**Научная статья**

УДК 632.4
EDN: HCEWLD
https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-3-22–29

# ПОИСК ГЕНЕТИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ УСТОЙЧИВОСТИ НА СЕМЕННОМ МАТЕРИАЛЕ МОРКОВИ СТОЛОВОЙ

**Любовь Михайловна Соколова, Александр Владимирович Корнев, Мария Александровна Косенко, Александр Николаевич Ховрин**

Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства», дер. Верея, Московская область, Россия, lsokolova74@mail.ru

***Аннотация.*** Глобальные изменения климата негативно влияют на рост и развитие сельскохозяйственных культур. Ухудшение фитопатологической обстановки связано с нарастанием агрессивности местных рас патогенов и интродуцированием новых рас, источником которых является ввозимая в страну семенная продукция зарубежной селекции. В современной селекции моркови столовой актуальным направлением является поиск генетических источников устойчивости, что обусловлено значительными потерями урожая в поле и при хранении, снижающими экономическую и хозяйственную эффективность возделываемых сортов. В связи с этим необходим подбор исходного материала, который запускается в селекционный процесс. В условиях тяжёлой эпидемии потери урожая моркови столовой от комплекса патогенов могут достигать 60 %, а недобор семян – 80 и более %. Исходя из вышеизложенного, целью наших исследований является определение генетических источников устойчивости семенного материала моркови столовой к патогенам *Alternaria* spp., *Fusarium* spp.

В ходе исследований селекционного материала моркови столовой в *in vitro* определены образцы со всхожестью от 92 до 100 %: Л12 (6ф) (92 %), Л12 (3ф) (94 %), Л8 (2ф) (94 %), Л12 (4ф) (96 %), Л11 (2ф и 3ф) (по 98 %), Л12 (1ф) (99 %). Со 100 %-ой всхожестью были образцы Л8 (1ф), Л9 (2ф) и Л12 (2ф). Выявлен селекционный образец Л11 (2ф и 3ф), не имеющий признаков поражения. При анализе линейного материала моркови столовой выявлено, что образцы № 49(4), № 7(2) Абако F1- st., № 57(5) имеют всхожесть семян от 84 до 68 %. Выделившиеся образцы не имеют признаков инфицированности семян и будут служить генетическими источниками устойчивости в дальнейшей селекционной работе. В результате исследований коллекция штаммов патогенов ВНИИО – филиала ФГБНУ ФНЦО пополнилась новыми чистыми культурами *Alternaria* spp., *Fusarium* spp.

***Ключевые слова:*** морковь, семена, линии, исходный материал, генисточник, патогенны.

***Для цитирования:*** Соколова Л. М., Корнев А. В., Косенко М. А., Ховрин А. Н. Поиск генетических источников устойчивости на семенном материале моркови столовой // Агронаука. 2025. Том 3. № 3. С. 22–29. EDN: HCEWLD. https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-3-22–29

**Original article**

# SEARCH FOR GENETIC SOURCES OF RESISTANCE IN TABLE CARROT SEED MATERIAL

**Lyubov M. Sokolova, Alexander V. Kornev, Maria A. Kosenko, Alexander N. Khovrin**

All-Russian Research Institute of Vegetable Growing – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Vegetable Growing", Moscow Region, Vereya village, Russia, lsokolova74@mail.ru

***Abstract.*** The global impacts of climate change have a very negative impact on the growth and development of agricultural crops. The deterioration of the phytopathological situation is facilitated by the fact that, along with the increasing aggressiveness of local races of pathogens, in recent years there has also been the introduction of new races, the source of which is imported seed products of varieties / hybrids of foreign breeding. In this regard, in modern selection of table carrots, an urgent direction is the search for genetic sources of resistance, which is due to significant yield losses in the field and during storage, reducing the economic and business efficiency of cultivated varieties. In this regard, it is necessary to select the source material that is launched into the selection process. In conditions of a severe epidemic, yield losses of table carrots from a complex of pathogens can reach 60%, and the shortage of seeds reaches 80% or more. Based on the above, the purpose of our research is to determine the genetic sources of resistance of table carrot seed material to pathogens of the pp. *Alternaria spp., Fusarium spp*.

During the studies of the selection material of table carrot in vitro, samples with germination from 92 to 100 % were identified - L12 (6ph) (92 %), L12 (3ph) (94 %), L8 (2ph) (94 %), L12 (4ph) (96 %), L11 (2ph and 3ph) (98 % each), L12 (1ph) (99 %). With 100 % germination were L8 (1ph), L9 (2ph) and L12 (2ph). The selection sample L11(2ph and 3ph) was identified, without signs of damage. When analyzing the linear material of table carrots, it was revealed that samples No. 49(4), No. 7(2) Abaca F1- st., No. 57(5) have seed germination from 84 to 68 %. The selected samples have no signs of seed infection and will serve as genetic sources of resistance in further breeding work. As a result of the research, the collection of pathogen strains of the All-Russian Research Institute of Crops and Vegetables - a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center of Crops and Vegetables was replenished with new pure cultures of the *Alternaria spp., Fusarium spp*.

***Keywords*:** carrot, seeds, lines, source material, genetic source, pathogenic.

***For citation:*** Sokolova LM, Kornev AV, Kosenko MA, Khovrin AN. Poisk geneticheskikh istochnikov ustoichivosti na semennom materiale morkovi stolovoi [Search for genetic sources of resistance in seed material of table carrot]. *Agronauka = Agroscience*. 2025;3:3:22–29 (in Russ.). EDN: HCEWLD. https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-3-22–29

**Введение**

Ухудшению фитопатологической обстановки способствует тот факт, что наряду с нарастанием агрессивности местных рас патогенов в последние годы происходит интродуцирование новых рас, источником которых являются ввозимая в страну семенная продукция сортов, гибридов зарубежной селекции [1].

Зарубежные сорта, гибриды овощных культур зачастую оказываются неустойчивыми к местным расам фитопатогенов, что приводит к необходимости применения дополнительных средств защиты. В связи с этим в современной селекции моркови столовой актуальным направлением является повышение устойчивости сортов и гибридов к возбудителям наиболее вредоносных болезней, а также к их комплексу, что обусловлено значительными потерями урожая в поле и при хранении, снижающими экономическую и хозяйственную эффективность возделываемых сортов [2, 3].

Семена – эффективное средство распространения болезней. Несколько инфицированных растений в поле могут стать источником инокулята для распространения болезни на другие растения. Присутствие в семенах патогенов, передающихся через семена, либо препятствует прорастанию, либо может привести к эпидемиям болезней из-за передачи возбудителя болезни от семени к растению. Это отрицательно скажется на качестве и урожайности производимых культур. Поэтому важно с самого начала использовать здоровые семена [4].

За последние годы отмечено увеличение числа заболеваний, вызванных фитопатогенными грибами, бактериями и вирусами. Эти возбудители поражают растения на разных стадиях их роста и производства сельскохозяйственной продукции. В зависимости от погодных условий и фитосанитарного состояния посевов распространённость грибных болезней из рода *Alternaria* spp., *Fusarium* spp. может достигать 70…80 %

от всей популяции растений, а урожайность снижаться в ряде случаев на 80…98 % [5, 6].

Также авторами Бухаров и др. доказано, что с повышением порядка ветвления посевные качества семян моркови постепенно снижаются [7]. При этом отмечено, что семена, собранные с разных порядков ветвления (и соответственно имеющие различные линейные размеры), могут по-разному реагировать на температуру [8].

В связи с вышеизложенным, **целью** наших исследований является определение генетических источников устойчивости семенного материала моркови столовой к патогенам *Alternaria* spp., *Fusarium* spp.

**Задачи исследований**

1. Определить заспоренность исходного семенного материала и выявить наиболее встречаемые патогенны;

2. Выявить генисточники устойчивости на семенном материале моркови столовой для дальнейшего посева на селекционном участке.

3. Пополнить коллекцию новыми штаммами патогенов.

**Условия, материалы и методы**

Исследования проводили в 2024–2025 гг. в лаборатории корнеплодных культур ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО.

Исходным материалом для исследований служили семена селекционных образцов – линейный материал и гибридные популяции моркови столовой отечественной селекции. Контролем в исследованиях был гибрид – № 7(2) Абако F1- st. (MONSANTO HOLLAND B. V.)

Заражённость семян болезнями определяли согласно п. 10.2 и 10.15 ГОСТ 12044-93.

При проращивании семян заболевания, вызываемые грибами на проросших и непроросших семенах, проявляются в виде пятен различной формы и окраски, налёта грибницы и отмирания проростков.

Семена моркови столовой раскладывали для проращивания в чашки Петри в трёхкратной повторности на увлажнённую фильтровальную бумагу по 100 семян на каждый вариант. При анализе энергии прорастания семян (5-е сутки от закладки опыта) проводили первый учёт по признаку проявления патогенов; при учёте всхожести (10-е сутки) проводили заключительную оценку по признаку инфицированности семенного материала и подсчитывали процентное соотношение здоровых и больных семян моркови столовой. Проявившийся мицелий анализировали в поле зрения микроскопа при увеличении 16 × 40. При проведении микроскопирования проводили идентификацию патогенов до рода [9].

**Результаты и обсуждение**

Заражение семян патогенными грибами может происходить, начиная с фазы цветения зонтика. Проявляется заболевание в виде тёмных овальных пятен по стеблю, впоследствии растение чернеет. С таких растений семена собирать не рекомендуется, так как инфекция проникает внутрь семян.

При проведении анализа энергии прорастания семян согласно пунктам 10.2 и 10.15 ГОСТ 12044-93 проявляются патогены (рисунок 1).

При прорастании семян наблюдаются следующие симптомы: деформация проростка, появление воздушного мицелия (серого, чёрного, тёмно-серого или пепельного цвета), потемнение проростков.

Поражённые грибными патогенами семена, имеют пониженную всхожесть и энергию прорастания (рисунок 1).

При анализе селекционных образцов моркови столовой (рисунок 2) определены образцы со всхожестью от 92 до 100 %, это Л12 (6ф) (92 %), Л12 (3ф) (94 %), Л8 (2ф) (94 %), Л12 (4ф) (96 %), Л11 (2ф) и (3ф) (по 98 %), Л12 (1ф) (99 %). Со 100 %-ой всхожестью – образцы Л8 (1ф), Л9 (2ф) и Л12 (2ф).

Но, несмотря на высокую всхожесть, данные образцы имеют признаки поражения семенного материала. Так, наибольшее процентное соотношение больных (64 %) к здоровым (36 %) имеет образец Л8 (1ф) со 100 %-ой всхожестью.

Остальные выделившиеся образцы с высокой всхожестью имеют следующее процентное соотношение больных и здоровых проростков: Л12 (6ф) (4 % больных и 88

Л11 (1ф) Л12 (1ф) № 63 (9) линия

***Рисунок 1 – Инфицированности семян моркови столовой***
***Figure 1 – Infection of carrot seeds in the canteen***

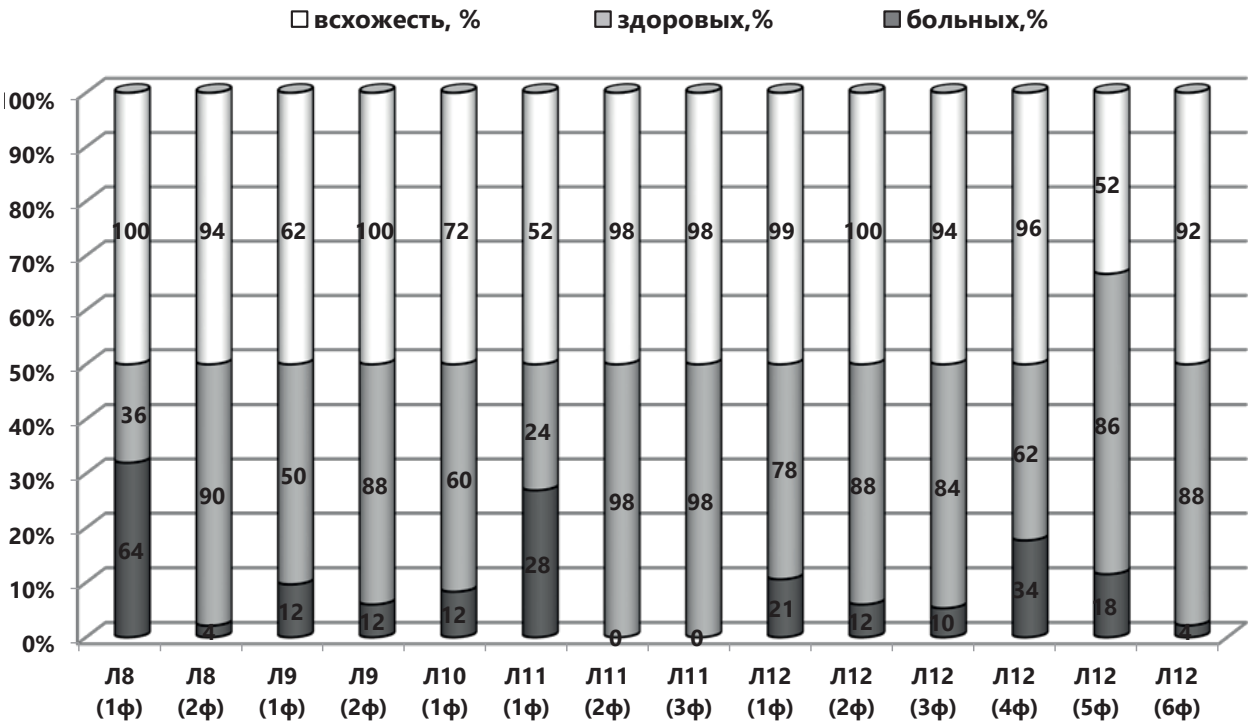


***Рисунок 2 – Инфицированности селекционного семенного материала моркови столовой при определении всхожести (n-100), %***
***Figure 2 – Infection of the breeding seed material of table carrots in determining germination (n-100), %.***

% здоровых), Л12 (3ф) (10 % и 84 % соответственно), Л8 (2ф) (4 % и 90 %), Л12 (4ф) (34 % больных и 62 % здоровых), Л12 (1ф) (21 % и 78 % соответственно), Л9 (2ф) и Л12 (2ф) (12 % больных и 88 % здоровых).

Тогда как образцы Л11 (2ф) и (3ф), без признаков поражения семенного материала и могут служить генисточниками устойчивости.

Представленный на рисунке 3 линейный материал моркови столовой имеет высокую всхожесть – от 68 % у образца № 49 (4), 78 %

– № 7(2) Абако F1- st, 84 % – № 57(5). Отметим, что перечисленные образцы не имеют инфицированных семян. Тогда как со 100 % всхожестью линия № 63(9), имеет 66 % инфицированных семян и 34 % семян без признаков поражения.

Наименьшее количество больных проростков (8 %) имеет образец № 1(1).

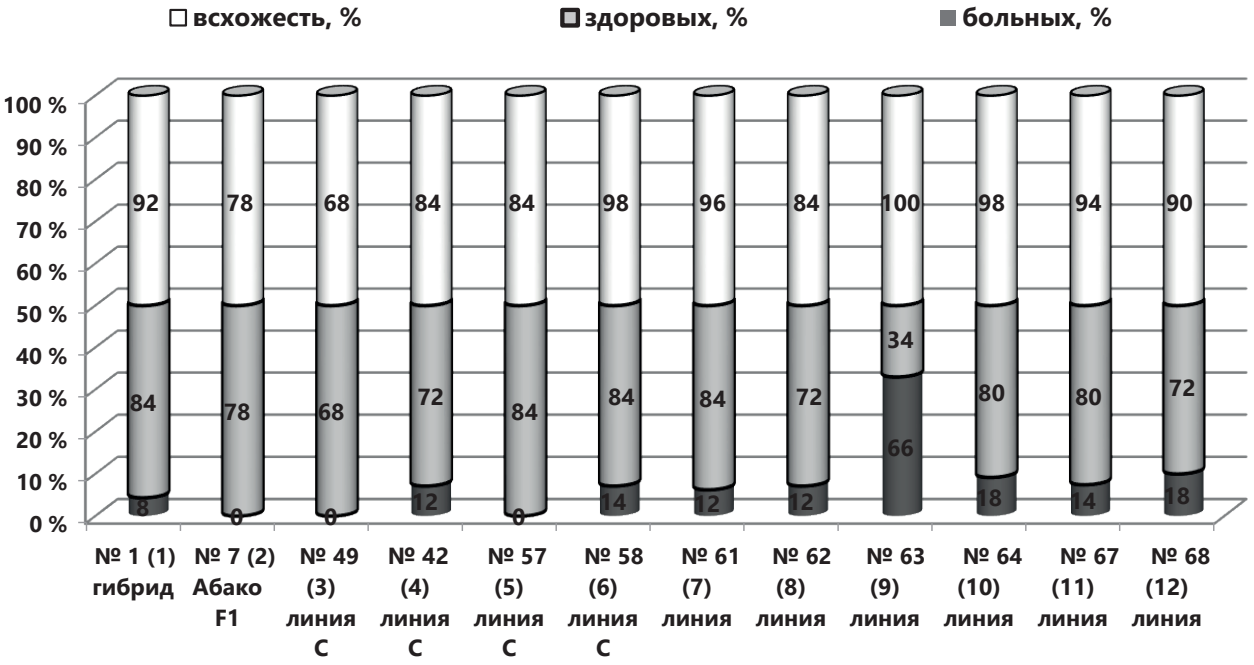


***Рисунок 3 – Инфицированности линейного семенного материала моркови столовой при определении всхожести (n-100), %***
***Figure 3 – Infection of linear carrot seed material in determining germination (n-100), %***

Линии № 42, 61 и 62 имеют низкую инфицированность семян – 12 % и самое большое количество здоровых семян – 84 %.

Применение ГОСТ 12044-93 позволяет чётко определить, какие патогены, проявляются на семенах. Проводимый ежегодный мониторинг новых полученных семян позволяет определить частоту встречаемости патогенов, динамику проявления болезней, сезонную изменчивость, накопление инфекции, нарастание вредоносности.

В наших исследованиях по семенам выявлены часто встречаемые признаки болезней (рисунок 4). Также на данном рисунке представлена раскладка и микроскопирование выросшего мицелия.

В результате анализа выросшего мицелия выявлено, что на семенах в основном преобладают патогены рр. *Alternaria* spp., *Fusarium* spp.

Представитель плесневелых грибов *Mucor* проявляется в тех случаях, когда нарушен режим хранения семян, его наличие указывает на повышенную влажность и/или недостаточную просушку семян перед хранением. *Mucor* может значительно снизить всхожесть семян. Чтобы избежать этой проблемы, необходимо обеспечить сухие и прохладные условия хранения, а также убедиться, что семена достаточно просушены.

Оптимальная температура для хранения семян большинства культур составляет 12…16 °С. Влажность воздуха в помещении для хранения должна быть не выше 40…60 %.

С исследуемого материала были сделаны пересевы мицелия для получения чистой культуры. Для этой цели отбирался мицелий, который отличался по структуре, опушенности и окраске.

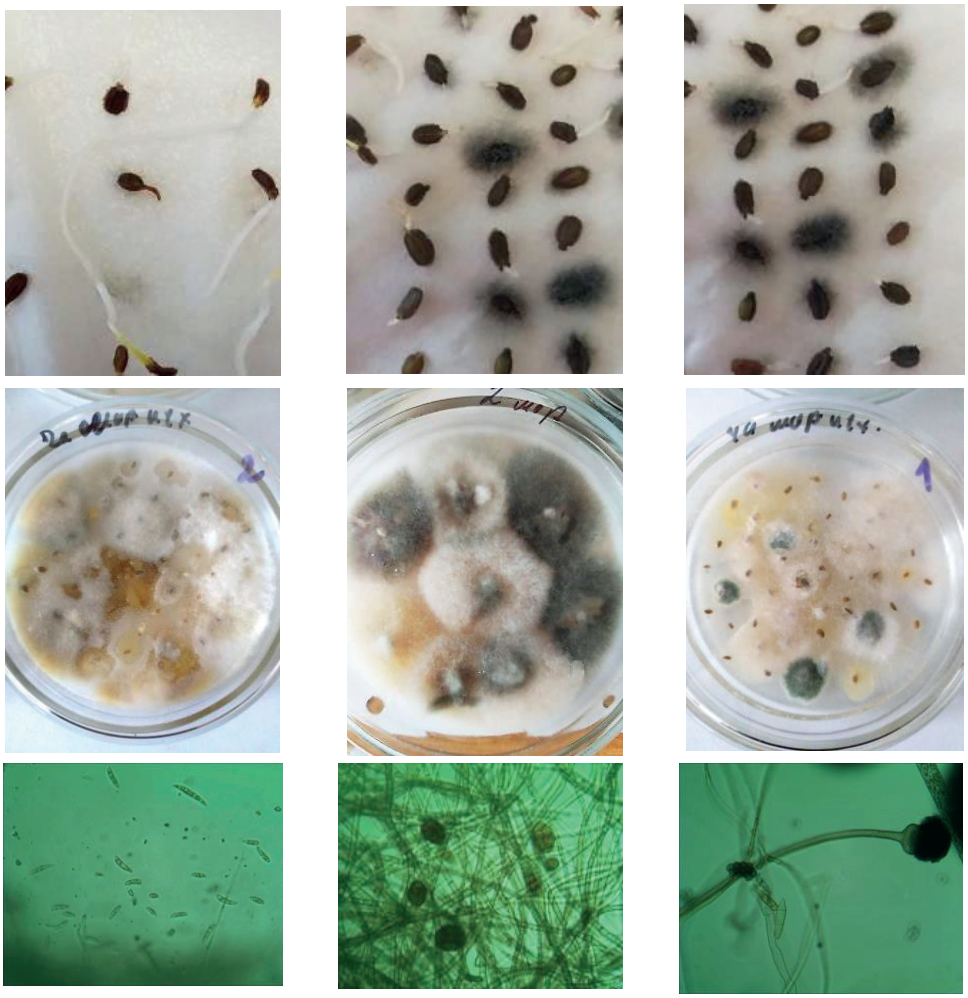


***Рисунок 4 – Выделение патогенов Alternaria spp., Fusarium spp., Mucor***
***Figure 4 – Isolation of pathogens from Alternaria spp., Fusarium spp., Mucor***

**Выводы**

В ходе исследований семян селекционного материала моркови столовой в *in vitro* выявлены образцы со всхожестью от 92 до 100 %: Л12 (6ф) – 92 %, Л12 (3ф) – 94 %, Л8 (2ф) – 94 %, Л12 (4ф) – 96 %, Л11 (2ф и 3ф) – по 98 %, Л12 (1ф) – 99 %. Со 100 %-ой всхожестью – образцы Л8(1ф), Л9(2ф) и Л12(2ф). Выявлен селекционный образец Л11(2ф и 3ф), не имеющий признаков поражения. Данный образец может служить генетическим источником устойчивости в дальнейшей селекционной работе.

При анализе линейного материала моркови столовой определено, что образцы № 49(4), № 7(2) Абако F1, № 57(5) имеют всхожесть семян от 84 до 68 %. Также эти образцы не имеют признаков инфицированности семян. Данный образец будут служить генетическими источниками устойчивости в дальнейшей селекционной работе.

В результате исследований коллекция штаммов ВНИИО – филиала ФГБНУ ФНЦО пополнена новыми чистыми культурами *Alternaria* spp., *Fusarium* spp.

**Список источников**

1. Левитин М. М., Новожилов К. В., Афанасенко О. С., Михайлова Л. А., Мироненко Н. В., Гагкаева Т.

Ю., и др. Миграции фитопатогенных грибов и ареалы популяций // Микология сегодня. Москва: ООО «Общественная национальная академия микологии», 2011. Т. 2. С. 261–274.

2. Козарь Е. Г., Ветрова С. А., Енгалычева И. А., Федорова М. И. Оценка устойчивости селекционного материала свёклы столовой к церкоспорозу на фоне эпифитотии в условиях защищенного грунта московской области // Овощи России. 2019. № 6(50). С. 121–129. https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-124-132

3. Engalycheva I., Kozar E. Daucus carota resistance sources to mycomycetes phytopathogenic complex // ABSTRACT BOOK «Scientific International Symposium "Advanced Biotechnologies - Achievements and Prospects" (VIth Edition)». The Section IV. Biotechnology for environment and plant protection. 3–4 October, 2022. Republic of Moldova, Chisinau, 2022. P. 144–146. https://doi.org/10.53040/abap6.2022.48

4. Соколова Л. М., Тимакова Л. Н. Комплекс патогенов на семенах свёклы столовой и методы снятия их вредоносности // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 4 (102). С. 91–96. https://doi.org/10.37670/2073-0853-2023-102-4-91-96

5. Соколова Л. М., Янченко А. В., Федосов А. Ю., Азопков М. И., Голубович В. С. Термическое обеззараживание семян моркови и свёклы // Картофель и овощи. 2021. № 8. С. 24–27.

6. Янченко А. В., Азопков М. И., Соколова Л. М. Обработка семян для увеличения выхода маточников // Картофель и овощи. 2016. № 10. С. 32–34. https://doi.org/10.25630/PAV.2021.69.23.004

7. Бухаров А. Ф., Соколова Л. М., Еремина Н. А., Леунов В. И., Бухарова А. Р. Наследование морфометрических параметров семян при отдаленной гибридизации моркови // Рисоводство. 2024. Т. 23. № 2 (63). С. 31–38. https://doi.org/10.33775/1684-2464-2024-63-2-31-38

8. Corbineau, F., Picard M. A., Bonnet A., Come D. Effects of production factors on germination responses of carrot seeds to temperature and oxygen // Seed Science Research. 1995. № 5. P.129–135.

9. Соколова Л. М. Система комплексного применения селекционно-иммунологических методов для создания сортов и гибридов моркови столовой с групповой устойчивостью к *Alternaria sp.* и *Fusarium sp.* // Методические рекомендации. Москва: Федеральный научный центр овощеводства. 2022. 56 с.

**References**

1. Levitin MM, Novozhilov KV, Afanasenko OS, Mikhailova LA, Mironenko NV, Gagkaeva TYu, et al. Migrations of phytopathogenic fungi and population ranges [Migratsii fitopatogennykh gribov i arealy populyatsii]. *Mycology today.* Moscow: OOO «Obshchestvennaya natsional'naya akademiya mikologii». 2011;2:261–274. (In Russ.).

2. Kozar EG, Vetrova SA, Engalycheva IA, Fedorova MI. Evaluation of resistance of table beet breeding material to cercospora leaf spot against the background of epiphytoty in protected soil conditions of the Moscow region [Otsenka ustoichivosti selektsionnogo materiala svekly stolovoi k tserkosporozu na fone epifitotii v usloviyakh zashchishchennogo grunta moskovskoi oblasti]. *Ovoŝi Rossii*. 2019;6:50:121–129. (In Russ.). https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-124-132

3. Engalycheva I, Kozar E. Daucus carota resistance sources to mycomycetes phytopathogenic complex // ABSTRACT BOOK *«Scientific International Symposium "Advanced Biotechnologies – Achievements and Prospects" (VIth Edition)»*. The Section IV. Biotechnology for environment and plant protection. 3–4 October, 2022. Republic of Moldova. Chisinau. 2022;4:144–146. (In Moldova). https://doi.org/10.53040/abap6.2022.48

4. Sokolova LM, Timakova LN. Complex of pathogens on table beet seeds and methods for removing their harmfulness [Kompleks patogenov na semenakh svekly stolovoi i metody snyatiya ikh vredonosnosti]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2023;4:102:91–96. (In Russ.). https://doi.org/10.37670/2073-0853-2023-102-4-91-96

5. Sokolova LM, Yanchenko AV, Fedosov AYu, Azopkov MI, Golubovich VS. Thermal disinfection of carrot and beet seeds [Termicheskoe obezzarazhivanie semyan morkovi i svekly]. *Potato and vegetables*. 2021;8:24–27. (In Russ.).

6. Yanchenko AV, Azopkov MI, Sokolova LM. Seed treatment to increase the yield of mother plants [Obrabotka semyan dlya uvelicheniya vykhoda matochnikov]. *Potato and vegetable*. 2016;10:32–34. (In Russ.). https://doi.org/10.25630/PAV.2021.69.23.004

7. Bukharov AF, Sokolova LM, Eremina NA, Leunov VI, Bukharova AR. Inheritance of morphometric parameters of seeds during distant hybridization of carrots [Nasledovanie morfometricheskikh parametrov semyan pri otdalennoi gibridizatsii morkovi]. *Rice growing*. 2024;23:2:63:31–38. (In Russ.). https://doi.

org/10.33775/1684-2464-2024-63-2-31-38

8. Corbineau, F, Picard MA, Bonnet A, Come D. Effects of production factors on germination responses of carrot seeds to temperature and oxygen. *Seed Science Research*. 1995;5:29–135.

9. Sokolova LM. System of complex application of selection and immunological methods for creation of varieties and hybrids of table carrots with group resistance to Alternaria sp. and Fusarium sp. [Sistema kompleksnogo primeneniya selektsionno-immunologicheskikh metodov dlya sozdaniya sortov i gibridov morkovi stolovoi s gruppovoi ustoichivost'yu k Alternaria sp. i Fusarium sp.]. *Metodicheskie rekomendatsii*. Moscow: Federal'nyi nauchnyi tsentr ovoshchevodstva. 2022;56. (In Russ.).

**Информация об авторах**

Л. М. Соколова – доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник;
А. В. Корнев – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник;
М. А. Косенко – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник;
А. Н. Ховрин - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, главный научный сотрудник.

***Статья поступила в редакцию 18.07.2025; одобрена после рецензирования 21.07.2025; принята к публикации 28.07.2025***

**Information about the authors**

L. M. Sokolova – Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher;
A. V. Kornev – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher;
M. A. Kosenko – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher;
A. N. Khovrin – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Chief Researcher.

***The article was submitted 18.07.2025; approved after reviewing 21.07.2025; accepted for publication 28.07.2025***