

СОЗДАНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА МОРКОВИ СТОЛОВОЙ  
С УСТОЙЧИВОСТЬЮ К АЛЬТЕРНАРИОЗУ  
НА ИСКУССТВЕННОМ ИНФЕКЦИОННОМ ФОНЕЛ.М. СОКОЛОВА<sup>1</sup>, О.О. БЕЛОШАПКИНА<sup>2</sup>, В.И. ЛЕУНОВ<sup>2</sup>,  
А.Н. ХОВРИН<sup>1</sup>, С.И. ЧЕБАНЕНКО<sup>2</sup><sup>1</sup> ВНИИО – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»;<sup>2</sup> ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет –  
МСХА имени К.А. Тимирязева)

Представлены результаты иммунологической оценки поражения сортов моркови столовой альтернариозом на искусственном инфекционном фоне в условиях Московской области в 2011–2019 гг. Для проведения визуальных оценок устойчивости сортообразцов проводили посев семян на искусственном инфекционном почвенном фоне *A. radicina* (приуроченность корневая), дополнительно с последующим опрыскиванием растений суспензией спор *A. dauci* (приуроченность листовая). Изучаемый сортовой материал моркови столовой был подразделен на группы по устойчивости-восприимчивости. Исследования основывались на последовательных отборах в течение 6–8 лет устойчивых растений (генотипов) даже при минимальном их количестве. В результате четырех циклов отборов на искусственном инфекционном фоне генотипов (растений) на разных этапах онтогенеза произошло повышение устойчивости. С каждым последующим отбором не только увеличивалось число относительно устойчивых растений в изучаемых сортопопуляциях, но и снижался средний балл их поражения, что позволило выделить селекционный материал моркови столовой с высокой устойчивостью к поражению альтернариозом.

**Ключевые слова:** *Alternaria*, искусственный инфекционный фон, морковь столовая, отборы, устойчивость.

### Введение

Морковь культурная, или столовая (*Daucus carota* L. var. *sativus* Hoffm.), является главной овощной культурой семейства Сельдерейные, широко возделываемой в разных странах мира. Она занимает в Российской Федерации около 70000 га, из них 30000 га – в товарных хозяйствах [1].

Ежегодная потеря урожая моркови столовой из-за грибных заболеваний в мире составляет более 40% [2, 3]. Для этой культуры альтернариоз – самое распространенное и вредоносное заболевание. В условиях 2018 г. в Российской Федерации поражение посевов моркови столовой грибами рода *Alternaria* отмечено на площади, более чем 2 тыс. га. В Центральном федеральном округе болезнь была распространена на площади 0,5 тыс. га [4]. Максимальная распространенность ее была выявлена в Новгородской области и составила 69%. В Республике Чувашия болезнь имела очаговое распространение на 60% посевов [4]. Ситуация усугубляется появлением резистентных изолятов патогенных микроорганизмов, что делает неэффективным регулярное использование фунгицидов [5].

Поражение растений происходит на всех этапах их роста и развития, поэтому важное значение имеет своевременное выявление первых признаков заболевания, а также их правильная диагностика [6]. При теплой погоде и умеренном количестве осадков альтернариоз получает сильное развитие в поле и приводит к значительным потерям урожая, по причине отмирания листьев делая практически невозможной механизированную уборку корнеплодов.

Важнейшим звеном в производственной схеме получения высокого урожая моркови столовой является создание устойчивых к поражению альтернариозом сортов и гибридов. При этом в селекции на устойчивость необходимы достоверная оценка селекционного материала с выделением местных агрессивных штаммов возбудителей болезней, поддержание почвенных искусственных инфекционных фонов, проведение комплексной оценки на устойчивость в условиях инфекционного фона и сравнительная оценка в естественных полевых условиях.

**Цель исследований:** выявление динамики повышения или понижения устойчивости моркови столовой к альтернариозу при проведении серии последовательных отборов в условиях искусственного инфекционного фона.

### Методика исследований

Исследуемым материалом явились сортообразцы моркови столовой разного возраста и чистая культура патогенов *Alternaria dauci* (JG Kühn) JW Groves & Skolko (1944). Посев моркови на искусственном инфекционном фоне проводили вручную. Норма высева семян на 2-метровой делянке – 100 шт., в одной повторности. Первую оценку по признаку проявления болезней на листовой пластинке проводили, когда растение первого года жизни имело 4 настоящих листа (июнь), последующие оценки проводили с интервалом 7 сут.

**Метод создания инфекционного фона.** Для инокуляции применяли 14-дневную чистую культуру возбудителя *Alternaria radicina* (Meier et al.). Для размножения инфекционного материала использовали проавтоклавированное с водой зерно овса в колбах, которое затем засеивали чистой культурой гриба и выдерживали в течение 14 сут. в термостате при температуре +20...+25°C, периодически встряхивая для равномерного распределения мицелия. По истечении времени субстрат извлекали из колб и просушивали до полного высыхания при комнатной температуре в течение 2–3 сут. [7]. Титр определяли с помощью камеры Горяева, он составлял в среднем  $2 \times 10^8$  спор в 1 мл.

Внесение инфицированного грибом зернового субстрата проводили непосредственно перед посевом. На глубину 5 см в подготовленные рядки длиной 2 м равномерно распределяли 30 г субстрата-инокулюма на всю длину рядка, после чего присыпали землей и проводили посев семян [8].

**Метод приготовления суспензии спор для опрыскивания вегетирующих растений *A. dauci*.** В чистую культуру гриба в чашках Петри с хорошо разросшимся мицелием наливали 25 мл дистиллированной автоклавированной воды и шпателем Дригальского производили смыв конидий. Концентрация полученной споровой суспензии *A. dauci*, определяемая с помощью камеры Горяева, составляла  $2 \times 10^5$  спор в 1 мл [9]. Перед началом работ провели обильный полив растений в целях создания повышенной влажности почвы и воздуха в процессе заражения, необходимой для успешного заражения. После этого ручным пульверизатором провели опрыскивание свежеприготовленной суспензией спор до полного смачивания растений. Обработанные образцы плотно накрывали пленкой на заранее подготовленный каркас по всему периметру искусственного инфекционного фона для лучшего развития болезни (заражение происходит при влажности 85% и температуре от 20 до 25°C). Выдерживали

образцы в таком состоянии на протяжении 15 сут. Оценку проводили на 16-е сутки от момента заражения.

Для иммунологической оценки высевали восприимчивые и устойчивые сорта-контроль, которые располагали по участку рендомизированно через каждые 5 образцов. Визуальную оценку устойчивости образцов проводили согласно методике В.И. Леунова и др. (2011) по следующей шкале: 5 баллов – поражено менее 20% растений, практически устойчивые; 4 балла – 21...40%, слабовосприимчивые; 3 балла – 41...60%, средневосприимчивые; 2 балла – 61...80%, восприимчивые; 1 балл – поражены 81...100%, сильновосприимчивые.

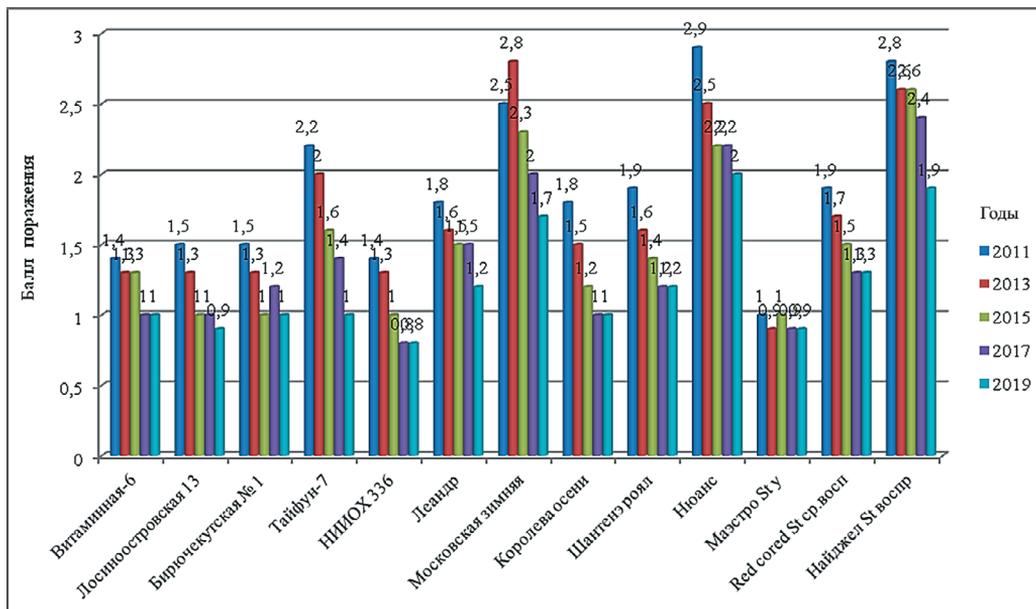
При уборке урожая проводили оценку поражения листовых пластинок каждого растения в образце по следующим градациям: от 0 до 0,8 баллов, практически устойчивые; 0,9–1,5, слабовосприимчивые; 1,6–2,4, средневосприимчивые; 2,5–3,2, восприимчивые; 3,3–4,0, сильновосприимчивые.

### Результаты и обсуждение

Исследования строились на последовательных отборах устойчивых растений (генотипов). Установили, что за 6–8 лет от отбора к отбору устойчивость к альтернариозу стабильно повышалась.

В результате проведенной оценки поражения *A. dauci* исследуемый сортовой материал моркови столовой был подразделен на группы по устойчивости-восприимчивости (рис. 1).

К слабовосприимчивым образцам относились Витаминная 6, Лосиноостровская-13, Бирючукская НИИОХ 336, Шантенэ роял. Средневосприимчивыми были образцы Леандр, Тайфун 7, Королева осени. Восприимчивыми оказались образцы Несравненная, Ньюанс, Московская зимняя А 515.



**Рис. 1.** Иммунологическая оценка поражения альтернариозом в условиях искусственного инфекционного фона по листовой пластине (2011 по 2019 гг.)

После проведенной оценки здоровые корнеплоды закладывали на хранение для последующего размножения и отборов.

В период вегетации на растениях второго года жизни проводили повторную оценку устойчивости к *A. dauci*, при этом выявленные в ходе оценки больные растения удаляли. В результате получали здоровое семенное потомство.

Установили, что с каждым последующим отбором не только увеличивалось число относительно устойчивых растений в изучаемых сортопопуляциях, но и снижался средний балл поражения болезнью.

На примере сорта Витаминная 6 при однократном последовательном отборе в 2013 г. устойчивость генотипов возросла, но незначительно. Это подтверждал и критерий соответствия (табл. 1)  $\chi^2_{\text{факт}} < \chi^2_{\text{табл}}$ , в нашем варианте – соответственно  $7,56 < 9,49$  [10].

Таблица 1

**Оценка соответствия эффективности последовательного отбора на искусственном инфекционном фоне *Alternaria* моркови столовой по критерию  $\chi^2$  у сорта Витаминная 6 (2011–2019 гг.)**

| Показатель               | Количество устойчивых генотипов с баллом поражения, шт. |         |         |         |       | $\chi^2_{\text{факт}}$ | $\chi^2_{\text{табл}}$ | Существенность различий                       |
|--------------------------|---|---------|---------|---------|-------|------------------------|------------------------|---|
|                          | 0–0,8   | 0,9–1,6 | 1,7–2,4 | 2,5–3,2 | 3,3–4 |                        |                        |   |
| 2011 год исходный        |   |         |         |         |       |                        |                        |   |
| Наблюдаемая устойчивость | 5   | 4       | 10      | 5       | 10    | 34                     |                        |   |
| Соотношение              | 0,00  | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00  | 0,00                   | 9,49                   |   |
| 2013 год                 |   |         |         |         |       |                        |                        |   |
| Ожидаемая устойчивость   | 5   | 4       | 10      | 5       | 10    | 34                     |                        | $\chi^2_{\text{факт}} < \chi^2_{\text{табл}}$ |
| Наблюдаемая устойчивость | 6   | 8       | 10      | 8       | 5     | 37                     |                        |   |
| Соотношение              | 0,05  | 3,05    | 0,07    | 1,20    | 3,17  | 7,56                   | 9,49                   |   |
| 2015 год                 |   |         |         |         |       |                        |                        |   |
| Ожидаемая устойчивость   | 5   | 4       | 10      | 5       | 10    | 34                     |                        | $\chi^2_{\text{факт}} > \chi^2_{\text{табл}}$ |
| Наблюдаемая устойчивость | 9   | 3       | 3       | 3       | 0     | 18                     |                        |   |
| Соотношение              | 15,24   | 0,36    | 0,99    | 0,04    | 5,29  | 21,95                  | 9,49                   |   |
| 2017 год                 |   |         |         |         |       |                        |                        |   |
| Ожидаемая устойчивость   | 5   | 4       | 10      | 5       | 10    | 34                     |                        | $\chi^2_{\text{факт}} > \chi^2_{\text{табл}}$ |
| Наблюдаемая устойчивость | 10  | 9       | 3       | 1       | 0     | 23                     |                        |   |
| Соотношение              | 12,94   | 14,64   | 2,09    | 1,67    | 6,76  | 38,12                  | 9,49                   |   |
| 2019 год                 |   |         |         |         |       |                        |                        |   |
| Ожидаемая устойчивость   | 5   | 4       | 10      | 5       | 10    | 34                     |                        | $\chi^2_{\text{факт}} > \chi^2_{\text{табл}}$ |
| Наблюдаемая устойчивость | 11  | 10      | 6       | 1       | 0     | 28                     |                        |   |
| Соотношение              | 11,50   | 13,65   | 0,60    | 2,36    | 8,23  | 36,35                  | 9,49                   |   |

Устойчивость возростала после третьего отбора в 2015 г. и повышалась в последующем: в 2017 и 2019 гг., что подтверждает критерий соответствия, так как  $\chi^2_{\text{факт}} > \chi^2_{\text{табл}}$ .

Таким образом, на сорте Витаминная 6 показаны оценка эффективности предложенной схемы сортоулучшающей селекции и динамика возрастания устойчивости по всем цифровым показателям [10].

## Выводы

В результате четырех циклов отборов генотипов (растений) по устойчивости на разных этапах онтогенеза произошло повышение устойчивости. Таким образом, проведение последовательных отборов в течение двух-трех поколений на искусственном инфекционном фоне позволило выделить селекционный материал моркови столовой с высокой устойчивостью к поражению альтернариозом.

## Библиографический список

1. Леунов В.И. Направления в селекции и семеноводстве овощных корнеплодных культур / В.И. Леунов // Картофель и овощи. – 2017. – № 10. – С. 6–9.
2. Hahn M. The rising threat of fungicide resistance in plant pathogenic fungi: Botrytis as a case study / M. Hahn // J. Chem. Biol. – 2014. – № 7. – P. 133–141. Doi: 10.1007/s12154-014-0113-1.
3. Drenth A. Fungal and oomycete diseases of tropical tree fruit crops / A. Drenth, D.I. Guest // Annu. Rev. Phytopathol. – 2016. – № 54. – P. 373–395. Doi: 10.1146/annurev-phyto-080615-095944.
4. Министерство сельского хозяйства РФ и ФГБНУ Российский сельскохозяйственный центр. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в РФ в 2017 году и прогноз развития вредных объектов в 2018 году. – М., 2018. – 115 с.
5. Nicot P.C. Biological control and biopesticide suppression of Botrytis-incited diseases / P.C. Nicot, A. Stewart, M. Bardin, Y. Elad // in Botrytis – the Fungus, the Pathogen and its Management in Agricultural Systems. eds S. Fillinger and Y. Elad (Cham: Springer). – 2016. – P. 165–187. Doi: 10.1007/978-3-319-23371-09.
6. Алексеева К.Л. Болезни зеленных овощных культур (диагностика, профилактика, защита) / К.Л. Алексеева, М.И. Иванова. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 188 с.
7. Леунов В.И. Методы ускоренной селекции моркови столовой на комплексную устойчивость к грибным болезням (*Alternaria* и *Fusarium*): Методические рекомендации / В.И. Леунов А.Н., Ховрин Т.А. Терешонкова, Л.М. Соколова, Н.С. Горшкова, К.Л. Алексеева. – М., 2011. – 61 с.
8. 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.
9. 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, О.О. Белошапкина, В.И. Старцев // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – № 32 (7). – С. 26–30.
10. 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. – 2020. – № 6. – С. 78–83.

# BREEDING SOURCE MATERIAL OF TABLE CARROT RESISTANT TO EARLY BLIGHT ON AN ARTIFICIAL INFECTIOUS BACKGROUND

L.M. SOKOLOVA<sup>1</sup>, O.O. BELOSHAPKINA<sup>2</sup>, V.I. LEUNOV<sup>2</sup>,  
A.N. KHOVRIN<sup>1</sup>, S.I. CHEBANENKO<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>All-Russian Research Institute of Vegetable Crop Production –  
Branch of Federal Scientific Center of Vegetable Crop Production;

<sup>2</sup>Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

*The paper presents the results of an immunological assessment of the lesion of table carrot varieties by Alternaria on an artificial infectious background in the conditions of the Moscow region in 2011–2019. To carry out visual assessments of the resistance of varieties, seeds were sown on an artificial infectious soil background of A. radicina (root confinement), additionally with subsequent spraying of plants with a spore suspension of A. dauci (leaf confinement). The studied varietal material of table carrots was divided into groups depending on the resistance – susceptibility range. The studies were based on successive selections of resistant plants (genotypes) over 6–8 years, even with a minimal number of them. As a result of four cycles of selection against an artificial infectious background of genotypes (plants) at different stages of ontogenesis, an increase in resistance was noticed.*

*Each subsequent selection was characterized not only by the number of relatively resistant plants in the studied variety populations increased, but also the decreased average score of their lesion. Based on this, the authors have identified the breeding material of table carrots with high resistance to alternariosis.*

**Key words:** *Alternaria, infectious background, table carrot, selections, resistance.*

## References

1. Leunov V.I. Napravleniya v selektsii i semenovodstve ovoshchnykh korneplodnykh kul'tur [Trends in breeding and seed production of vegetable root crops]. Kartofel' i ovoshchi. 2017; (10):6–9. (In Rus.)
2. Hahn M. The rising threat of fungicide resistance in plant pathogenic fungi: Botrytis as a case study. J. Chem. Biol. 2014; (7):133–141. doi: 10.1007/s12154-014-0113-1
3. Drenth A., and Guest D.I. Fungal and oomycete diseases of tropical tree fruit crops. Annu. Rev. Phytopathol. 2016; (54):373–395. doi: 10.1146/annurev-phyto-080615-095944).
4. Ministerstvo sel'skogo khozyaystva RF i FGBNU Rossiyskiy sel'skokhozyaystvennyy tsentr. Obzor fitosanitarnogo sostoyaniya posevov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v RF v 2017 godu i prognoz razvitiya vrednykh ob'yektov v 2018 godu [The Ministry of agriculture of the Russian Federation and Federal State Scientific Institution Russian Agricultural Center. Review of the phytosanitary status of agricultural crops in the Russian Federation in 2017 and forecast of development of harmful objects in 2018]. Moscow 2018; 115. (In Rus.)
5. Nicot P.C., Stewart A., Bardin M., and Elad Y. Biological control and biopesticide suppression of Botrytis -incited diseases. In *Botrytis – the Fungus, the Pathogen and its Management in Agricultural Systems*, eds S. Fillinger and Y. Elad (Cham: Springer). 2016: 165–187 doi: 10.1007/978-3-319-23371-09.
6. Alekseeva K.L., Ivanova M.I. Bolezni zelenykh ovoshchnykh kul'tur (diagnostika, profilaktika, zashchita) [Diseases of green vegetable crops (diagnostics, prevention, protection)]. Moscow: Rosinformagrotekh, 2015: 188. (In Rus.)

7. *Leunov V.I., Khovrin A.N., Tereshonkova T.A., Gorshkov N.S., Alekseeva K.L., Sokolova L.M.* Metody uskorennoy selektsii morkovi stolovoy na kompleksnuyu ustoychivost' k gribnym boleznyam (*Alternaria* i *Fusarium*) [Methods of accelerated breeding of carrots in the canteen for complex resistance to fungal diseases (*Alternaria* and *Fusarium*)]. Methodological recommendations. 201; 61 (In Rus.)

8. *Sokolova L.M.* Vydelenie i agressivnost' vobuditeley bolezney rodov *Fusarium* i *Alternaria* na morkovi stolovoy [Isolation and aggressiveness of pathogens from the *FUSARIUM* AND *ALTERNARIA* genera on table carrots]. *Kartofel' i ovoshchi*. 2018; (3):21–24. (In Rus.)

9. *Leunov V.I., Khovrin A.N., Sokolova L.M., Beloshapkina O.O., Startsev V.I.* Geneticheskaya kolleksiya dikikh vidov i gibridov morkovi po ustoychivosti k gribam *Alternaria* sp. i *Fusarium* sp. [Genetic collection of wild species and hybrids of carrot on the resistance to *Alternaria* sp. and *Fusarium* sp.] *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2018; 32(7):26–30. (In Rus.)

10. *Sokolova L.M., Bukharov A.F., Ivanova M.I.* Primeneniye posledovatel'nykh otborov pri selektsii morkovi stolovoy na ustoychivost' k *Fusarium* sp. i *Alternaria* sp. [Application of sequential selection in the selection of table carrots for resistance to *Fusarium* sp. and *Alternaria* sp.]. *Agraria science*. 2020; (6):78–83. (In Rus.)

**Соколова Любовь Михайловна**, в.н.с., канд. с.-х. наук, Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства (140153, Российская Федерация, Московская область, Раменский район, д. Верея, стр. 500; тел.: (903) 546–91–91; e-mail: lsokolova74@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0001-6223-4767>).

**Белошапкина Ольга Олеговна**, д-р с.-х. наук, профессор, профессор кафедры защиты растений РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (916) 580–02–87; e-mail: beloshapkina@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8564-8142>).

**Леунов Владимир Иванович**, д-р с.-х. наук, профессор, профессор кафедры овощеводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (915) 245–43–82; e-mail: vileunov@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-9445-5636>).

**Ховрин Александр Николаевич**, к.с.-х.н., доцент, гл.н.с. Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (140153, Россия, Московская область, Раменский район, д. Верея, стр. 500. e-mail: hovrin@poiskseeds.ru <https://orcid.org/0000-0003-4297-2687>).

**Чебаненко Светлана Ивановна**, канд. с.-х. наук, доцент кафедры защиты растений РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (917) 500–58–99; e-mail: chebanenko @rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6128-1948>).

**Lyubov M. Sokolova**, PhD (Ag), Senior Research Associate, All-Russian Research Institute of Vegetable Crop Production – Branch of Federal Scientific Center of Vegetable Crop Production, Russian Federation (140153, Moscow region, Ramenskoye district, Vereya, 500, phone: (903) 546–91–91; E-mail: lsokolova74@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0001-6223-4767>).

**Olga O. Beloshapkina**, DSc (Ag), Professor, the Department of Plant Protection, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Russian

Federation (127550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49, phone: (916) 580–02–87; E-mail: beloshapkina@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8564-8142>).

**Vladimir I. Leunov**, DSc (Ag), Professor, the Department of Vegetable Crop Production, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Russian Federation (127550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49 phone: (915) 245–43–82; E-mail: vileunov@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-9445-5636>).

**Aleksandr N. Khovrin**, PhD (Ag), Associate Professor, Chief Research Associate, All-Russian Research Institute of Vegetable Crop Production – Branch of Federal Scientific Center of Vegetable Crop Production (140153, Moscow region, Ramenskoye district, Vereya, 500, Russia. E-mail: hovrin@poiskseeds.ru <https://orcid.org/0000-0003-4297-2687>).

**Svetlana I. Chebanenko**, PhD (Ag), Associate Professor, Associate Professor, the Department of Plant Protection, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Russian Federation (127550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49, phone: (917) 500–58–99; E-mail: chebanenko@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6128-1948>).