

УДК 632.98; 632.4.01/.08

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-339-6-78-83>Тип статьи: Оригинальное исследование  
Type of article: Original research**Соколова Л.М. \*,  
Бухаров А.Ф.,  
Иванова М.И.**

Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства — филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»  
140153, Россия, Московская область, Раменский р-н, дер. Верея, стр. 500  
E-mail: [lsokolova74@mail.ru](mailto:lsokolova74@mail.ru), [afb56@mail.ru](mailto:afb56@mail.ru), [ivanova\\_170@mail.ru](mailto:ivanova_170@mail.ru)

**Ключевые слова:** морковь столовая, селекция, устойчивость, отбор, *Fusarium sp.*, *Alternaria sp.*

**Для цитирования:** Соколова Л.М., Бухаров А.Ф., Иванова М.И. Применение последовательных отборов при селекции моркови столовой на устойчивость к *Fusarium sp.* и *Alternaria sp.* *Аграрная наука*. 2020; 339 (6): 78–83.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-339-6-78-83>**Конфликт интересов отсутствует****Lubov M. Sokolova,  
Aleksandr F. Bukharov,  
Maria I. Ivanova**

MGAVMiB — MBA named after K.I. Scriabin  
23, st. Academician Scriabin, Moscow, Russia, 109472  
GC VIK  
3A, office 33 Yegoryevskoye Shosse, Kraskovo suburban village, Lyubertsy urban district, Moscow Region, Russia, 140050  
E-mail: [lugovaya@tdvic.ru](mailto:lugovaya@tdvic.ru)

**Key words:** carrots, selection, resistance, selection, *Fusarium sp.*, *Alternaria sp.*

**For citation:** Sokolova L.M., Bukharov A.F., Ivanova M.I. Application of sequential selections in the selection of table carrots for resistance to *Fusarium sp.* and *Alternaria sp.* *Agrarian Science*. 2020; 339 (6): 78–83. (In Russ.)

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-339-6-78-83>**There is no conflict of interests**

# Применение последовательных отборов при селекции моркови столовой на устойчивость к *Fusarium sp.* и *Alternaria sp.*

## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Исследования посвящены повышению горизонтальной, полигенной устойчивости моркови столовой сорта Суражевская к *Fusarium sp.* и *Alternaria sp.* инфекции. Целью исследований было провести последовательные (на разных этапах развития) и многократные (в течение нескольких репродуктивных поколений) индивидуальные отборы растений моркови столовой, устойчивых к комплексу патогенов, с помощью традиционных фитопатологических методов.

**Методика.** Исследования выполнены в 2011–2019 годах в отделе селекции и семеноводства в лаборатории корнеплодных культур и луков Всероссийского научно-исследовательского института овощеводства — филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства». Исходным материалом для исследований послужил сорт моркови столовой Суражевская, полученный в 2006 году из сорта типа Флакк. Оценка на устойчивость к *Fusarium sp.* и *Alternaria sp.* проводили в полевых условиях, на двух искусственных инфекционных участках и в лабораторных условиях в соответствии с методиками. Оценка соответствия (существенности различий) между сравниваемыми рядами (семьями) по распределению частот соответствующих средних баллов проявления болезней проводили по критерию  $\chi^2$ .

**Результаты.** С каждым последующим циклом отборов увеличивалось не только число относительно устойчивых растений, но и снижался средний балл поражения. В результате четырех циклов последовательных отборов на разных этапах онтогенеза и в трех питомниках при естественном и искусственном заражении произошло изменение селекционной популяции по степени устойчивости к *Fusarium sp.* и *Alternaria sp.* Оценка восприимчивости к патогенной флоре целесообразно проводить параллельно на естественном и инфекционных фонах. Полевую оценку и отбор растений моркови следует проводить в различные периоды двухлетнего цикла развития, а также во время хранения маточных корнеплодов.

## Application of sequential selections in the selection of table carrots for resistance to *Fusarium sp.* and *Alternaria sp.*

## ABSTRACT

**Relevance.** Research is devoted to increasing the horizontal, polygenic resistance of table carrots of the Surazhevskaya variety to *Fusarium sp.* and *Alternaria sp.* infections. The aim of the research was to conduct sequential (at different stages of development) and multiple (over several reproductive generations) individual selections of table carrot plants resistant to a complex of pathogens using traditional phytopathological methods.

**Methods.** The research was carried out in 2011–2019 in the Department of breeding and seed production in the laboratory of root crops and onions of the All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing — Branch of the FSBSI Federal Scientific Vegetable Center. The source material for research was a variety of carrots in the Surazhevskaya dining room, obtained in 2006 from the Flakke variety type. Assessment for resistance to *Fusarium sp.* and *Alternaria sp.* it was performed in the field, on two artificial infectious sites and in the laboratory in accordance with the methods. The correspondence (significance of differences) between the compared series (families) in the frequency distribution of the corresponding average scores of disease manifestations was assessed using the  $\chi^2$  criterion.

**Results.** With each subsequent selection cycle, not only did the number of relatively resistant plants increase, but the average score of the lesion also decreased. As a result of four consecutive selection cycles at different stages of ontogenesis and in three nurseries with natural and artificial infection, the selection population changed in terms of resistance to *Fusarium sp.* and *Alternaria sp.* It is advisable to assess susceptibility to pathogenic flora in parallel on the natural and infectious backgrounds. Field assessment and selection of carrot plants should be carried out at different periods of the two-year development cycle, as well as during the storage of Queen root crops.

Поступила: 27 мая  
После доработки: 29 мая  
Принята к публикации: 5 июня

Received: 27 may  
Revised: 29 may  
Accepted: 5 june

## Введение

Болезни, вызванные грибными патогенами, являются основными причинами потери урожая у сельскохозяйственных растений. Они не только снижают урожайность, но могут очень ухудшить качество продукции и стабильность производства, подрывая устойчивое развитие сельского хозяйства. Опасность для окружающей среды и здоровья, возникающая в результате применения многочисленных химических фунгицидов, вызывает все большую озабоченность. Хорошо налаженная схема селекции в течение длительного времени позволяет разработать толерантные и/или устойчивые сорта ценных продовольственных культур.

Устойчивость к вредоносным болезням при накоплении огромного числа патогенов — одна из важнейших проблем в селекции моркови. Большое число патогенов и высокая восприимчивость к ним приводят к существенному снижению урожайности и качества продукции. Поэтому подбор исходных форм с повышенной устойчивостью к болезням является наиболее актуальной задачей селекции (Gowda et al., 2000; Simla, 2002; Mazur et al., 2004).

До настоящего времени не было выявлено ни одного основного гена устойчивости к *Alternaria*, наиболее разрушающему заболеванию листовой пластинки, поражающему морковь столовую (Farrar et al., 2004). Удалось создать только сорта, которые являются лишь частично резистентными, и обработка фунгицидами для них все еще необходима. Таким образом, одной из основных селекционных задач является повышение уровня устойчивости новых сортов путем накопления дополнительных факторов устойчивости в одном генотипе.

Известно, что два вторичных метаболита моркови: фалькариндиол и 6-метоксимеллеин — ингибируют развитие конидий *A. dauci* *in vitro*. Также были выявлены различия в уровне накопления фалькариндиола в листьях устойчивых и восприимчивых сортов, что позволяет предположить, что этот вторичный метаболит может играть роль в устойчивости к *A. dauci* (Lecomte et al., 2012).

Виды *Alternaria* показали различный образ жизни, то есть от сапрофитов до эндофитов и патогенов (Thomma, 2003; Dang et al., 2015). Эволюционно это очень успешный патогенный род, который вызывает болезни у большого количества экономически важных растений, включая яблоню, брокколи, цветную капусту, картофель, томат, цитрусовые, грушу, клубнику, табак и т. д. (Meena et al., 2016). *Alternaria* вызывает большие экономические потери из-за большого числа их хозяев и всемирного распространения. Приблизительно 300 видов рода *Alternaria* были идентифицированы во всем мире, включая *A. alternata*, *A. tenuissima*, *A. arborescense*, *A. brassicicola*, *A. infectoria* и *A. solani* (Lee et al., 2015). Сообщалось, что эти виды *Alternaria* вызывают заболевания почти у 400 видов растений, в числе которых *A. alternata* поражает почти 100 видов растений. Он также ответственен за послевсходовые заболевания у различных культур (Coates and Johnson, 1997; Woudenberg et al., 2015; Meena et al., 2017c; Sajad et al., 2017). Одной из причин высокой патогенности является выработка эффективных фитотоксинов.

*A. dauci* (J.G. Kühn) Groves et Skolko известен как патоген, развивающийся на листовой поверхности. Является одним из самых вредных возбудителей на моркови столовой (Farrar et al., 2004). Потери урожая могут достигать от 40 до 90% (Vintal et al., 1999; Ben-Noon et al., 2011). Поражаются листья, черешки и стебли. На

листьях появляются коричневые пятна, окруженные темным ободком или без него. Во влажную погоду грибок образует спороношение, покрывая пятна на листьях сероватым или темно-оливковым налетом, состоящим из конидиеносцев и конидий. Кончики листьев отмирают. На черешках и стеблях пятна имеют вид бурых точек и штрихов. При сильном поражении листья закручиваются и засыхают, растение приобретает обваренный вид.

Род *Fusarium* включает в себя ряд видов, являющихся причинами различных заболеваний на ряде сельскохозяйственно значимых культур, таких как злаковые, овощные и др. Одними из важных в этом плане видов являются *F. oxysporum* (Fo), *F. avenaceum* (Fa) и *F. roae* (Fr). Наиболее распространенными являются грибы вида *F. oxysporum*, вызывающие болезни увядания и поражающие сосудистую систему растений (Beckman, 1987). *F. avenaceum* — широко распространенный вид, который может существовать, в т. ч. как сапрофит. *F. roae* относится к секции *Sporotrichiella* Wollenw (Гаркаева и др., 2011; Семенов и др., 2016).

Комплекс видов *F. avenaceum* включает в себя множество штаммов, вызывающих заболевания сосудистых увяданий экономически важных культур во всем мире. Хотя половое размножение неизвестно, горизонтальный перенос генов может способствовать наблюдаемому разнообразию патогенных штаммов. Развитие болезни в восприимчивой культуре требует, чтобы *F. avenaceum* продвигался через серию переходов, начиная с прорастания спор и заканчивая установлением системной инфекции. В принципе, каждый переход предоставляет возможность влиять на риск заболевания. Это включает модификации микробного сообщества в почве, которые могут влиять на способность пропагул патогена выживать, прорастать и заражать корни растений. Кроме того, многие признаки хозяина, включая состав корневых экссудатов, структуру коры и способность быстро распознавать и реагировать на инвазивный рост патогена, могут препятствовать развитию *F. avenaceum* (Zhang et al., 2014).

Основным направлением селекции на устойчивость является отбор устойчивых генотипов. Полевая устойчивость растений к отдельным видам возбудителей реализуется на основе визуально определяемых признаков, что усложняет отбор источников устойчивости к возбудителям. Успех селекции с такой устойчивостью всецело зависит от того, насколько исходный материал обладает генетическим разнообразием, сдерживает развитие болезней на разных этапах онтогенеза растений. Поэтому при отборе такого исходного материала важно учитывать видовую и внутривидовую структуру популяций возбудителя, генетическую и экологическую дифференциацию, основные типы взаимодействия хозяин — патоген.

Целью наших исследований было произвести последовательные (на разных этапах развития) и многократные (в течение нескольких репродуктивных генераций) индивидуальные отборы растений моркови, устойчивых к *Fusarium* sp. и *Alternaria* sp. с помощью традиционных фитопатологических методов.

## Условия, материал и методы

Исследования выполнены в 2011–2019 годах в отделе селекции и семеноводства лаборатории корнеплодных культур и луков Всероссийского научно-исследовательского института овощеводства — филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства». Исходным материалом для исследований послужил сорт мор-



кови столовой Суражевская, полученный в 2006 году из сотроти́па Флакке.

Сорт моркови Суражевская рекомендуется для использования в свежем виде, консервирования и зимнего хранения. Среднеспелый. Розетка листьев полураскидистая. Лист средний, зеленый, среднерассеченный. Корнеплод средней длины, конический со слегка заостренным кончиком (сортотип Флакке), головка вогнутая. Сердцевина и кора оранжевые. Масса корнеплода — 100–150 г. Вкусовые качества хорошие. Содержание сухого вещества — 12,8–13,1%, общего сахара — 9,0–12,7%, каротина — 12,7–15,0 мг на 100 г сырого вещества. Товарная урожайность — 120–329 ц/га. Максимальная урожайность — 659 ц/га. Выход товарной продукции — 70–94%.

Оценку на устойчивость к *Fusarium* sp. и *Alternaria* sp. проводили в полевых условиях, на двух искусственных инфекционных участках, в лабораторных условиях в соответствии с методиками (Леунов и др., 2011; Чумаков и др., 1974; Наумов, 1937; Гешеле, 1971; Хохряков, 1969). Идентификацию патогенов осуществляли по (Кокаева, 2016; Чекалин, 2003; Ганнибал, 2011).

Оценку соответствия (существенности различий) между сравниваемыми рядами (семьями) по распределению частот соответствующих средних баллов проявления болезней проводили по критерию  $\chi^2$ .

#### Результаты исследований и обсуждение

В 2011 году из моркови столовой сорта Суражевская были получены здоровые корнеплоды от первого отбора, в том числе без признаков поражения листового аппарата. После оценки и отбора в естественных условиях (поле) и на инфекционных фонах (изолированные участки) генотипы (корнеплоды) закладывали на хранение. Весной производили оценку корнеплодов по признаку

лежкоспособности и устойчивости. Учитывали также хозяйственно ценные признаки, такие как форма, окраска и диаметр сердцевины. Для посадки маточников использовали только здоровые корнеплоды.

В период вегетации растений второго года жизни (2012 год) производили выбраковку больных семенников. Причиной появления больных растений явилось проявление внутренней инфекции, не выявленной при весеннем отборе. Семена собирали с растений, не имеющих признаков болезней. В результате получали здоровое семенное потомство. На следующий 2013 год производили посев полученного семенного материала, во время уборки снова производили отбор устойчивых растений и закладывали их на хранение. В результате последовательной селекции в течение трех репродуктивных генераций (6 лет, так как культура двулетняя) были отобраны семьи, которые из года в год проявляли повышенную устойчивость к *Fusarium* sp. и *Alternaria* sp.

На рисунке 1 показано поражение растений сорта Суражевская комплексом болезней в 2011 году (исходный образец) и то, как выглядят селекционные образцы этого сорта после применения последовательных отборов по комплексной оценке на устойчивость к болезням за 5 лет на третьем цикле отбора в 2015 году.

При создании промышленных, экономически значимых сортов и гибридов моркови необходимо обеспечить комплексную устойчивость к болезням, вызываемым патогенами из родов *Alternaria* и *Fusarium*, в том числе поражающих не только листья, но и корнеплоды и семена. Для решения данной задачи были осуществлены последовательные отборы не только в полевых условиях, но и на искусственно созданных инфекционных фонах. Для этого при посеве в почву вносили почвенные расы *Alternaria radicina* и *Fusarium oxysporum*, размноженных на зерне овса.

Рис. 1. Сорт Суражевская, повышение устойчивости после трехкратного отбора

Fig. 1. Variety Surazhevskaya, increased resistance after three trials



2011 год



2013 год



2015 год

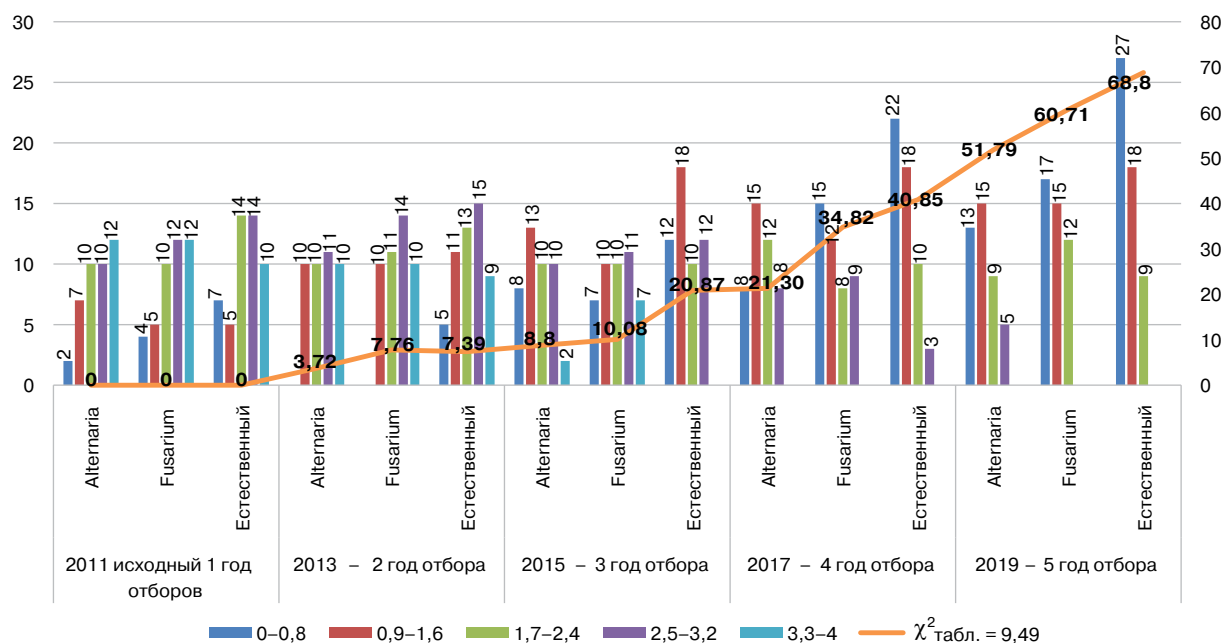
Таблица 1. Изменение состава селекционной популяции моркови столовой сорта Суражевская по степени устойчивости к *Fusarium* sp. и *Alternaria* sp. в результате многократных последовательных отборов на естественном и инфекционных фонах, балл

Table 1. Change in the composition of the selection population of carrots of the variety Surazhevskaya in terms of resistance to *Fusarium* sp. and *Alternaria* sp. as a result of multiple consecutive selections on natural and infectious backgrounds, score

Фон для проведения оценки	2011 год	2013 год	2015 год	2017 год	2019 год
Искусственный фон, <i>Alternaria</i> sp.	2,8	2,5	2,0	1,5	1,3
Искусственный фон, <i>Fusarium</i> sp.	2,9	2,6	1,9	1,5	1,2
Естественный инфекционный фон	2,0	1,9	1,5	1,3	1,0

Рис. 2. Изменение рядов распределения исходной и селекционных популяции моркови столовой сорта Суражевская по степени устойчивости к комплексу патогенов в процессе последовательных отборов

Fig. 2. Change in the distribution series of the initial and breeding populations of carrots of the variety Surazhevskaya in terms of resistance to the complex of pathogens in the process of sequential selection



Семена многих образцов имели пониженную всхожесть, что было обусловлено влиянием патогенов, находящихся в почве, и внутренней инфекцией семян. В ходе вегетации часть растений с явным проявлением болезней удаляли при прореживании в стадии проростков. В результате к уборке оставалось менее 50% растений.

При выращивании семенников развитие *A. dauci* проявлялось на уровне 40–60%, а в отдельные годы достигало 100%. При таком поражении семенников семена могут полностью терять всхожесть. Опасность этого патогена в том, что он может сохраняться в семени моркови и в виде внутренней инфекции. При 100% инфицировании семян их жизнеспособность падает в три раза, а выпадения всходов могут достигать 83%. При поражении их до 31% всхожесть семян снижается до 75% (Налобова и др., 2010). Однако причиной пониженной всхожести семян могло быть и отсутствие зародыша, явление, достаточно часто наблюдаемое у моркови (Бухаров и др., 2016).

На рисунке 2 показан результат действия последовательных отборов на соотношение генотипов с разной степенью устойчивости. На диаграмме отчетливо видна тенденция уменьшения числа особей с высокими бал-

лами поражения и увеличения относительно устойчивых растений после каждого цикла отбора. В 2015 году уже после второго отбора при оценке на двух фонах произошло существенное изменение состава популяции ( $\chi^2_{\text{факт.}} > \chi^2_{\text{табл.}}$ ) в сторону увеличения числа более устойчивых растений. Только на искусственном альтернариозном фоне разница с контролем оказалась несущественной. Существенные, положительные результаты отборов на всех инфекционных фонах отмечены начиная с третьего отбора и продолжались после четвертого (табл.).

С каждым последующим циклом отборов увеличивалось не только число относительно устойчивых растений, но и снижался средний балл поражения. В результате четырех циклов последовательных отборов на разных этапах онтогенеза и в трех питомниках при естественном и искусственном заражении произошло изменение селекционной популяции по степени устойчивости. Учитывая, что эффективных сильных генов, обеспечивающих иммунитет, у моркови не обнаружено, очень важно использовать горизонтальную, полигенную устойчивость, которая является расово неспецифической и которую принято считать более долговечной (Le Clerc et al., 2015).

## Заключение

Полевой мониторинг является традиционной, эффективной, но трудоемкой процедурой для выявления устойчивых генотипов (Paweles et al., 2006). Это связано с тем, что метод требует больших затрат времени и может зависеть от неконтролируемых условий окружающей среды. Кроме того, когда речь идет об оценке развития симптомов, трудно провести различие между классами фенотипа, которые имеют промежуточные уровни устойчивости к *Alternaria* (Cadot et al., 2002). Тем не менее такие исследования селекционеров, фитопатологов, направленные на изучение степени устойчивости генотипов моркови разного эколого-географического происхождения к возбудителям болезней, оценку исходного материала и отбор комплексно устойчивых образцов, широко используются при создании новых сортов и гибридов моркови столовой. Оценка восприимчивости к патогенной флоре целесообразно проводить параллельно на естественном и инфекционных фонах. Полевую оценку и отбор растений моркови следует проводить в различные периоды двухлетнего цикла развития, а также во время хранения маточных корнеплодов.

## ЛИТЕРАТУРА

- Gowda R.V. Resistance source for powdery mildew and alternaria leaf blight diseases in carrot / R.V. Gowda, C.S. Pathak, G. Ganeshan. *I. trop. Agr.* 2000.;(38):84–86.
- Simla, T.M. Ocena Wrażliwości marchwi na polysnice marchwi — anke (Psila rosae Fabr.). *Nowoczesne metody i techniki w hodowli i fizjologii roślin*. Warszawa, 2002;(1):347–354.
- Mazur S., Nawrozki J., Gaweda M. Podatność trzech odmian marchwi na porażenie przez at ternarioze w warunkach uprawy polowej. *Folia Univ. Agriculturae sretinensis*. Akad. rol. W Szczecinie. Szczecin, 2004;(239):249–252.
- Paweles A., Dubourg C., Briard M. Evaluation of carrot resistance to alternaria leaf blight in controlled environments. *Plant Pathol.* 2006;55:68–72. doi: 10.1111/j.1365–3059.2006.01290.x.
- Cadot V., Boulineau F., Guénard M., Olivier V., Molinero-Demilly V. Setting up a resistance test to *Alternaria dauci* of carrot by inoculation in the open field, as part of registering varieties in the National French Catalogue of Vegetable Species. In: *Vème Rencontres de Phytopathologie. Mycologie, Journées J. Chevaugon, Aussois, France*. 2002.
- Farrar JJ, Pryor BM, Davis RM. *Alternaria* diseases of carrot. *Plant Dis.* 2004;88:776–784. doi: 10.1094/PDIS.2004.88.8.776.
- Vital H., Ben-Noon E., Shlevin E., Yermiyahu U., Shtienberg D., Dineor A. Influence of rate of soil fertilization on *Alternaria* leaf blight (*Alternaria dauci*) in carrots. *Phytoparasitica* 1999
- Ben-Noon E, Shtienberg D, Shlevin E, Vital H, Dineor A. Optimization of chemical suppression of *Alternaria dauci*, the causal agent of *Alternaria* leaf blight in carrots. *Plant Disease*. 2001.
- Налобова, Ю.М., Бохан, А.И. Влияние способов выращивания семенников моркови столовой на качество семян и их фитосанитарное состояние. *Овощеводство — сборник научных трудов*. Минск, 2010;(18):52.
- Beckman C.H. The Nature of Wilt Diseases of Plants. St Paul MN: American Phytopathological Society Press. 1987.
- Гагкаева, Т.А., Гаврилова, О.П., Левитин, М.М., Новожилов, К.В. Фузариоз зерновых культур. Приложение к журналу «Защита и карантин растений». 2011;(5):112.
- Семенов А.Н., Дивашук М.Г., Баженов М.С., Карлов Г.И., Леунов В.И., Ховрин А.Н., Егорова А.А., Соколова Л.М., Терешонкова Т.А., Алексеева К.Л., Леунова В.М. Сравнительный анализ полиморфизма микросателлитных маркеров у ряда видов рода *Fusarium*. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2016;(1):40–50.
- Le Clerc V., et al. QTL mapping of carrot resistance to leaf blight with connected populations: stability across years and consequences for breeding. *Theor. Appl. Genet.* 2015;128:2177–2187. doi: 10.1007/s00122–015–2576-z.
- Lecomte M., et al. Inhibitory effects of the carrot metabolites 6-methoxymellein and faltarindiol on development of the fungal leaf blight pathogen *Alternaria dauci*. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 2012;80:58–67. doi: 10.1016/j.pmp.2012.10.002.
- Dang H.X., Pryor B., Peever T., Lawrence C.B. The *Alternaria* genomes database: a comprehensive resource for a fungal genus comprised of saprophytes, plant pathogens, and allergic species. *BMC Genomics*. 2015.16:239 10.1186/s12864–015–1430–7.
- Thomma B.P. *Alternaria* spp.: from general saprophyte to specific parasite. *Mol. Plant Pathol.* 2003;(4):225–236. 10.1046/j.1364–3703.2003.00173.x.
- Coates L., Johnson G. Postharvest diseases of fruit and vegetables, in *Plant Pathogens and Plant Diseases*, eds Brown J. F., Ogle H. J., editors. *Armidale, NSW: Rockvale Publications*, 1997: 533–548.
- Woudenberg J.H.C., Seidl M.F., Groenewald J.Z., de Vries M., Stielow J.B., Thomma B.P., et al. *Alternaria* section *Alternaria*: species, formae speciales or pathotypes? *Stud. Mycol.* 2015;(82):1–21. 10.1016/j.simyco.2015.07.001.
- Meena M., Zehra A., Dubey M.K., Aamir M., Gupta V.K., Upadhyay R.S. Comparative evaluation of biochemical changes in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) infected by *Alternaria alternata* and its toxic metabolites (TeA, AOH, and AME). *Front. Plant Sci.* 2016;(7):1408. 10.3389/fpls.2016.01408.
- Meena M., Zehra A., Swapnil P., Dubey M.K., Patel C.B., Upadhyay R.S. Effect on lycopene,  $\beta$ -carotene, ascorbic acid and phenolic content in tomato fruits infected by *Alternaria alternata* and its toxins (TeA, AOH and AME). *Arch. Phytopathol. Plant Protect.* 2017;(50):317–329. 10.1080/03235408.2017.1312769
- Lee H.B., Patriarca A., Magan N. *Alternaria* in food: ecophysiology, mycotoxin production and toxicology. *Mycobiology*. 2015;(43):93–106. 10.5941/MYCO.2015.43.2.93.
- Sajad A.M., Jamaluddin Abid H.Q. Fungi associated with the spoilage of post harvest tomato fruits and their frequency of occurrences in different markets of Jabalpur, Madhya-Pradesh, India. *Int. J. Cur. Res. Rev.* 2017;(9):12–16. Available online at: [ijcrr.com/uploads/118\\_pdf.pdf](http://ijcrr.com/uploads/118_pdf.pdf).
- Kurup V.P., Shen H.D., Banerjee B. Respiratory fungal allergy. *Microb. Infect.* 2000;(2):1101–1110. 10.1016/S1286–4579(00)01264–8.
- X. Y. Zhang, J. Hu, H. Y. Zhou, J. J. Hao, Y. F. Xue, H. Chen, and B. G. Wang. First Report of *Fusarium oxysporum* and *F. solani* Causing Fusarium Dry Rot of Carrot in China. The American Phytopathological Society. 2014;98(9). <https://doi.org/10.1094/PDIS-02–14-0156-PDN>
- Бухаров А.Ф., Леунов В.И., Балеев Д.Н., Ховрин А.Н., Девятков А.Г., Бухарова А.Р. Беззародышевость семян моркови столовой как результат избирательного опыления (пчелы, шмели, мухи) и повреждений вредителем (щитник полосатый). *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2016;(4):5–16.
- Леунов В.И., Ховрин А.Н., Терешонкова Т.А., Л.М. Соколова, Горшкова Н.С., Алексеева К.Л. Методы ускоренной селекции моркови столовой на комплексную устойчивость к грибным болезням (*Alternaria* и *Fusarium*). Методические рекомендации. ГНУ ВНИИО. 2011. 61 с.
- Чумаков А.Е., Минкевич И.И., Власов Ю.И., Гаврилова Е.А. Основные методы фитопатологических исследований. Москва «Колос». 1974. С. 190
- Наумов Н.А. Методы микологических и фитопатологических исследований. Л., Сельхозгиз, 1937.
- Гешеле Э.Э. Методические руководства по фитопатологической оценке зерновых культур. Одесса, 1971.
- Хохряков М.К. Методические указания по экспериментальному изучению фитопатогенных грибов. Л., ВИЗР, 1969.
- Кокаева Л.Ю. Микобиота пораженных листьев *Solanum tuberosum* L., *S. lycopersicum* L. и *S. dulcamara* L. Специальность 03.02.12 — Микология Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. 2016.
- Чекалин Н.М., Генетические основы селекции зернобобовых культур на устойчивость к патогенам. Москва. 2003.
- Ганнибал Ф.Б. Мониторинг альтернариозов сельскохозяйственных культур и идентификация грибов рода *Alternaria*. Методическое пособие. Санкт-Петербург. 2011. С. 71.



## REFERENCES

- Gowda R.V. Resistance source for powdery mildew and alternaria leaf blight diseases in carrot / R.V. Gowda, C.S. Pathak, G. Ganeshan. *I. trop. Agr.* -2000.;(38):84–86.
- Simla T.M. Ocena Wrażliwości marchwi na polysnice marchwi — anke (Psila rosae Fabr.). *Nowoczesne metody i techniki w hodowli i fizjologii roślin*. Warszawa, 2002;(1):347–354.
- Mazur S., Nawrozki J., Gaweda M. Podatność trzech odmian marchwi na porażenie przez at ternarioze w warunkach uprawy polowej. *Folia Univ. Agriculturae sretinensis*. Akad. rol. W Szczecinie. Szczecin, 2004;(239):249–252.
- Pawelec A, Dubourg C, Briard M. Evaluation of carrot resistance to alternaria leaf blight in controlled environments. *Plant Pathol.* 2006;55:68–72. doi: 10.1111/j.1365–3059.2006.01290.x.
- Cadot V, Boulineau F, Guénard M, Olivier V, Molinero-Demilly V. Setting up a resistance test to *Alternaria dauci* of carrot by inoculation in the open field, as part of registering varieties in the National French Catalogue of Vegetable Species. In: *Vème Rencontres de Phytopathologie. Mycologie, Journées J. Chevaugéon, Aussois, France*. 2002.
- Farrar J.J., Pryor B.M., Davis R.M. Alternaria diseases of carrot. *Plant Dis.* 2004;88:776–784. doi: 10.1094/PDIS.2004.88.8.776.
- Vintal H., Ben-Noon E., Shlevin E., Yermiyahu U., Shtienberg D., Dinnor A. Influence of rate of soil fertilization on Alternaria leaf blight (*Alternaria dauci*) in carrots. *Phytoparasitica* 1999
- Ben-Noon E., Shtienberg D., Shlevin E., Vintal H., Dinnor A. Optimization of chemical suppression of *Alternaria dauci*, the causal agent of Alternaria leaf blight in carrots. *Plant Disease*. 2001.
- Nalobova, Yu.M., Bokhan, A.I. The influence of methods for growing seedlings of carrot canteen on the quality of seeds and their phytosanitary condition. *Vegetable growing is a collection of scientific papers*. Minsk, 2010; (18): 52. (In Russ.)
- Beckman C.H. The Nature of Wilt Diseases of Plants. St Paul MN: American Phytopathological Society Press. 1987. (In Russ.)
- Gagkaeva, T.A., Gavrilova, O.P., Levitin, M.M., Novozhilov, K.V. Fusariosis of cereals. *Supplement to the journal "Plant Protection and Quarantine"*. 2011; (5): 112. (In Russ.)
- Semenov, A.N., Divashuk, M.G., Bazhenov, M.S., Karlov, G.I., Leunov, V.I., Khovrin, A.N., Egorova, A.A., Sokolova, L.M., Tereshonkova, T.A., Alekseeva, K.L., Leunova, V.M. Comparative analysis of polymorphism of microsatellite markers in a number of species of the genus Fusarium. *Izvestia Timiryazev Agricultural Academy*. 2016; (1): 40–50. (In Russ.)
- Le Clerc V., et al. QTL mapping of carrot resistance to leaf blight with connected populations: stability across years and consequences for breeding. *Theor. Appl. Genet.* 2015;128:2177–2187. doi: 10.1007/s00122–015–2576-z.
- Lecomte M., et al. Inhibitory effects of the carrot metabolites 6-methoxymellein and faltarindiol on development of the fungal leaf blight pathogen *Alternaria dauci*. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 2012;80:58–67. doi: 10.1016/j.pmpp.2012.10.002
- Dang H.X., Pryor B., Peever T., Lawrence C.B. The Alternaria genomes database: a comprehensive resource for a fungal genus comprised of saprophytes, plant pathogens, and allergic species. *BMC Genomics*. 2015.16:239 10.1186/s12864–015-1430–7
- Thomma B.P. Alternaria spp.: from general saprophyte to specific parasite. *Mol. Plant Pathol.* 2003;(4):225–236. 10.1046/j.1364–3703.2003.00173.x
- Coates L., Johnson G. Postharvest diseases of fruit and

vegetables, in *Plant Pathogens and Plant Diseases*, eds Brown J.F., Ogle H.J., editors. *Armidale, NSW: Rockvale Publications*, 1997: 533–548.

- Woudenberg J.H.C., Seidl M.F., Groenewald J.Z., de Vries M., Stielow J.B., Thomma B.P., et al. Alternaria section Alternaria: species, formae speciales or pathotypes? *Stud. Mycol.* 2015;(82):1–21. 10.1016/j.simyco.2015.07.001
- Meena M., Zehra A., Dubey M.K., Aamir M., Gupta V.K., Upadhyay R.S. Comparative evaluation of biochemical changes in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) infected by *Alternaria alternata* and its toxic metabolites (TeA, AOH, and AME). *Front. Plant Sci.* 2016;(7):1408. 10.3389/fpls.2016.01408
- Meena M., Zehra A., Swapnil P., Dubey M. K., Patel C. B., Upadhyay R. S. Effect on lycopene,  $\beta$ -carotene, ascorbic acid and phenolic content in tomato fruits infected by *Alternaria alternata* and its toxins (TeA, AOH and AME). *Arch. Phytopathol. Plant Protect.* 2017;(50):317–329. 10.1080/03235408.2017.1312769
- Lee H.B., Patriarca A., Magan N. Alternaria in food: ecophysiology, mycotoxin production and toxicology. *Mycobiology*. 2015;(43):93–106. 10.5941/MYCO.2015.43.2.93
- Sajad A.M., Jamaluddin Abid H.Q. Fungi associated with the spoilage of post harvest tomato fruits and their frequency of occurrences in different markets of Jabalpur, Madhya-Pradesh, India. *Int. J. Cur. Res. Rev.* 2017;(9):12–16. Available online at: [ijcrr.com/uploads/118\\_pdf.pdf](http://ijcrr.com/uploads/118_pdf.pdf)
- Kurup V. P., Shen H. D., Banerjee B. Respiratory fungal allergy. *Microb. Infect.* 2000;(2):1101–1110. 10.1016/S1286–4579(00)01264–8
- X. Y. Zhang, J. Hu, H. Y. Zhou, J. J. Hao, Y. F. Xue, H. Chen, and B. G. Wang. First Report of *Fusarium oxysporum* and *F. solani* Causing Fusarium Dry Rot of Carrot in China. *The American Phytopathological Society*. 2014; 98(9). <https://doi.org/10.1094/PDIS-02–14-0156-PDN>
- Bukharov A.F., Leunov V.I., Baleev D.N., Khovrin A.N., Devyatov A.G., Bukharova A.R. The germlessness of the seeds of the carrot of the dining room as a result of selective pollination (bees, bumblebees, flies) and damage by the pest (striped shield bug). *News of the Timiryazev Agricultural Academy*. 2016; (4): 5–16. (In Russ.)
- Leunov V.I., Khovrin A.N., Tereshonkova T.A., Sokolova L.M., Gorshkova N.S., Alekseeva K.L. Methods of accelerated selection of dining carrots for complex resistance to fungal diseases (*Alternaria* and *Fusarium*). *Guidelines*. GNU VNIIO. 2011. 61 p. (In Russ.)
- Chumakov A.E., Minkevich I.I., Vlasov Yu.I., Gavrilova E.A. The main methods of phytopathological studies. Moscow "Kolos". 1974. P.190. (In Russ.)
- Naumov N.A. Methods of mycological and phytopathological studies. L., Selkhozgiz, 1937. (In Russ.)
- Geshele E.E. Guidelines for phytopathological assessment of crops. Odessa, 1971. (In Russ.)
- Khokhryakov M.K. Guidelines for the experimental study of phytopathogenic fungi. L., VIZR, 1969. (In Russ.)
- Kokaeva L.Yu. Mycobiota of the affected leaves *Solanum tuberosum* L., *S. lycopersicum* L. and *S. dulcamara* L. Specialty 03.02.12 — Mycology The dissertation for the degree of candidate of biological sciences. 2016. (In Russ.)
- Chekalin N.M., Genetic basis for the selection of leguminous crops for resistance to pathogens. Moscow, 2003. (In Russ.)
- Hannibal F.B. Monitoring of Alternaria crops and identification of fungi of the genus Alternaria. Toolkit. St. Petersburg, 2011. P.71. (In Russ.)

## ОБ АВТОРАХ:

**Соколова Любовь Михайловна**, ведущий научный сотрудник отдела селекции и семеноводства, кандидат с.-х. наук, <https://orcid.org/0000-0001-6223-4767>  
**Бухаров Александр Федорович**, доктор с.-х. наук, профессор, зав. лаб. семеноведения, <https://orcid.org/0000-0003-1910-5390>  
**Иванова Мария Ивановна**, главный научный сотрудник отдела селекции и семеноводства, доктор с.-х. наук, проф. РАН, <https://orcid.org/0000-0001-7326-2157>

## ABOUT THE AUTHORS:

**Lubov M. Sokolova**, Cand. Sci. (Agriculture), <https://orcid.org/0000-0001-6223-4767>  
**Aleksandr F. Bukharov**, Doc. Sci. (Agriculture), Professor, <https://orcid.org/0000-0003-1910-5390>  
**Maria I. Ivanova**, Sci. (Agriculture), Professor of the Russian Academy of Sciences, <https://orcid.org/0000-0001-7326-2157>