

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-4-61-68>
УДК 635.743:631.531-02:632.38(470.31)

М.В. Топорищева^{1*}, И.Н. Коротких¹,
В.М. Андреевская², А.М. Лисовой²,
У.В. Ерёмина², Е.В. Бондарева²

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений» (ФГБНУ ВИЛАР) 117216, Россия, г. Москва, ул. Грина, д. 7

² Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии» (ФГБНУ ВНИИФ) 143050, Россия, Московская обл., Одинцовский район, р.п. Большие Вяземы, ул. Институт, вл. 5

*Автор для переписки: topmasha@inbox.ru

Финансирование. Работа выполнена в рамках темы НИР № FGUU-2022-0014 «Формирование, сохранение и изучение биокolleкций генофонда различного направления с целью сохранения биоразнообразия и использования их в технологиях здоровьесбережения» с использованием биообъектов уникальной научной установки «Биокolleкций ФГБНУ ВИЛАР».

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: Топорищева М.В.: формулирование идеи, изучение литературы, определение посевных качеств, подготовка материала для статьи. Коротких И.Н.: определение посевных качеств, изучение литературы. Андреевская А.А.: анализ информации, разработка методики. Лисовой А.М.: проведение исследования. Ерёмина У.В.: обеспечение основными расходными материалами (питательные среды, стерильные чашки Петри). Бондарева Е.В.: идентификация фитопатогенов. Все авторы принимали участие в написании статьи.

Для цитирования: Топорищева М.В., Коротких И.Н., Андреевская В.М., Лисовой А.М., Ерёмина У.В., Бондарева Е.В. Влияние микозов на посевные качества семян шалфея лекарственного (*Salvia officinalis* L.) в Нечерноземной зоне РФ. *Овощи России*. 2024;(4):61-68.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-4-61-68>

Поступила в редакцию: 07.05.2024

Принята к печати: 10.06.2024

Опубликована: 08.07.2024

Maria V. Toporishcheva^{1*}, Irina N. Korotkikh¹, Veronika M. Andreevskaya², Alexey M. Lisovoy², Ulyana V. Eremina², Elena V. Bondareva²

¹All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants 7, Grina str., Moscow, Russia, 117216

²All-Russian Research Institute of Phytopathology 5, Institut str., B. Vyazemy, Odintsovo district, Moscow region, 143050, Russia

*Correspondence Author: topmasha@inbox.ru

Funding. The work was carried out within the framework of research topic No. FGUU-2022-0014 “Formation, preservation and study of biocollections of the gene pool of various directions in order to preserve biodiversity and use them in health-preserving technologies” using biological objects of the Unique scientific installation “Biocollections of the FGBNU VILAR”.

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

Authors' Contribution: Toporishcheva M.: formulation of the idea, literature study, determination of seed qualities, preparation of material for the article. Korotkikh I.: determination of seed qualities, literature study. Andreevskaya V.: analyzing information, developing methodology. Lisovoy A.: conducting research. Eremina U.: provision of basic consumables (nutrient media, sterile Petri dishes). Bondareva E.: identification of phytopathogens. All authors participated in writing the article.

For citation: Toporishcheva M.V., Korotkikh I.N., Andreevskaya V.M., Lisovoy A.M., Eremina U.V., Bondareva E.V. The effect of mycoses on sowing qualities of Sage seeds (*Salvia officinalis* L.) in the Non-Chernozem soil zone of the Russian Federation. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(4):61-68. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-4-61-68>

Received: 07.05.2024

Accepted for publication: 10.06.2024

Published: 08.07.2024

Влияние микозов на посевные качества семян шалфея лекарственного (*Salvia officinalis* L.) в Нечерноземной зоне РФ

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Шалфей лекарственный – фармакопейный вид, ценное эфиромасличное растение. Способ закладки плантаций, преимущественно, семенной, при этом посевной материал может сохранять в себе патогенную микрофлору, поэтому целью исследования являлась идентификация возбудителей микозов в семенах шалфея лекарственного.

Материалы и методы. Исследование проводили на образцах из биологической коллекции семян *Salvia officinalis* (в составе Уникальной Научной Установки «Биологические коллекции ФГБНУ ВИЛАР»). Семена 1–5-го и 9-го годов хранения собраны с питомников Опытного поля ФГБНУ ВИЛАР. Исследования по выявлению микозов семян шалфея проводили в ФГБНУ ВНИИФ в инновационной лаборатории микробиологии. Для изучения фитопатогенов семян шалфея лекарственного был использован метод искусственных питательных сред.

Результаты. Из проведенного исследования установлено влияние преобладающего патогена. Грибы рода *Alternaria* при хранении семян в условиях с температурным режимом +20...+22°C оказывают негативное влияние на посевные качества семян. На лабораторную всхожесть и энергию прорастания семян, хранившихся в холодильной камере (0...+5°C), повлияли дрожжи, отмечено значительное снижение посевных качеств. При хранении семян в режиме -18°C, установлено ингибирующее действие температуры на патогены. Установлена зависимость общей зараженности патогенами от условий и срока хранения семян. Наибольший процент поражения семян, хранившихся при комнатной температуре, отмечен в первые 2 года с момента сбора. В семенах, хранившихся 5–9 лет с температурным режимом 0...+5°C и -18°C, развитие патогенных грибов рода *Alternaria*, *Phoma* и *Rhizopus* значительно сократилось. В образце, хранившемся 38 лет в морозильной камере, обнаружены *Rhizopus*, *Cladosporium cladosporioides* и *Clonostachys rosea*. Установлена зависимость набора патогенной микрофлоры семян от предшественника в севообороте. Участки, с которых были собраны семена, кроме образца с Крымской зональной опытной станцией ВИЛР, имеют разных предшественников. В семенах с первого участка отмечен наибольший процент поражения грибами со сходным составом патогенов. Общая зараженность и состав патогенов на втором участке сократились. Образец с третьего участка хранился 5 лет в морозильной камере и микозов семян в нем не выявлено.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

шалфей лекарственный, *Salvia officinalis*, микоз, первичные источники заражения семян, состав патогенной микрофлоры семян, посевные качества семян

The effect of mycoses on sowing qualities of Sage seeds (*Salvia officinalis* L.) in the Non-Chernozem soil zone of the Russian Federation

ABSTRACT

Relevance. Medicinal sage is a pharmacopoeial species, a valuable essential oil plant. The method of plantation establishment is predominantly seed-based, and the seed material can retain pathogenic microbiota, so the purpose of the study was to identify mycosis pathogens in the seeds of medicinal sage.

Materials and methods. The study was carried out on samples from the biological collection of *Salvia officinalis* seeds (as part of the Unique Scientific Installation “Biological Collections of the All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants”). Seeds of the 1st–5th and 9th years of storage were collected from the nurseries of the Experimental Field of the All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants. Research to identify mycoses of sage seeds was carried out at the All-Russian Research Institute of Phytopathology in the innovative laboratory of microbiology. To study the phytopathogens of *Salvia officinalis* seeds, the method of artificial nutrient media was used.

Results. From the study conducted, the effect of predominant pathogen was established. Fungi of the genus *Alternaria*, when seeds are stored in conditions with a temperature regime of +20...+22°C, have a negative effect on the sowing quality of seeds. Laboratory germination and germination energy of seeds stored in the cold room (0...+5°C) were affected by yeast, a significant decrease in sowing qualities was observed. When seeds were stored in -18°C, the inhibitory effect of temperature on pathogens was found. The dependence of total pathogen infestation on the conditions and term of seed storage was established. The highest percentage of infestation in seeds stored at room temperature was observed in the first 2 years from the time of collection. The development of pathogenic fungi of *Alternaria*, *Phoma* and *Rhizopus* genus was significantly reduced in seeds stored for 5 to 9 years with temperature conditions of 0...+5°C and -18°C. *Rhizopus*, *Cladosporium cladosporioides* and *Clonostachys rosea* were found in the sample stored for 38 years in the freezer. The dependence of the set of pathogenic microbiota of seeds on the predecessor in the crop rotation was established. The plots from which seeds were collected, except for the sample from the Crimean zonal experimental station of VILR, have different predecessors. The seeds from the first plot showed the highest percentage of fungal infestation with similar pathogen composition. Total infestation and pathogen composition decreased in the second plot. The sample from the third plot was stored for 5 years in the freezer and no seed mycoses were detected in it.

KEYWORDS:

medicinal sage, *Salvia officinalis*, mycosis, primary sources of seed infection, composition of pathogenic microbiota of seeds, sowing qualities of seeds

Введение

Шалфей лекарственный (*Salvia officinalis* L.) – фармакопейный вид, многолетнее эфиромасличное растение семейства Яснотковые (*Lamiaceae*). Шалфей выращивают для получения лекарственного растительного сырья (лист) и эфирного масла (верхушки соцветий). Для производства качественного сырья подробно изучены особенности агротехники, в том числе идентифицированы основные болезни, которыми поражается растение. Грибные заболевания (микозы) приводят к угнетению роста и развития растений, снижению урожайности сырья и уменьшению количества эфирного масла [1,3]. В Вознесенском филиале ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК были идентифицированы: мучнистая роса – *Erysiphe labiatarum* Chev. f. *Salvia* Jacz., ржавчина – *Puccinia salviae* Unger., корневые гнили – *Thielaviopsis basicola* (Berk. et Br.) Fen., гриб *Pythium debaryanum* Hesse [2]. Также встречается информация о поражении грибами рода *Alternaria*, вызывающем альтернариоз, *Septoria* – возбудителем септориоза, *Peronospora* – возбудителем ложной мучнистой росы, или пероноспороза, и грибами рода *Ramularia*, вызывающими рамуляриоз (сухую ржавую гниль корней) [3]. Грибы рода *Alternaria* идентифицированы среди представителей рода *Salvia* в Польше, Сербии (независимо от части растения) [4, 5]. Также род *Trichoderma* встречается в растении, преимущественно в его корнях [6]. Возбудители рода *Erysiphe* наносят значительный ущерб плантациям шалфея в Италии и Испании [7]. Негативное воздействие на сырье и эфирное масло шалфея лекарственного оказывают микотоксины, которые образуют в том числе грибы рода *Alternaria*. Они связываются с биологически активными веществами (БАВ) сырья и образуют с ними нерастворимые комплексы, которые затрудняют их выделение, снижая рентабельность производства средств из лекарственного растительного сырья [3].

Основной способ закладки сырьевых плантаций шалфея лекарственного – семенной, при этом семена могут быть источником первичной инфекции, то есть сохранять и переносить возбудителей заболеваний. Авторы из Литвы отметили снижение посевных качеств семян шалфея лекарственного при заражении грибами рода *Alternaria* [8]. Многие возбудители микозов шалфея лекарственного сохраняются в почве, поэтому могут накапливаться в месте произрастания этого многолетника.

Из этого следует, что вероятность поражения семян патогенами высока, однако их влияния на посевные качества семян шалфея лекарственного в Нечерноземной зоне РФ мало изучены.

Целью исследования являлось определение возбудителей микозов, сохраняющихся в семенах шалфея лекарственного и оценка их влияния на посевные качества семян.

Материалы и методы

Исследование проводили на образцах из биологической коллекции семян *S. officinalis* (в составе Уникальной Научной Установки «Биологические коллекции ФГБНУ ВИЛАР»). Семена 1–5-го и 9-го годов хранения собраны с питомников Опытного поля ФГБНУ ВИЛАР. Питомники закладывали по 1-2-летнему черно-

му пару, более ранними предшественниками были: 1. чернушка дамасская (*Nigella damascene* L.), ромашка аптечная (*Matricaria chamomilla* L.), ослинник двулетний (*Oenothera biennis* L.); 2. разные многолетние ботанические посевы; 3. зюзник европейский (*Lycopus europaeus* L.).

Образец со сроком хранения 38 лет получен с Крымской зональной опытной станции ВИЛР. Семена 2022 и 2023 года сбора хранили в лабораторных условиях при комнатной температуре 20...22°C (образцы №42, №В-15, №В-7, №44, №КР-1, №БЦ-3, №34). Семена, срок хранения которых составляет 3,4 и 9 лет, хранили в условиях холодильной камеры с температурным режимом 0...+5°C (образцы №23, №30, №24, №19). Образцы №10, №15 и №14 хранили в морозильной камере с температурным режимом -18°C в течение 3, 5 и 38 лет, соответственно.

Для определения влажности навеску семян ≈1 г засыпали в алюминиевый бокс, взвешивали в боксе, высушивали 2 часа в сушильном шкафу при температуре 130°C, взвешивали после высушивания. Влажность находили по формуле:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1} * 100,$$

где W – влажность семян, %, m_1 – масса навески до высушивания, г, m_2 – масса навески после высушивания, г.

Определение посевных качеств проводили по ГОСТ 12038 – 84. Посев был проведен в чашки Петри на фильтр – бумагу. Учет проросших семян проводили каждые 3–4 дня в течение 14 суток, энергию прорастания определили на 8-е сутки. Температура воздуха в помещении поддерживалась на уровне +23...+25°C, освещенность в светлое время суток 1200–1500 Lux.

Исследования по выявлению микозов семян шалфея проводили в ФГБНУ ВНИИФ в инновационной лаборатории микробиологии. Для изучения фитопатогенов семян шалфея лекарственного был использован метод искусственных питательных сред. Для этого в стерильные чашки Петри заливали расплавленную среду Картофельно-глюкозный агар (КГА), после её застывания на поверхность среды раскладывались семена, предварительно стерилизованные в спирте (90%), по 5 шт. в одну чашку. Затем чашки культивировали при 24°C в термостате, при появлении первых колоний проводили идентификацию грибов по морфологическим признакам [9]. Поражение патогеном определяли, как отношение числа зараженных семян к числу всех семян в чашке Петри, выраженное в процентах. Опыт проводился в двух повторностях. Описания родов грибов дано по учебно-методическому пособию «Методы изучения разнообразия грибов в наземных и водных экосистемах» [10].

Результаты и обсуждение

По результатам определения посевных качеств семян исследуемых образцов, в первый год хранения семян при комнатной температуре всхожесть и энергия прорастания практически совпадают (30% ± 8,7 и 27,5% ± 8,7). Ко второму году хранения в тех же усло-

Таблица 1. Посевные качества и общая зараженность фитопатогенами семян шалфея лекарственного *Salvia officinalis* L. в зависимости от сроков и режимов хранения
 Table 1. Seed quality and total phytopathogen infestation of *Salvia officinalis* L. seeds depending on storage periods and regimes

Образец	Год сбора	Срок хранения (лет)	Условия хранения	Всхожесть, %	Энергия прорастания, %	Влажность семян, %	Общая зараженность семян, %
№В-7	2023	1	20...22 °С	34	28	6,5	30
№В-15	2023	1	20...22 °С	26	25	6,5	50
№КР-1	2023	1	20...22 °С	40	39	6,1	70
№БЦ-3	2023	1	20...22 °С	20	18	7,2	80
№42	2022	2	20...22 °С	86	79	6,2	70
№44	2022	2	20...22 °С	55	41	6,4	80
№34	2022	2	20...22 °С	62	61	5,5	80
№24	2021	3	5°С	83	83	5,9	30
№10	2021	3	-18°С	60	59	6,1	10
№19	2020	4	5°С	90	90	5,9	70
№15	2019	5	-18°С	81	73	5,7	0
№23	2015	9	5°С	7	7	6,2	50
№30	2015	9	5°С	17	17	5,6	70
№14	1986	38	-18°С	78	74	5,3	90

виях всхожесть и энергия прорастания возрастают до $67,7\% \pm 16,3$ и $60,3\% \pm 19,0$, вероятно это связано с окончанием периода послеуборочного дозревания. На 3, 4 и 5 год хранения в условиях холодильной ($0...+5^{\circ}\text{C}$) и морозильной камеры (-18°C) всхожесть и энергия прорастания $78,5\% \pm 12,9$ и $76,3\% \pm 13,5$. К 9 году хранения при низкой положительной температуре значения показателей всхожести и энергии прорастания сильно снижаются до 7% и 17%, при этом образец 1986 года сбора при долговременном хранении в морозильной камере с температурным режимом -18°C имеет всхожесть и энергию прорастания на уровне 78% и 74%, соответственно (табл. 1).

Влажность семян по всем образцам составила $6,3\% \pm 1,3$, что соответствует требованию к этому показателю в ГОСТ 32592 – 2013 и ГОСТ 58472-2019.

Снижения всхожести и энергии прорастания при повышении общей зараженности семян не обнаружено. Лабораторная всхожесть и энергия прорастания, при хранении с температурным режимом $+20...+22^{\circ}\text{C}$, снижается в образцах, где семена заражены преимущественно грибами рода *Alternaria* ($\geq 30\%$) и находятся в пределах от 20% до 40% (всхожесть) и от 18% до 39% (энергия прорастания). В ином случае снижение незначительно или его совсем нет.

В хранившихся в холодильной камере ($0...+5^{\circ}\text{C}$) образцах, где идентифицированы дрожжи, отмечено

снижение лабораторной всхожести и энергии прорастания (от 7% до 17% соответственно). В оставшихся образцах, вероятно, низкие положительные температуры затормозили развитие патогенов, в том числе рода *Alternaria*, поэтому показатели посевных качеств остались на высоком уровне.

При хранении в морозильной камере (-18°C), посевные качества семян от 60% до 81% (всхожесть) и от 59% до 74% (энергия прорастания), что также может говорить о фунгистатическом воздействии низких температур на грибы в семенах шалфея лекарственного.

На основе проведенных исследований были идентифицированы грибы: *Alternaria alternata*, *Alternaria* sp, *Phoma* sp, *Mucor* sp, *Rhizopus* sp, *Trichoderma* sp, *Cladosporium cladosporioides*, *Aspergillus niger*, *Trichotecium roseum*, *Clonostachys rosea* (см. табл.2).

Alternaria alternata – это гриб, вызывающий пятнистость листьев, поражение генеративных органов, корневые гнили. Патоген поражает более чем 380 видов растений-хозяев. Виды *Alternaria* были выявлены на очень широком спектре субстратов растительного происхождения. Часть видов – сапротрофы, однако большинство же – паразиты с некротрофным способом питания, различной специализацией и степенью паразитизма (от факультативных паразитов до факультативных сапротрофов). Имеют многоклеточные конидии с перегородками [11].

Phoma – род целомицетных почвенных грибов, содержащих много фитопатогенов. Споры бесцветные и одноклеточные. Пикниды черного цвета и вдавлены в ткани хозяина. *Phoma* произвольно ограничивается теми видами, у которых размер спор составляет менее 15 мкм [11].

Mucor – это род грибов, включающий около 40 видов. Они обычно встречаются в почве, в растениях, гнилых растительных остатках и оксиде железа, образующегося в процессе биосорбции. Споры или спорангиоспоры могут быть простыми или разветвленными и образовывать апикальные, шаровидные спорангии, которые поддерживаются и возвышаются столбчатой колумеллой [11].

Rhizopus род сапрофитных многоклеточных грибов паразитов растений. Виды *Rhizopus* растут в виде нитевидных, ветвящихся гифов, у которых обычно отсутствуют поперечные стенки. Они размножаются путем образования бесполого и полового спор. При бесполом размножении спорангиоспоры образуются внутри сферической структуры, спорангия. При половом размножении темная зигоспора образуется в точке, где сливаются два совместимых мицелия. Вызывает корневые гнили и плодовые гнили [11].

Cladosporium cladosporioides – распространенный фитопатоген. Считается исключительно анормальным видом. Данный вид образует бесполое споры в виде тонких разветвленных цепочек, которые легко распадаются и распространяются по воздуху. Он способен расти в условиях низкого содержания воды и при очень низких температурах [11].

Aspergillus niger обычно встречается в обычных мезофильных средах, таких как почва, растения. Они не только ксерофильные грибы, но и термото-

лерантный организм. Благодаря этому свойству нитевидные грибы проявляют высокую устойчивость к низким температурам.

Trichothecium roseum гриб из отряда Ascomycota. Характеризуется плоскими и зернистыми колониями, которые изначально белые, а в дальнейшем приобретают светло-розовый цвет. Этот гриб размножается бесполом путем образования конидий. *Trichothecium roseum* отличается от других видов рода *Trichothecium* характерными цепочками с зигзагообразным рисунком конидий. Может расти в самых разных средах обитания, начиная от опавших листьев и заканчивая плодовыми культурами. *Trichothecium roseum* продуцирует широкий спектр вторичных метаболитов, включая микотоксины, которые могут поражать и портить различные плодовые культуры [11].

Clonostachys rosea грибов семейства Bionectriaceae. Он колонизирует живые растения как эндофит, является сапрофитом, а также известен как паразит других грибов и нематод. Он продуцирует широкий спектр летучих органических соединений, которые токсичны для организмов, включая другие грибы, бактерии и насекомых, и представляет интерес как средство биологической борьбы с вредителями и фитопатогенами [11].

Дрожжи – это грибы способные вегетативно размножаться в вегетативной форме. На растениях они чаще всего являются эндофитами или сапротрофами, разлагающие растительные остатки. Они являются наиболее типичными обитателями природных субстратов, характеризующихся высоким содержанием легкодоступных питательных веществ (сахаров, сахароспиртов, органических кислот и т.п.) [12].

Таблица 2. Состав патогенной микробиоты семян шалфея лекарственного *Salvia officinalis* L., %
Table 2. Composition of pathogenic microbiota of *Salvia officinalis* L. seeds, %

Образец	Дрожжи	<i>Alternaria alternata</i>	<i>Alternaria</i>	<i>Phomas</i>	<i>Mucor</i>	<i>Rhizopus</i>	<i>Trichoderma</i>	<i>Cladosporium cladosporioides</i>	<i>Aspergillus niger</i>	<i>Trichothecium roseum</i>	<i>Clonostachys rosea</i>
№В-7	0	30	0	10	0	0	0	0	0	0	0
№В-15	0	20	20	0	0	0	10	0	0	0	0
№КР-1	0	30	20	10	0	0	0	10	0	0	0
№БЦ-3	0	30	20	0	0	10	0	20	0	0	0
№42	0	20	10	40	0	0	0	0	0	0	0
№44	0	0	20	0	40	20	0	0	0	0	0
№34	0	0	0	0	0	60	0	0	20	0	0
№24	0	0	0	20	0	0	0	0	10	0	0
№10	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0
№19	0	40	20	0	0	0	0	0	0	10	0
№15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
№23	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
№30	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
№14	30	0	0	0	0	30	0	0	0	10	20

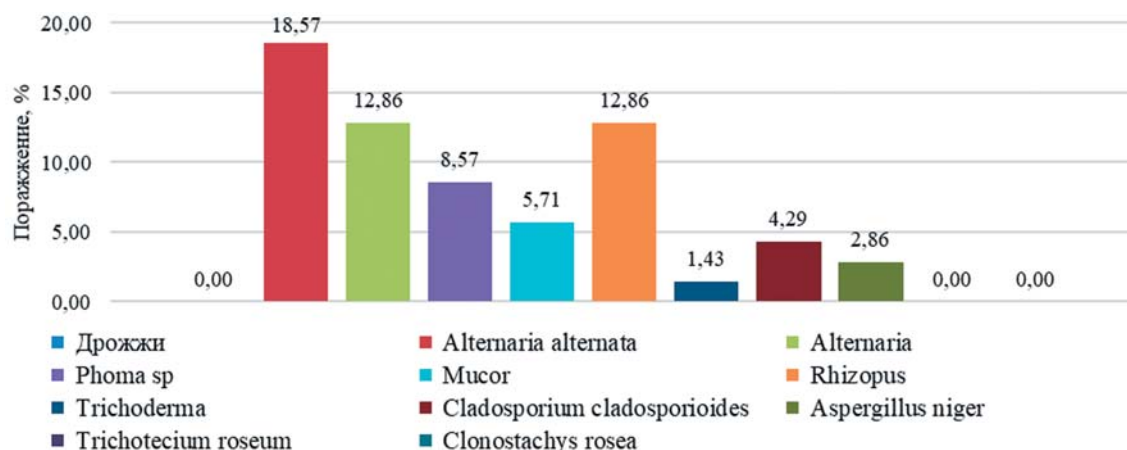


Рис. 1. Процент зараженных семян со сроком хранения 1 - 2 года при комнатной температуре
Fig. 1. Percentage of infected seeds when stored for 1 - 2 years at room temperature

Сильнее всего заражены образцы 1 и 2 года хранения при комнатной температуре. Основные патогены родов *Alternaria*, *Phoma* и *Rhizopus* (рис. 1).

Состав патогенной микробиоты в 3-5 год после сбора сократился на *Mucor*, *Trichoderma* и *Cladosporium cladosporioides* относительно семян со сроком хранения 1-2 года (рис. 2). Данные образцы хранились в условиях холодильной

камеры с температурным режимом +5 °C (№24 и №19) и в морозильной камере с температурным режимом -18°C (№10 и №15).

В образцах, хранившихся 9 лет в холодильной камере, выявлены только дрожжи и *Clonostachys rosea* (рис.3).

При длительном хранении семян в условиях морозильной камеры с температурным режимом -

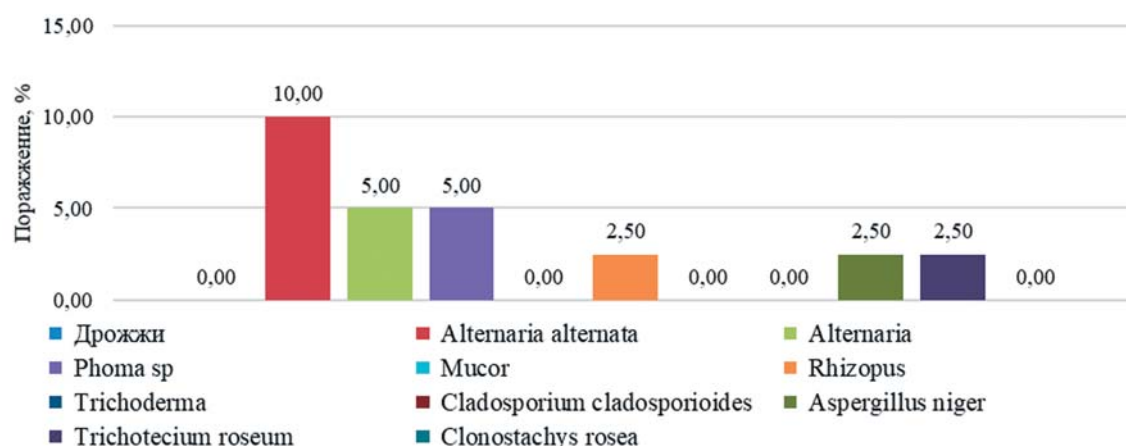


Рис. 2. Процент зараженных семян со сроком хранения 3-5 лет в условиях холодильной и морозильной камеры
Fig. 2. Percentage of infected seeds with 3-5 years shelflife in cold storage and freezer conditions

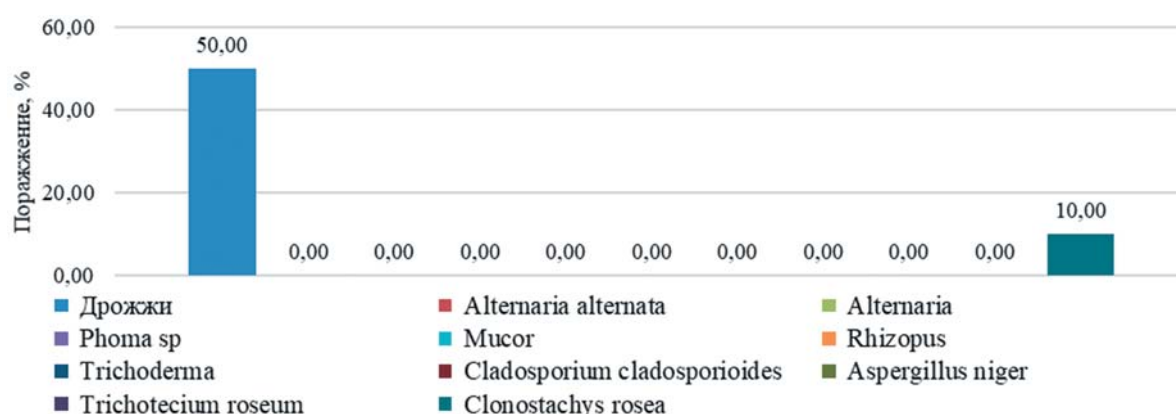


Рис. 3. Процент заражения семян со сроком хранения 9 лет в условиях холодильной камеры
Fig. 3. Percentage of infestation of seeds with shelflife of 9 years under cold storage conditions

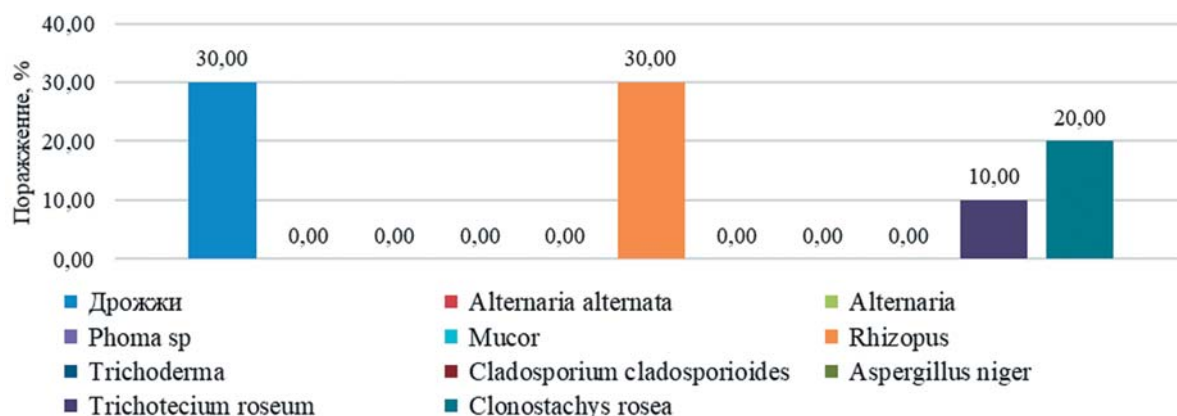


Рис. 4. Процент заражения семян со сроком хранения 38 лет в условиях морозильной камеры
Fig. 4. Percentage of infestation of seeds with a shelflife of 38 years under freezer conditions

18°C образца, полученного с Крымской зональной опытной станции ВИЛР в 1980-х годах в семенах обнаружены дрожжи, *Rhizopus*, *Cladosporium cladosporioides* и *Clonostachys rosea* (рис. 4), также стоит отметить, что набор патогенов в семенах с Крымской ЗОС отличается от семян, собранных с Опытного поля ФГБНУ ВИЛАР.

Несмотря на длительное хранение семян в условиях низких и пониженных температур, степень заражения грибами увеличивается, так при хранении 1-2 года с температурным режимом 20...22°C средняя степень заражения по патогенам составила $8,4 \pm 5,9\%$ и 3-5 лет в низких и пониженных температурах $4,6 \pm 2,9\%$. При хранении в холодильной и морозильной камере заражение семян сильно возрастает – до $30,0 \pm 28,3\%$ при 9 годах хранения в холодильнике и до $22,5 \pm 9,6\%$ в морозильной камере в течение 38 лет. Это говорит о том, что с понижением температуры хранения жизнеспособность гриба в семенах сохраняется в течение длительного времени, но мицелий прорастает медленнее при температуре 0...2°C, однако при температурном режиме ниже 0°C (морозильная камера) их рост останавливается, так как идентифицированные грибы не являются криофильными,

то есть не относятся к группе грибов, которые проводят весь жизненный цикл или его часть в среде, где вода существует в замороженном состоянии [1, 13].

Также прослеживается зависимость от состава предшественников на участках, с которых собирали семена. Номера 42, 44, В-15, В-7, КР-1, БЦ-3 расположены на одном участке. Несмотря на то, что поражения патогенами вегетирующих растений не обнаружено, семена их заражены грибами, относящимися к родам *Alternaria*, *Phoma*, *Rhizopus* и *Mucor* (рис. 5). У этих образцов схожий набор патогенов. Предшественники, перечисленные выше, также склонны к заражению данными грибами, таким образом не исключается тенденция к их накоплению в почве. При этом, патогены не устраняются при содержании участка в 1-2-летнем черном пару.

В семенах со второго участка, где предшественниками были черный пар и многолетние ботанические посевы, немного сократился состав выявленных грибов (дрожжи и еще 4 рода). Отмечено заражение преимущественно *Alternaria* и *Phoma* (см. рис.6). Исходя из этого, можно предположить, что лекарственные культуры-предшественники оказывают влияние на состав патогенов в почве.

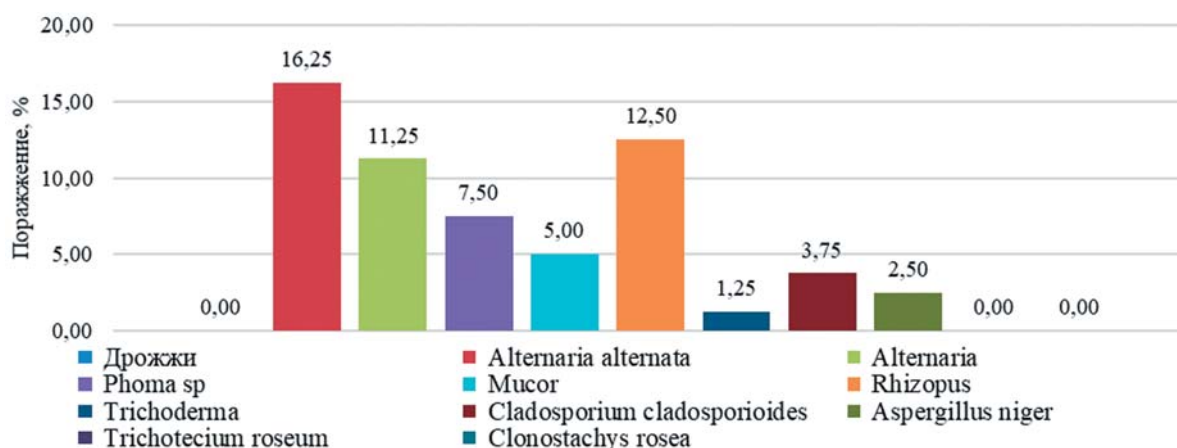


Рис. 5. Средние значения заражения семян на 1-ом участке
Fig. 5. Average values of seed infestation in plot 1

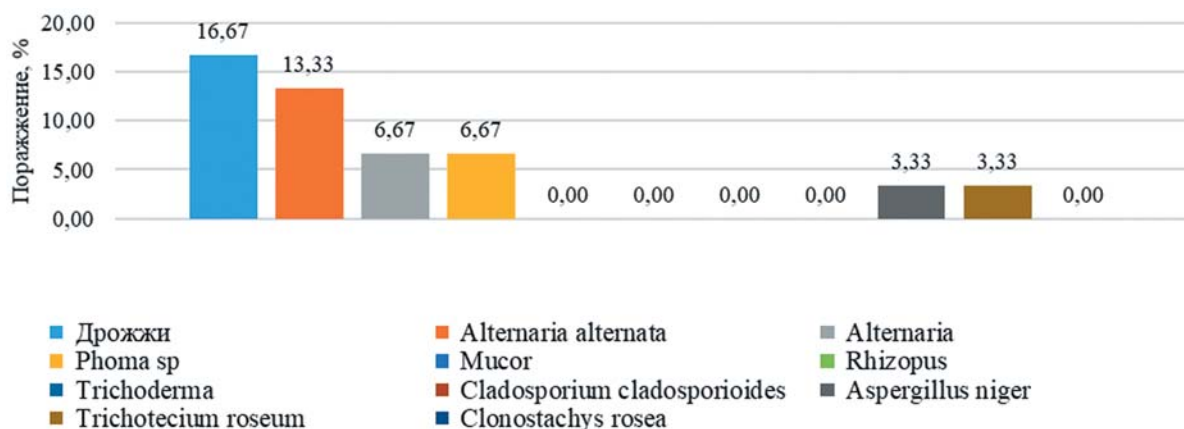


Рис. 6. Средние значения заражения семян на 2-ом участке
Fig. 6. Average values of seed infestation in plot 2

В образце с третьего участка заражения обнаружено не было (предшественник – зюзник европейский).

Как показал анализ, семена с первого участка (1-3 годов хранения) имеют наибольший процент поражения грибами, разброс по всхожести и энергии прорастания составляет 42 ± 26 % (от 20% до 86%) и 39 ± 24 % (от 18% до 79%), соответственно, что является низким показателем. Разнообразие предшественников оказало влияние на видовой состав грибов в семенах со второго участка, при этом отмечена наибольшая всхожесть и энергия прорастания (86 ± 5 % по обоим показателям на семенах 3-4 годов хранения в холодильной камере). На третьем участке семена здоровые, микозов не выявлено. Всхожесть и энергия прорастания семян на высоком уровне (81% и 73%), стоит также отметить – образец хранился 5 лет в морозильной камере, что могло оказать фунгистатическое воздействие.

Выводы

Установлено влияние преобладающего патогена на посевные качества семян шалфея лекарственного. В образцах, хранившихся при комнатной температуре, отмечено снижение посевных качеств при заражении преимущественно грибами рода *Alternaria*. При хранении в температурном режиме $0...+5^{\circ}\text{C}$, значительное снижение посевных качеств отмечено в образцах, где преобладает заражение дрожжами. Семена из морозильной камеры (-18°C) имеют показатели посевных качеств выше, чем при хранении в холодильной камере, что говорит о значительном снижении активности грибов и дрожжей при воздействии низких температур.

Установлена зависимость общей зараженности патогенами от условий и срока хранения семян. Наибольшее поражение семян отмечено в первые 2 года с момента сбора и при хранении в комнатной температуре. К 5-ому году хранения степень поражения снижается, при условии сохранения температурного режима на уровне $0...+5^{\circ}\text{C}$ и -18°C . К 9-ому году хранения семян в холодильной камере при пониженной положительной температуре

состав грибов меняется (дрожжи и *Clonostachys rosea*). Вероятно, длительное воздействие пониженной положительной температуры ($0...+5^{\circ}\text{C}$) сильно затормозило развитие патогенных грибов рода *Alternaria*, *Phoma* и *Rhizopus*, которые были основными патогенами, найденными в семенах, хранившихся при комнатной температуре, а также в холодильной и морозильной камерах до 5-ти лет. В образце, хранившемся 38 лет в морозильной камере, обнаружены *Rhizopus*, *Cladosporium cladosporioides* и *Clonostachys rosea*. Грибы находились в латентной форме и при оптимальной температуре и влажности проросли.

Установлена зависимость набора патогенной микробиоты семян от предшественника. Семена с первого участка имеют наибольший процент поражения грибами со сходным составом. Общая зараженность немного ниже на втором участке, предшественники на участках различны, при этом состав патогена изменился (сократился). На третьем участке микозов семян не выявлено (образец хранился 5 лет в морозильной камере).

Семена шалфея лекарственного в Нечерноземной зоне РФ сохраняют возбудителей грибных заболеваний, преимущественно относящихся к родам *Alternaria*, *Phoma* и *Rhizopus*. Особое внимание следует уделять подбору предшественников для семенных участков шалфея в севообороте, так как сами растения могут не иметь заболеваний, вызванных этими патогенами, но это не исключает их накопления в почве и семенах.

Исходя из выше сказанного, споры грибов могут сохранять свою жизнеспособность даже при длительном хранении с температурным режимом -18°C . Семена, содержащие семенную инфекцию, могут быть заражены и грибами, вырабатывающими микотоксины (*Alternaria*), токсичными для шалфея лекарственного и окружающих его видов. Необходимо исследовать и подобрать препараты для предпосевного протравливания семян шалфея лекарственного, так как на сегодняшний день нет ни одного разрешенного к применению на территории РФ препарата по данной культуре.

• Литература

1. Шкаликов В.А., Белошапкина О.О., Букреев Д.Д. Защита растений от болезней. 3-е изд., испр. и доп. М.: КолосС, 2010. 404 с. <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2019-4-180-179-188>
<https://elibrary.ru/qkwblt>
2. Саенко Г.М., Шуваева Т.П., Гайтотина И.В. Болезни мяты (*Mentha* L.), лаванды узколистной (*Lavandula angustifolia* Mill.) и шалфея мускатного (*Salvia sclarea* L.) в коллекции ВНИИМК (обзор). *Масличные культуры*. 2019;(4):179-188. <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2019-4-180-179-188>
<https://elibrary.ru/euqlqu>
3. Белошапкина О.О., Бабаева Е.Ю. Защита от болезней лекарственных растений. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2012. 120 с. <https://elibrary.ru/qqlczt>
4. Zimowska Be., Bielecka M., Abramczyk B., Nicoletti R. Bioactive products from endophytic fungi of sages (*Salvia* spp.). *Agriculture*. 2020;10(11):543. <https://doi.org/10.3390/agriculture10110543>
5. Stojanovic S., Pavlović S., Acimovic M., Aleksić G. et al. Fungi on sage seed in Serbia and their effect to seed germination. 4th Conference on Medicinal and Aromatic Plants of South-East European Countries. 2006. Section 1. p. 210–213. URL: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20133311441>
6. Schulz M., Knop M., Muellenborn C., Steiner U. Root-associated microorganisms prevent caffeine accumulation in shoots of *Salvia officinalis* L. *International Journal of Agriculture and Forestry*. 2013;(3):152-158. <https://doi.org/10.5923/j.ijaf.20130304.05>
7. Zimowska B. et al. Fungi threatening the cultivation of sage (*Salvia officinalis* L.) in south-eastern Poland. *Herba Pol.* 2008;54(1):15-24.
8. Chrapačienė S., Rasiukevičiūtė N., Valiūškaitė A. Control of seed-borne fungi by selected essential oils. *Horticulturae*. 2022;8(3):220. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8030220>
9. Watanabe T. Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species. Second Edition. 2002. by CRC Press LLC. <https://doi.org/10.1201/9781420040821>
10. Кураков А.В., Кокаева, Л.Ю. Методы изучения разнообразия грибов в наземных и водных экосистемах. Москва: Общероссийская общественная организация Общественная национальная академия микологии, 2023. 128 с.
11. Великанов Л.Л., Гарибова Л.В., Дьяков Ю.Т. и др. Ботаника. Курс альгологии и микологии. Москва: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова Издательский Дом (типография), 2007. 559 с. ISBN 978-5-211-05336-6. <https://elibrary.ru/sugzir>
12. Бабьева И.П., Чернов И.Ю. Биология дрожжей. М.: Товарищество научных изданий КМК. 2004. 221 с.
13. Ткаченко О.Б., Хошино Т. Криофильные грибы и оомицеты, их особенности. *Микология и фитопатология*. 2014;48(4):215-219. <https://elibrary.ru/skielx>

• References

1. Shkalikov V.A., Beloshapkina O.O., Bukreev D.D. Protection of plants from diseases. M.: KolosS, 2010. 404 p. (In Russ.) <https://elibrary.ru/qkwblt>
2. Saenko G.M., Shuvaeva T.P., Gajtotina I.V. Diseases of mint (*Mentha* L.), lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) and clary sage (*Salvia sclarea* L.) in VNIIMK's collection (REVIEW). *Oil crops*. 2019;(4):179-188. (In Russ.) <https://elibrary.ru/euqlqu>
<https://doi.org/10.25230/2412-608X-2019-4-180-179-188>
3. Beloshapkina O.O., Babaeva E.Yu. Protection against diseases of medicinal plants. M.: Publishing house RGAU-MSHA, 2012. 120 p. (In Russ.) <https://elibrary.ru/qqlczt>
4. Zimowska Be., Bielecka M., Abramczyk B., Nicoletti R. Bioactive products from endophytic fungi of sages (*Salvia* spp.). *Agriculture*. 2020;10(11):543. <https://doi.org/10.3390/agriculture10110543>
5. Stojanovic S., Pavlović S., Acimovic M., Aleksić G. et al. Fungi on sage seed in Serbia and their effect to seed germination. 4th Conference on Medicinal and Aromatic Plants of South-East European Countries. 2006. Section 1. p. 210–213. URL: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20133311441>
6. Schulz M., Knop M., Muellenborn C., Steiner U. Root-associated microorganisms prevent caffeine accumulation in shoots of *Salvia officinalis* L. *International Journal of Agriculture and Forestry*. 2013;(3):152-158. <https://doi.org/10.5923/j.ijaf.20130304.05>
7. Zimowska B. et al. Fungi threatening the cultivation of sage (*Salvia officinalis* L.) in south-eastern Poland. *Herba Pol.* 2008;54(1):15-24.
8. Chrapačienė S., Rasiukevičiūtė N., Valiūškaitė A. Control of seed-borne fungi by selected essential oils. *Horticulturae*. 2022;8(3):220. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8030220>
9. Watanabe T. Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species. Second Edition. 2002. by CRC Press LLC. <https://doi.org/10.1201/9781420040821>
10. Kurakov A.V., Kokaeva, L.Yu. Methods for studying the diversity of fungi in terrestrial and aquatic ecosystems. Moscow: All-Russian public organization Public National Academy of Mycology, 2023. 128 p. (In Russ.)
11. Velikanov L.L., Garibova L.V., Dyakov Yu.T. and others. Botany. Algology and mycology course. Moscow: Moscow State University named after M.V. Lomonosov Publishing House (printing house), 2007. 559 p. ISBN 978-5-211-05336-6. <https://elibrary.ru/sugzir> (In Russ.)
12. Babeva I.P., Chernov I.Yu. Biology of yeast. M.: Partnership of scientific publications KMK. 2004. 221 p. (In Russ.)
13. Tkachenko O.B., Hoshino T. Cryophilic fungi and oomycetes and their peculiarities. *Mycology and phytopathology*. 2014;48(4):215-219. (In Russ.) <https://elibrary.ru/skielx>

Об авторах:

Мария Владимировна Топорищева – младший научный сотрудник, SPIN-код: 9038-2915, <http://orcid.org/0009-0000-1457-9672>, автор для переписки, topmasha@inbox.ru

Ирина Николаевна Коротких – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, SPIN-код: 1796-8340, <http://orcid.org/0000-0002-0954-9353>

Вероника Максимовна Андреевская – младший научный сотрудник, nikaandreevskai@yandex.ru, SPIN-код: 1603-4570, <http://orcid.org/0009-0006-7371-4591>

Алексей Михайлович Лисовой – бакалавр 3 курса, <http://orcid.org/0009-0003-3364-3336>

Ульяна Валентиновна Ерёмкина – бакалавр 3 курса, <http://orcid.org/0009-0000-4369-2367>

Елена Викторовна Бондарева – младший научный сотрудник, SPIN-код: 7691-9168, <http://orcid.org/0009-0003-3364-3336>

About the Authors:

Maria V. Toporishcheva – Junior Researcher, SPIN-code: 9038-2915, <http://orcid.org/0009-0000-1457-9672>, Correspondence Author, topmasha@inbox.ru

Irina N. Korotkikh – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, SPIN-code: 1796-8340, <http://orcid.org/0000-0002-0954-9353>

Veronika M. Andreevskaya – Junior Researcher, nikaandreevskai@yandex.ru, SPIN-code: 1603-4570, <http://orcid.org/0009-0006-7371-4591>

Alexey M. Lisovoy – 3rd year Bachelor, <http://orcid.org/0009-0003-3364-3336>

Ulyana V. Eremina – 3rd year Bachelor, <http://orcid.org/0009-0002-9024-6647>

Elena V. Bondareva – Junior Researcher, SPIN-code: 7691-9168, <http://orcid.org/0009-0003-3364-3336>