rock, P. Amouroux, C. Révész // *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 129, 523–529 (2004).
7. Michael, T. P. Progress, challenges and the future of crop genomes / T. P. Michael, R. VanBuren // *Curr. Opin. Plant Biol.* 24, 71–81 (2015).
8. Silva, E. A. Chemical, physical and sensory parameters of different carrot varieties (*Daucus carota* L.) / E. A. Silva [et al.] // *J. Food Process Eng.* 30, 746–756 (2007).
9. Fraser, P. D. The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids / P. D. Fraser, P. M. Bramley // *Prog. Lipid Res.* 43, 228–265 (2004).
10. Корнев, А. В. Анализ сортов и гибридов моркови столовой на выход сока / А. В. Корнев, А. Н. Ховрин, Л. М. Соколова [и др.] // *Картофель и овощи.* – 2021. – № 11. – С. 38–40.
11. Косенко, М. А. F1 Красногорье – современный гибрид моркови столовой / М. А. Косенко, А. В. Корнев, Л. М. Соколова [и др.] // *Картофель и овощи.* – 2020. – № 12. – С. 27–29.
12. Савенкова, Т. В. Снеки – продукты современного образа жизни. Бизнес пищевых ингредиентов / Т. В. Савенкова. – 2015. – № 1 (46). – С. 42–44.
13. Калинина, И. В. Современные подходы в технологии безопасной снековой продукции / И. В. Калинина, А. А. Руськина // Южно-Уральский государственный университет. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2014. – Т. 2, № 3. – С. 29–36.
14. Корнев, А. В. Оценка и создание исходного материала моркови столовой с разнообразной окраской корнеплода и повышенным содержанием биологически активных веществ ( $\beta$ -каротина, лютеина, ликопина и антоцианов): автореф. дис... канд. с.-х. наук: 06.01.05. – М., – 2015. – 31 с.
15. Борисов, В. А. Качество и лежкость овощей / В. А. Борисов, С. С. Литвинов, А. В. Романова. – М., 2003. – 625 с.
16. Корнев, А. В. Изменчивость отдельных признаков моркови столовой разнообразной окраски корнеплода / А. В. Корнев, В. И. Леунов, А. Н. Ховрин // *Овощи России.* – 2017. – № 4 (37). – С. 41–44.
17. Корнев, А. В. Сравнительная характеристика сортов столовой моркови по содержанию каротиноидов и антоцианов / А. В. Корнев, В. И. Леунов, А. Н. Ховрин [и др.] // *Хранение и переработка сельхозсырья.* – 2014. – № 9. – С. 48–50.
18. Осмоловский, П. Д. Морковь и тыква мускатная на снеки / П. Д. Осмоловский, А. В. Корнев, Н. Н. Воробьева [и др.] // *Картофель и овощи.* – 2019. – № 6. – С. 16–17. – DOI.org/10.25630/PAV.2019.43.73.004.
19. [Электронный ресурс] <https://www.medikforum.ru/zoj/71702-11-poleznyh-svoystv-morkovi-o-kotoryh-vy-mogli-ne-znat.html>. (дата обращения: 23.12.2023).
20. Соколова, Л. М. Устойчивость сортообразцов моркови к болезням при хранении в зависимости от инфекционного фона и послеуборочного состояния растений / Л. М. Соколова, С. А. Масловский, М. Б. Панова [и др.] // *Аграрный научный журнал.* – 2019. – № 1. – С. 26–31.
21. Nazarov, P. A. Infectious plant diseases: etiology, current status, problems and prospects in plant protection / P. A. Nazarov, D. N. Baleev, M. I. Ivanova, L. M. Sokolova, M. V. Karakozova // *Acta Naturae.* – 2020. – Vol. 12. – № 3 (46). – P. 46–59. DOI: 10.32607/actanaturae.11026.
22. Iorizzo, M. Genetic structure and domestication of carrot (*Daucus carota* subsp. *sativus*) (*Apiaceae*) / M. Iorizzo [et al.] // *Am. J. Bot.* 100, 930–938 (2013).
23. Lyskov, D. Neither *Seseli* nor *Eriocyclus*: a new Iranian relict genus *Shomalia* (*Apiaceae*), related to *Azilia* / Dmitry Lyskov, Galina Degtjareva, Shahin Zarre, Elena Terentjeva, Tahi Samigullin // *Plant Systematics and Evolution*, Springer Verlag (Germany). – 2022. – Volume 308. – P. 1–15.
24. Lyskov, D. *Zeravschania sola* (*Apiaceae*), a new species from Mazandaran Province, Northern Iran / Dmitry Lyskov, Shahin Zarre, Elena Terentjeva, Tahir Samigullin, Eugene Kljuikov // *Phytotaxa*, Magnolia Press (New Zealand). – 2022. – Volume 547. – № 1. – P. 43–54.
25. Пименов, М. Г. Создание и оценка коллекции диких видов и разновидностей моркови / М. Г. Пименов, В. И. Леунов, А. Н. Ховрин [и др.] // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции.* – 2009. – Т. 166. – С. 446–450.
26. Leunov, V. I. Carrot resistance to *Alternaria* sp. and factors influencing it / V. I. Leunov, O. O. Beloshapkina, A. N. Khovrin, L. V. Sokolova // In the collection: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. "International Conference on Global Technological Trends in Agribusiness". – 2021. – P. 012010.
27. Соколова, Л. М. Выделение штаммов pp. *Alternaria* и *Fusarium* с семян дикорастущих видов и разновидностей рода *Daucus*. Морфологическая и патогенная характеристика / Л. М. Соколова // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета.* – 2017. – № 7 (153). – С. 91–00.
28. Леунов, В. И. Генетическая коллекция диких видов и гибридов моркови по устойчивости к грибам

- Alternaria* sp. и *Fusarium* sp. / В. И. Леунов, А. Н. Ховрин, Л. М. Соколова [и др.] // Достижения науки и техники в АПК. – 2018. – Т. 32, № 7. – С. 26–30.
29. Соколова, Л. М. Дикие виды *Daucus* L. в селекции и сохранении EX SITU в условиях Московской области / Л. М. Соколова, М. И. Иванова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 2 (54). – С. 130–140.
  30. Бухаров, А. Ф. Морфометрические параметры семян дикорастущих форм моркови как селекционные признаки / А. Ф. Бухаров, Н. А. Еремина, В. И. Леунов [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 2. – С. 54–69.
  31. Леунов, В. И. Столовые корнеплоды в России / В. И. Леунов. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. – 272 с.
  32. Simon, F. Carrot. Vegetables II / F. Simon, R. Freeman, J. Vieira, I. Boite, M. Briard [et al.] // Handbook of Plant Breeding. Springer, 2008. – Vol. 2. – P. 327–357.
  33. Gorecka, K. Doubled carrot haploids / K. Gorecka, D. Krzvezanowska, V. Kiszczak, U. Kowalska, R. Gdrecki // Achievements in the Production of Haploids in Higher Plants. Springer, 2009. – P. 231–239.
  34. Тюкавин, Г. Б. Биотехнологические основы селекционной технологии моркови / Г. Б. Тюкавин. – М., 2007. – 539 с.
  35. Andersen, S. B. Carrot (*Daucus carota* L.): In vitro production of haploids and field trails / S. B. Andersen, I. Christiansen, V. Farestait // Biotechnology in Agriculture and Forestry. – 1990. – Volume 12 (6). – P. 393–402.
  36. Hu, K. L. Haploid plant production by anther culture in carrot (*Daucus carota* L.) / K. L. Hu, S. Matsuhara, K. Murakami // J. Japan. Soc. Hort. Sci. – 1993. – Volume 62 (3). – P. 561–565.
  37. Zhuang, F. Yu. Induction of microspores-derived embryos and calli from anther culture in carrot / F. Yu. Zhuang, H. H. Pei, S. G. Ou, H. Hu, Z. V. Zhao [et al.] // Acta Hort. Sinica. – 2010. – Volume 37 (10). – P. 1613–1620.
  38. Чистова, А. В. Влияние температурной предобработки на эффективность эмбрио- и каллусогенеза в культуре пыльников моркови (*Daucus carota* L.) / А. В. Чистова, С. Г. Монахос // Известия ТСХА. – 2014. – № 4. – С. 125–131.
  39. Чистова, А. В. Репродукция самонесовместимых линий моркови (*Daucus carota* L.) с использованием культуры тканей / А. В. Чистова, С. Г. Монахос // Известия ТСХА. – 2014. – № 3. – С. 43–50.
  40. Монахос, С. Г. Создание удвоенных гаплоидов моркови столовой (*D. carota* L.) в культуре изолированных микроспор: уч.-метод. пособие / С. Г. Монахос, А. В. Чистова. – М.: Грифон, 2017. – 32 с.
  41. Sivolap, Yu. M. Molecular markers and plant breeding / Yu. M. Sivolap // Cytol. Genet. 47. 188–195. 2013.
  42. Grover, A. Development and use of molecular markers: Past and present / A. Grover, P. Sharma // Critical Review of Biotechnology. 36, 290–302 (2016).
  43. Le Clerc, V. A comparative study on the use of ISSR, microsatellites and RAPD markers for varietal identification of carrot genotypes / V. Le Clerc, A. Mausset, A. Veret, M. Briard // Acta Hort. 546, 377–385 (2001).
  44. Baranski, R. Comparison of RAPD and AFLP techniques used for the evaluation of genetic diversity of carrot breeding materials / R. Baranski, B. Yagosh, B. Michalik, P. Simon, D. Grzebelus // Acta Hort. 546, 413–416 (2001).
  45. Baranski, R. Genetic transformation of carrots (*Daucus carota*) and other *Apiaceae* species / R. Baranski // Transgenic Plant J. 2, 18–38 (2008).
  46. Wang, K., Wally, O. S. & Punja, Z. K. in: *Agrobacterium Protocols*, Vol. 2. Ch. 6. Springer, New York (2015).
  47. Scott, R. J. Transformation of carrot tissues derived from proembryogenic suspension cells: A useful model system for gene expression studies in plants / R. J. Scott, J. Draper // Plant Mol. Biol. 8, 265–274 (1987).
  48. Pawlicki, N. Factors influencing the *Agrobacterium tumefaciens*-mediated transformation of carrot (*Daucus carota* L.) / N. Pawlicki, R. S. Sangwan, B. S. Sangwan-Norreel // Plant Cell Tissue Organ Cult. 31, 129–139 (1992).
  49. Chen, W. Transgenic herbicide- and disease-tolerant carrot (*Daucus carota* L.) plants obtained through *Agrobacterium*-mediated transformation / W. Chen, Z. Punja // Plant Cell Rep. 20, 929–935 (2002).
  50. Ховрин, А. Н. Направления и результаты исследований по селекции моркови столовой / А. Н. Ховрин // Картофель и овощи. – 2022. – № 9. – С. 37–40.
  51. Balashova, I. T. The heritability of carrot resistance to fungal diseases of *Alternaria* and *Fusarium* genera / I. T. Balashova, L. M. Sokolova, S. M. Sirota // In the book: Plant Genetics, Genomics, Bioinformatics, and Biotechnology. The 6th International Scientific Conference. Abstracts. Editors: Alexey V. Kochetov, Elena A. Salina. – Novosibirsk, 2021. – P. 30.
  52. Соколова, Л. М. Наследуемость толерантности к патогенным грибам *Alternaria dauci* и *Fusarium oxysporum* при создании гибридов моркови / Л. М. Соколова, И. Т. Балашова // Овощи России. – 2023. – № 3. – С. 79–87.
  53. Корнев, А. В. Создание линия-опылителей моркови столовой / А. В. Корнев, Л. М. Соколова, А. Н. Ховрин [и др.] // Картофель и овощи. – 2020. – № 9. – С. 37–40.
  54. Ховрин, А. Н. Гибриды моркови для товарного производства / А. Н. Ховрин, М. А. Косенко, А. В. Корнев [и др.] // Картофель и овощи. – 2019. – № 7. – С. 32–33.
  55. Соколова, Л. М. Применение последовательных отборов при селекции моркови столовой на устойчивость к *Fusarium* sp. и *Alternaria* sp. / Л. М. Соколова, А. Ф. Бухаров, М. И. Иванова // Аграрная наука. – № 6. – С. 78–83.
  56. Соколова, Л. М. Выделение и агрессивность возбудителей болезней родов *Fusarium* и *Alternaria* на моркови столовой / Л. М. Соколова // Картофель и овощи. – 2018. – № 3. – С. 21–24.
  57. 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 / Л. М. Соколова. – М., 2022. – С. 56.
  58. Соколова, Л. М. Система селекционно-иммунологических методов создания сортов и гибридов моркови

- столовой с групповой устойчивостью к *Alternaria* sp. и *Fusarium* sp. с комплексом хозяйственно ценных признаков: дис. ... док. сельск. наук. 06.01.05 Федеральный научный центр овощеводства / Л. М. Соколова. – Одинцово, 2021. – С. 321.
59. Ванюшкина, И. А. Пути повышения ресурсного потенциала сельскохозяйственного производства Дальнего Востока / И. А. Ванюшкина. – Владивосток : Дальнаука, 2007. – С. 397–401.
  60. Михеев, Ю. Г. Селекция и семеноводство столовых корнеплодов (морковь, свекла, редька) в условиях муссонного климата юга Дальнего Востока России: дис. ... док. сельск. наук. 06.01.05 / Ю. Г. Михеев – М., 2015. – С. 320.
  61. Рыбалко, А. А. Влияние отдельных элементов технологии возделывания моркови на сохранность маточников, семенную продуктивность маточников растений и качество семян в условиях Западной Сибири: материалы научно-практической конференции, посвященной 10-летию Приморской овощной опытной станции сб. Исследования в области овощеводства Приморского края-итоги и перспективы / А. А. Рыбалко, И. Г. Селянин. – Артем, 1998. – С. 49–53.
  62. Леунов, В. И. Селекция и семеноводство моркови столовой / В. И. Леунов, А. А. Рыбалко, Ю. Г. Михеев [и др.]. – М., 2006. – С. 233.
  63. Шатилов, М. В. Производство моркови столовой в России / М. В. Шатилов, А. Ф. Разин, О. А. Разин [и др.] // Аграрная Россия. – 2020. – № 1. – С. 21–30.
  64. Lamichhain, J. R. Revisiting sustainability of fungicide seed treatments for field crops / J. R. Lamichhain, M. P. You, V. Laudino, M. J. Barbetti, J. N. Oberto // Plant Diseases. – 2020. – Vol. 104. – № 3. – P. 610–623.
  65. Spadaro, D. Organic seed treatments of vegetables to prevent seedborne diseases / D. Spadaro, J. Herforth-Rame, J. Van der Wolf // Acta Hort. – 2017. – Vol. 1164. – P. 23–32.
  66. Соколова, Л. М. Термическое обеззараживание семян моркови и свеклы / Л. М. Соколова, А. В. Янченко, А. Ю. Федосов [и др.] // Картофель и овощи. – 2021. – № 8. – С. 24–27.
  67. Янченко, А. В. Обработка семян для увеличения выхода маточников / А. В. Янченко, М. И. Азопков, Л. М. Соколова // Картофель и овощи. – 2016. – № 10. – С. 32–34.
  68. Xu, Z. S. Transcript profiling of structural genes involved in cyanidin-based anthocyanin biosynthesis between purple and non-purple carrot (*Daucus carota* L.) cultivars reveals distinct patterns / Z. S. Xu [et al.] // BMC Plant Biol. 14, 262 (2014).
  69. Turker, N. Effect of storage temperature on the stability of anthocyanins of a fermented black carrot (*Daucus carota* var. L.) beverage: shalgam / N. Turker, S. Aksay, H. İ. Ekiz // J. Agric. Food Chemistry. 52, 3807–3813 (2004).
  70. Hirner, A. A. Regulation of anthocyanin biosynthesis in UV-A-irradiated cell cultures of carrot and in organs of intact carrot plants / A. A. Hirner, S. Veit, H. U. Seitz // Plant Sci. 161, 315–322 (2001).
  71. Xu, Z. S. A MYB transcription factor, DcMYB6, is involved in regulating anthocyanin biosynthesis in purple carrot taproots / Z. S. Xu, K. Feng, F. Que, F. Wang, A. S. Xiong // Sci. Rep. 7, 45324 (2017).
  72. Xu, Z. S. Identification and characterization of DcUCGalT1, a galactosyltransferase responsible for anthocyanin galactosylation of in purple carrot (*Daucus carota* L.) taproots / Z. S. Xu [et al.] // Sci. Rep. 6, 27356 (2016).
  73. Chen, Y. Y. Identification and characterization of DcUSAGT1, a UDP-glucose: sinapic acid glucosyltransferase from purple carrot taproots / Y. Y. Chen, Z. S. Xu, A. S. Xiong // PLoS ONE 11, e0154938 (2016).
  74. Yildiz, M. Expression and mapping of anthocyanin biosynthesis genes in carrot / M. Yildiz [et al.] // Theor. Appl. Genet. 126, 1689–1702 (2013).
  75. Prosky, L. What is fibre? Current controversies / L. Prosky // Trends Food Sci. Technol. 10, 271–275 (1999).
  76. Chau, K. F. Comparison of the characteristics, functional properties, and in vitro hypoglycemic effects of various carrot insoluble fiber-rich fractions / K. F. Chau, K. H. Chen, M. H. Li // LWT-Food Sci. Technol. 37, 155–160 (2004).
  77. Li, B. V. Individual sugars, soluble, and insoluble dietary fiber contents of 70 high consumption foods / B. V. Li, K. V. Andrews, P. R. Persson // J. Food Compos. Anal. 15, 715–723 (2002).
  78. Luby, K. H. Genetic and phenological variations of tocopherol (vitamin E) content in wild (*Daucus carota* L. var. *carota*) and domesticated carrot (*D. carota* L. var. *sativa*) / K. H. Luby, H. A. Maeda, I. L. Goldman // Hortic. Res. -Engl. 1, 14015 (2014).

## References

1. Rubatzky, V. E. Carrots and related vegetable Umbelliferae / V. E. Rubatzky, C. F. Quiros, P. W. Simon. – CABI, University of Wisconsin, 1999.
2. Heywood, V. H. Relationships and evolution in the *Daucus carota* complex / V. H. Heywood // Isr. J. Plant Sci. 32, 51–65. 1983.
3. Leunov, V. I. Stolovye korneplody v Rossii [Garden root crops in Russia] / V. I. Leunov. – Moscow : Tovarischestvo nauchnyh izdaniy KMK [Association of Scientific Publications KMK], 2011. – 272 p.
4. Kornev, A. V. Immunitet morkovi zavisi ot okraski korneploda [Carrot immunity depends on the color of the root crop] / A. V. Kornev, L. M. Sokolova, T. A. Tereshonkova, V. I. Leunov, A. N. Khovrin // Kartofel i ovoshchi [Potato and Vegetables]. – 2015. – № 3. – P. 37–39.
5. Arscott, S. A. Carrots of many colors provide basic nutrition and bioavailable phytochemicals acting as a functional food / S. A. Arscott & S. A. Tanumihardjo // Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 9, 223–239 (2010).
6. Nicolle, C. Genetic variability influences carotenoid, vitamin, phenolic, and mineral content in white, yellow, purple, orange, and dark-orange carrot cultivars / C. Nicolle, G. Simon, E. Rock, P. Amouroux, C. Révész // J. Am. Soc. Hortic. Sci. 129, 523–529 (2004).
7. Michael, T. P. Progress, challenges and the future of crop genomes / T. P. Michael, R. VanBuren // Curr. Opin. Plant Biol. 24, 71–81 (2015).

8. Silva, E. A. Chemical, physical and sensory parameters of different carrot varieties (*Daucus carota* L.) / E. A. Silva [et al.] // J. Food Process Eng. 30, 746–756 (2007).
9. Fraser, P. D. The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids / P. D. Fraser, P. M. Bramley // Prog. Lipid Res. 43, 228–265 (2004).
10. Kornev, A. V. Analiz sortov i gibridov morkovi stolovoj na vyhod soka [Analysis of varieties and hybrids of garden carrot for juice yield] / A.V. Kornev, A. N. Khovrin, L. M. Sokolova, M. A. Kosenko // Kartofel i ovoshchi [Potato and Vegetables]. – 2021. – № 11. – P. 38–40.
11. Kosenko, M. A. F1 Krasnogorye – sovremennyy gibrid morkovi stolovoj [F1 Krasnogorye is a modern hybrid of garden carrot] / M.A. Kosenko, A. V. Kornev, L. M. Sokolova, A. N. Khovrin // Kartofel i ovoshchi [Potato and Vegetables]. – 2020. – № 12. – P. 27–29.
12. Savenkova, T. V. Sneki – produkty sovremennogo obraza zhizni [Snacks are products of a modern lifestyle] / T. V. Savenkova // Biznes pishchevyh ingredientov [Business of food ingredients]. – 2015. – № 1 (46). – P. 42–44.
13. Kalinina, I. V. Sovremennye podhody v tekhnologii bezopasnoj snekovoju produkcii [Modern approaches in the technology of safe snack products] / I. V. Kalinina, A. A. Ruskina // Bulletin of the South-Ural State Uni. Series “Food and Biotechnology”. – 2014. – № 3. – Vol. 2. – P. 29–36.
14. Kornev, A. V. Ocenka i sozdanie iskhodnogo materiala morkovi stolovoj s raznobraznoj okrasokoj korneploda i povyshennym sodержaniem biologicheskii aktivnyh veshchestv ( $\beta$ -karotina, lyuteina, likopina i antocianov) [Evaluation and creation of the starting material of garden carrot with a diverse color of root crop and an increased content of biologically active substances ( $\beta$ -carotene, lutein, lycopene and anthocyanins)]: extended abstract of Candidate's thesis (Agriculture) / Kornev A. V. – Moscow, 2015. – 31 p.
15. Borisov, V. A. Kachestvo i lezhkost ovoshchej [Quality and shelf life of vegetables] / V. A. Borisov, S. S. Litvinov, A. V. Romanova. – Moscow, 2003. – 625 p.
16. Kornev, A. V. Izmenchivost otdelnyh priznakov morkovi stolovoj raznobraznoj okrasokoj korneploda [Variability of particular signs of garden carrots with variously-colored roots] / A. V. Kornev, V. I. Leunov, A. N. Khovrin // Ovoshchi Rossii [Vegetables of Russia]. – 2017. – № 4 (37). – P. 41–44.
17. Kornev, A. V. Sravnitel'naya harakteristika sortov stolovoj morkovi po sodержaniyu karotinoidov i antocianov [Comparative characteristics of garden carrot varieties in terms of carotenoids and anthocyanins] / A. V. Kornev, V. I. Leunov, A. N. Khovrin, S. R. Tsybalaev // Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya [Storage and Processing of Agricultural Raw Materials]. – 2014. – № 9. – P. 48–50.
18. Osmolovsky, P. D. Carrot and butternut squash for snacks / P. D. Osmolovsky, A. V. Kornev, N. N. Vorobyova, N. A. Piskunova, S. L. Ignatieva [et al.] // Kartofel i ovoshchi [Potato and Vegetables]. – 2019. – № 6. – P. 16–17. doi.org/10.25630/PAV.2019.43.73.004
19. <https://www.medikforum.ru/zoj/71702-11-poleznyh-svoystv-morkovi-o-kotoryh-vy-mogli-ne-znat.html>.
20. Sokolova, L. M. Uстойчивость сортов моркови к болезням при хранении в зависимости от инфекционного фона и послеуборочного состояния растений [Resistance of carrot varieties to diseases during storage depending on the infectious background and post-harvest condition of plants] / L. M. Sokolova, S. A. Maslovsky, M. B. Panova, M. E. Zamyatina, N. A. Karpova // Agrarnyy nauchnyy zhurnal [Agricultural Scientific Journal]. – 2019. – № 1. – P. 26–31.
21. Nazarov, P. A. Infectious plant diseases: etiology, current status, problems and prospects in plant protection / P.A. Nazarov, D. N. Baleev, M. I. Ivanova, L. M. Sokolova, M. V. Karakozova // Acta Naturae. – 2020. – Vol. 12. – № 3 (46). – P. 46–59. DOI: 10.32607/actanaturae.11026.
22. Iorizzo, M. Genetic structure and domestication of carrot (*Daucus carota* subsp. *sativus*) (*Apiaceae*) / M. Iorizzo [et al.] // Am. J. Bot. 100. 930–938 (2013).
23. Lyskov, D. Neither *Seseli* nor *Eriocyclus*: a new Iranian relict genus *Shomalia* (*Apiaceae*), related to *Azilia* / Dmitry Lyskov, Galina Degtjareva, Shahin Zarre, Elena Terentjeva, Tahi Samigullin // Plant Systematics and Evolution, Springer Verlag (Germany). – 2022. – Volume 308. – P. 1–15.
24. Lyskov, D. *Zeravschania sola* (*Apiaceae*), a new species from Mazandaran Province, Northern Iran / Dmitry Lyskov, Shahin Zarre, Elena Terentjeva, Tahir Samigullin, Eugene Kljuykov // Phytotaxa, Magnolia Press (New Zealand). – 2022. – Volume 547. – № 1. – P. 43–54.
25. Pimenov, M. G. Sozdanie i ocenka kollekcii dikih vidov i raznovidnostej morkovi [Creation and evaluation of a collection of wild species and varieties of carrot] / M. G. Pimenov, V. I. Leunov, A. N. Khovrin, L. M. Sokolova, T. E. Klygina // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii [Works on Applied Botany, Genetics and Selection]. – 2009. – Vol. 166. – P. 446–450.
26. Leunov, V. I. Carrot resistance to *Alternaria* sp. and factors influencing it / V. I. Leunov, O. O. Beloshapkina, A. N. Khovrin, L. V. Sokolova // In the collection: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. “International Conference on Global Technological Trends in Agribusiness”. – 2021. – P. 012010.
27. Sokolova, L. M. Vydelenie shtammov pp. *Alternaria* i *Fusarium* s semyan dikorastushchih vidov i raznovidnostej roda *Daucus*. Morfologicheskaya i patogennaya harakteristika [Isolation of strains of pp. *Alternaria* and *Fusarium* from seeds of wild species and varieties of the genus *Daucus*. Morphological and pathogenic characteristics] / L. M. Sokolova // Bulletin of the Altai State Agrarian University. – 2017. – № 7 (153). – P. 91–100.
28. Leunov, V. I. Geneticheskaya kollekcija dikih vidov i gibridov morkovi po ustojchivosti k gribam *Alternaria* sp. i *Fusarium* sp. [Genetic collection of wild species and hybrids of carrot by resistance to the fungi *Alternaria* sp. and *Fusarium* sp.] / V. I. Leunov, A. N. Govrin, L. M. Sokolova, O. O. Beloshapkina, V. I. Starchev // Dostizheniya nauki i tekhniki v APK [Achievements of Science and Technology in the Agro-Industrial Complex]. – 2018. – Vol. 32. – № 7. – P. 26–30.

29. Sokolova, L. M. Dikie vidy *Daucus* L. v selekcii i sohranении EX SITU v usloviyah Moskovskoj oblasti [Wild species of *Daucus* L. in EX SITU selection and protection in the Moscow Region] / L. M. Sokolova, M. I. Ivanova // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. – 2012. – № 2 (54). – P. 130–140.
30. Bukharov, A. F. Morfometricheskie parametry semyan dikorastushchih form morkovi kak selekcionnye priznaki [Morphometric parameters of seeds of wild carrot forms as selection characteristics] / A. F. Bukharov, N. A. Ermolina, V. I. Leunov, L. M. Sokolova // Proceedings of the Timiryazev Agricultural Academy. – 2022. – № 2. – P. 54–69.
31. Leunov, V. I. Stolovye korneplody v Rossii [Garden root crops in Russia] / V. I. Leunov. – Moscow : Tovarishchestvo nauchnyh izdanij KMK [KMK Scientific Press Ltd.]. – 2011. – 272 p.
32. Simon, F. Carrot. Vegetables II / F. Simon, R. Freeman, J. Vieira, I. Boite, M. Briard [et al.] // Handbook of Plant Breeding. Springer, 2008. – Vol. 2. – P. 327–357.
33. Gorecka, K. Doubled carrot haploids / K. Gorecka, D. Krzvezanowska, V. Kiszczak, U. Kowalska, R. Gdrecki // Achievements in the Production of Haploids in Higher Plants. Springer, 2009. – P. 231–239.
34. Tyukavin, G. B. Biotekhnologicheskie osnovy selekcionnoj tekhnologii morkovi [Biotechnological foundations of carrot breeding technology] / G. B. Tyukavin. – Moscow, 2007. – 539 p.
35. Andersen, S. B. Carrot (*Daucus carota* L.): In vitro production of haploids and field trails / S. B. Andersen, I. Christiansen, V. Farestait // Biotechnology in Agriculture and Forestry. – 1990. – Volume 12 (6). – P. 393–402.
36. Hu, K. L. Haploid plant production by anther culture in carrot (*Daucus carota* L.) / K. L. Hu, S. Matsuhara, K. Murakami // J. Japan. Soc. Hort. Sci. – 1993. – Volume 62 (3). – P. 561–565.
37. Zhuang, F. Yu. Induction of microspores-derived embryos and calli from anther culture in carrot / F. Yu. Zhuang, H. H. Pei, S. G. Ou, H. Hu, Z. V. Zhao [et al.] // Acta Horticulturae Sinica. – 2010. – Volume 37 (10). – P. 1613–1620.
38. Chistova, A. V. Vliyaniye temperaturnoj predobrabotki na effektivnost embrio- i kallusogeneza v kulture pylnikov morkovi (*Daucus carota* L.) [The effect of temperature pretreatment on the efficiency of embryo- and callusogenesis in the culture of carrot anthers (*Daucus carota* L.)] / A. V. Chistova, S. G. Monakhos // Proceedings of the Timiryazev Agricultural Academy. – 2014. – № 4. – P. 125–131.
39. Chistova, A. V. Reprodukciya samonesovmestimyh linij morkovi (*Daucus carota* L.) s ispolzovaniem kultury tkanej [Reproduction of self-essential carrot lines (*Daucus carota* L.) using tissue culture] / A. V. Chistova, S. G. Monakhos // Proceedings of the Timiryazev Agricultural Academy. – 2014. – № 3. – P. 43–50.
40. Monakhos, S. G. Creation of doubled haploids of garden carrot (*D. carota* L.) in the culture of isolated micropores: Study Manual / S. G. Monakhos, A. V. Chistova. – Moscow : Gryphon, 2017. – 32 p.
41. Sivolap, Yu. M. Molecular markers and plant breeding / Yu. M. Sivolap // Cytol. Genet. 47. 188–195. 2013.
42. Grover, A. Development and use of molecular markers: Past and present / A. Grover, P. Sharma // Critical Review of Biotechnology. 36, 290–302 (2016).
43. Le Clerc, V. A comparative study on the use of ISSR, microsatellites and RAPD markers for varietal identification of carrot genotypes / V. Le Clerc, A. Mausset, A. Veret, M. Briard // Acta Horticulturae. 546, 377–385 (2001).
44. Baranski, R. Comparison of RAPD and AFLP techniques used for the evaluation of genetic diversity of carrot breeding materials / R. Baranski, B. Yagosh, B. Michalik, P. Simon, D. Grzebelus // Acta Horticulturae. 546, 413–416 (2001).
45. Baranski, R. Genetic transformation of carrots (*Daucus carota*) and other *Apiaceae* species / R. Baranski // Transgenic Plant J. 2, 18–38 (2008).
46. Wang, K., Wally, O. S. & Punja, Z. K. in: Agrobacterium Protocols, Vol. 2. Ch. 6. Springer, New York (2015).
47. Scott, R. J. Transformation of carrot tissues derived from proembryogenic suspension cells: A useful model system for gene expression studies in plants / R. J. Scott, J. Draper // Plant Mol. Biol. 8, 265–274 (1987).
48. Pawlicki, N. Factors influencing the Agrobacterium tumefaciens-mediated transformation of carrot (*Daucus carota* L.) / N. Pawlicki, R. S. Sangwan, B. S. Sangwan-Norreel // Plant Cell Tissue Organ Cult. 31, 129–139 (1992).
49. Chen, W. Transgenic herbicide- and disease-tolerant carrot (*Daucus carota* L.) plants obtained through Agrobacterium-mediated transformation / W. Chen, Z. Punja // Plant Cell Rep. 20, 929–935 (2002).
50. Khovrin, A. N. Napravleniya i rezultaty issledovaniy po selekcii morkovi stolovoj [Directions and results of research on the selection of garden carrot] / A. N. Khovrin // Kartoffel i ovoshchi [Potato and Vegetables]. – 2022. – № 9. – P. 37–40.
51. Balashova, I. T. The heritability of carrot resistance to fungal diseases of *Alternaria* and *Fusarium* genera / I. T. Balashova, L. M. Sokolova, S. M. Sirota // In the book: Plant Genetics, Genomics, Bioinformatics, and Biotechnology. The 6th International Scientific Conference. Abstracts. Editors: Alexey V. Kochetov, Elena A. Salina. – Novosibirsk, 2021. – P. 30.
52. Sokolova, L. M. Nasleduemost tolerantnosti k patogenym gribam *Alternaria dauci* i *Fusarium oxysporum* pri sozdanii gibridov morkovi [Heritability of tolerance to the pathogenic fungi *Alternaria dauci* and *Fusarium oxysporum* when creating carrot hybrids] / L. M. Sokolova, I. T. Balashova // Ovoshchi Rossii [Vegetables of Russia]. – 2023. – № 3. – P. 79–87.
53. Kornev, A. V. Sozdanie linij-opylitelej morkovi stolovoj [Creation of carrot pollinator lines] / A. V. Kornev, L. M. Sokolova, A. N. Khovrin, V. I. Leunov, M. A. Kosenko // Kartoffel i ovoshchi [Potato and Vegetables]. – 2020. – № 9. – P. 37–40.
54. Khovrin, A. N. Gibridy morkovi dlya tovarnogo proizvodstva [Carrot hybrids for commercial production] / A. N. Khovrin, M. A. Kosenko, A. V. Kornev, L. M. Sokolova // Kartoffel i ovoshchi [Potato and Vegetables]. – 2019. – № 7. – P. 32–33.

55. Sokolova, L. M. Primenenie posledovatelnyh otborov pri selekcii morkovi stolovoj na ustojchivost k *Fusarium* sp. i *Alternaria* sp. [The use of sequential selections in the breeding of garden carrot for resistance to *Fusarium* sp. and *Alternaria* sp.] / L. M. Sokolova, A. F. Bukharov, M. I. Ivanova // *Agricultural Science*. – 2020. – № 6. – P. 78–83.
56. Sokolova, L. M. Vydelenie i agressivnost' vzbuditelej boleznej rodov *Fusarium* i *Alternaria* na morkovi stolovoj [Isolation and aggressiveness of pathogens of the genera *Fusarium* and *Alternaria* for garden carrot] / L. M. Sokolova // *Kartofel i ovoshchi* [Potato and Vegetables]. – 2018. – № 3. – P. 21–24.
57. Sokolova, L. M. Sistema kompleksnogo primeneniya selekcionno – immunologicheskikh metodov dlya sozdaniya sortov i gibrinov morkovi stolovoj s gruppovoj ustojchivostyu k *Alternaria* sp. i *Fusarium* sp. [The system of integrated application of selection and immunological methods for creation of varieties and hybrids of garden carrot with group resistance to *Alternaria* sp. and *Fusarium* sp.]: Methodological Recommendations / L. M. Sokolova. – Moscow, 2022. – P. 56.
58. Sokolova, L. M. Sistema selekcionno- immunologicheskikh metodov sozdaniya sortov i gibrinov morkovi stolovoj s gruppovoj ustojchivostyu k *Alternaria* sp. i *Fusarium* sp. s kompleksom hozyajstvenno cennyh priznakov [System of selection and immunological methods for creating varieties and hybrids of garden carrot with group resistance to *Alternaria* sp. and *Fusarium* sp. with a complex of economically valuable features]: Doctor's thesis (Agriculture) / Sokolova L. M. – Odintsovo: Federal Science Centre of Vegetable Growing, 2021. – 321 p.
59. Vanyushkina, I. A. Puti povysheniya resursnogo potentsiala selskohozyajstvennogo proizvodstva Dalnego Vostoka [Ways to increase the resource potential of agricultural production in the Far East] / I. A. Vanyushkina // *Russian Academy of Agriculture, Far Eastern Scientific-Methodological Center, Marine Agricultural Research Institute*. – Vladivostok : Dalnauka, 2007. – P. 397–401.
60. Mikheev, Yu. G. Selekcija i semenovodstvo stolovyh korneplodov (morkov, svekla, redka) v usloviyah mussonnogo klimata yuga Dalnego Vostoka Rossii [Breeding and seed production of garden root crops (carrot, beet, radish) in the monsoon climate of the south of the Russian Far East]: Doctor's thesis (Agriculture) / Mikheev Yu. G. – Moscow, 2015. – 320 p.
61. Rybalko, A. A. Vliyanie otdelnyh elementov tekhnologii vozdeleyvaniya morkovi na sohrannost' matochnikov, semennuyu produktivnost' matochnikov rastenij i kachestvo semyan v usloviyah Zapadnoj Sibiri [The influence of individual elements of carrot cultivation technology on the safety of queen cells, seed productivity of queen cells of plants and seed quality in Western Siberia]: Materials of the Scientific and Practical Conference dedicated to the 10th Anniversary of the Primorsky Vegetable Experimental Station. Issledovaniya v oblasti ovoshchevodstva Primorskogo kraja – itogi i perspektivy [Research on Vegetable Growing in the Primorsky Region – Results and Prospects] / A. A. Rybalko, I. G. Selyanin. – Artem, 1998. – P. 49–53.
62. Leunov, V. I. Selekcija i semenovodstvo morkovi stolovoj [Breeding and seed production of garden carrot] / V. I. Leunov, A. A. Rybalko, Yu. G. Mikheev, T. E. Klygina, A. N. Khovrin. – Moscow, 2006. – 233 p.
63. Shatilov, M. V. Proizvodstvo morkovi stolovoj v Rossii [Production of garden carrot in Russia] / M. V. Shatilov, A. F. Razin, O. A. Razin, M. I. Ivanova, L. M. Sokolova [et al.] // *Agrarnaya Rossiya* [Agrarian Russia]. – 2020. – № 1. – P. 21–30.
64. Lamichhain, J. R. Revisiting sustainability of fungicide seed treatments for field crops / J. R. Lamichhain, M. P. You, V. Laudino, M. J. Barbetti, J. N. Oberto // *Plant Diseases*. – 2020. – Vol. 104. – № 3. – P. 610–623.
65. Spadaro, D. Organic seed treatments of vegetables to prevent seedborne diseases / D. Spadaro, J. Herforth-Rame, J. Van der Wolf // *Acta Hort.* – 2017. – Vol. 1164. – P. 23–32.
66. Sokolova, L. M. Termicheskoe obezrazhivanie semyan morkovi i svekly [Thermal disinfection of carrot and beet seeds] / L. M. Sokolova, A. V. Yanchenko, A. Yu. Fedosov, M. I. Azopkov, V. S. Golubovich // *Kartofel i ovoshchi* [Potato and Vegetables]. – 2021. – № 8. – P. 24–27.
67. Yanchenko, A. V. Obrabotka semyan dlya uvelicheniya vyhoda matochnikov [Seed treatment to increase the yield of queen cells] / A. V. Yanchenko, M. I. Azopkov, L. M. Sokolova // *Kartofel i ovoshchi* [Potato and Vegetables]. – 2016. – № 10. – P. 32–34.
68. Xu, Z. S. Transcript profiling of structural genes involved in cyanidin-based anthocyanin biosynthesis between purple and non-purple carrot (*Daucus carota* L.) cultivars reveals distinct patterns / Z. S. Xu [et al.] // *BMC Plant Biol.* 14, 262 (2014).
69. Turker, N. Effect of storage temperature on the stability of anthocyanins of a fermented black carrot (*Daucus carota* var. L.) beverage: shalgam / N. Turker, S. Aksay, H. İ. Ekiz // *J. Agric. Food Chemistry*. 52, 3807–3813 (2004).
70. Hirner, A. A. Regulation of anthocyanin biosynthesis in UV-A-irradiated cell cultures of carrot and in organs of intact carrot plants / A. A. Hirner, S. Veit, H. U. Seitz // *Plant Sci.* 161, 315–322 (2001).
71. Xu, Z. S. A MYB transcription factor, DcMYB6, is involved in regulating anthocyanin biosynthesis in purple carrot taproots / Z. S. Xu, K. Feng, F. Que, F. Wang, A. S. Xiong // *Sci. Rep.* 7, 45324 (2017).
72. Xu, Z. S. Identification and characterization of DcUGalT1, a galactosyltransferase responsible for anthocyanin galactosylation of in purple carrot (*Daucus carota* L.) taproots / Z. S. Xu [et al.] // *Sci. Rep.* 6, 27356 (2016).
73. Chen, Y. Y. Identification and characterization of DcUSAGT1, a UDP-glucose: sinapic acid glucosyltransferase from purple carrot taproots / Y. Y. Chen, Z. S. Xu, A. S. Xiong // *PLoS ONE* 11, e0154938 (2016).
74. Yildiz, M. Expression and mapping of anthocyanin biosynthesis genes in carrot / M. Yildiz [et al.] // *Theor. Appl. Genet.* 126, 1689–1702 (2013).
75. Prosky, L. What is fibre? Current controversies / L. Prosky // *Trends Food Sci. Technol.* 10, 271–275 (1999).
76. Chau, K. F. Comparison of the characteristics, functional properties, and in vitro hypoglycemic effects of vari-

- ous carrot insoluble fiber-rich fractions / K. F. Chau, K. H. Chen, M. H. Li // LWT-Food Sci. Technol. 37, 155-160 (2004).
77. Li, B. V. Individual sugars, soluble, and insoluble dietary fiber contents of 70 high consumption foods / B. V. Li, K. V. Andrews, P. R. Persson // J. Food Compos. Anal. 15, 715-723 (2002).
78. Luby, K. H. Genetic and phenological variations of tocopherol (vitamin E) content in wild (*Daucus carota* L. var. *carota*) and domesticated carrot (*D. carota* L. var. *sativa*) / K. H. Luby, H. A. Maeda, I. L. Goldman // Horticult. Res. -Engl. 1, 14015 (2014).

#### Информация об авторах:

**Соколова Любовь Михайловна** – доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института овощеводства Федерального научного центра овощеводства (140153, Российская Федерация, Московская обл., Раменский р-н, дер. Верея стр. 500; e-mail: isokolova74@mail.ru)

**Корнев Александр Владимирович** – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института овощеводства Федерального научного центра овощеводства (140153, Российская Федерация, Московская обл., Раменский р-н, дер. Верея стр. 500; e-mail: alexandrvg@gmail.com).

**Ховрин Александр Николаевич** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, главный научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института овощеводства Федерального научного центра овощеводства (140153, Российская Федерация, Московская обл., Раменский р-н, дер. Верея стр. 500; e-mail: hovrin@poiskseeds.ru).

#### About the authors:

**Lyubov M. Sokolova** – Doctor of Sciences (Agriculture), Leading Researcher at the All-Russian Research Institute of Vegetable Growing – Branch of the Federal Science Centre of Vegetable Growing (Building 500, Vereya village, Ramensky District, Moscow Region 140153; e-mail: Isokolova74@mail.ru).

**Alexander V. Kornev** – Candidate of Sciences (Agriculture), Senior Researcher at the All-Russian Research Institute of Vegetable Growing – Branch of the Federal Science Centre of Vegetable Growing (Building 500, Vereya village, Ramensky District, Moscow Region 140153; e-mail: alexandrvg@gmail.com).

**Alexander N. Khovrin** – Candidate of Sciences (Agriculture), Associate Professor, Chief Researcher at the All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing – Branch of the Federal Science Centre of Vegetable Growing (Building 500, Vereya village, Ramensky District, Moscow Region 140153; e-mail: hovrin@poiskseeds.ru).

#### Для цитирования:

Соколова, Л. М. Успехи ученых в селекции моркови столовой / Л. М. Соколова, А. В. Корнев, А. Н. Ховрин // Известия Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. Серия «Сельскохозяйственные науки». – 2025. – № 1 (77). – С. 33–43.

#### For citation:

Sokolova, L. M. Uspekhi uchenykh v selekcii morkovi stolovoj [Scientific achievements in selection of garden carrot] / L. M. Sokolova, A.V. Kornev, A. N. Khovrin // Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Series "Agricultural Sciences". – 2025. – № 1 (77). – P. 33–43.

Дата поступления статьи: 13.03.2024

Прошла рецензирование: 04.02.2025

Принято решение о публикации: 26.09.2024

Received: 13.03.2024

Reviewed: 04.02.2025

Accepted: 26.09.2024