

4.1.3. АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ,
ЗАЩИТА И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ
(БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 632.633.63

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_2_36

EDN: EBITWJ

**Эффективность применения малотоксичных для окружающей среды
средств защиты сахарной свеклы от вредоносных болезней семян**

Наргиза Алардуновна Садыкова¹, Масимжан Тарсунович Велямов², Алексей Леонидович Лукин^{3✉},
Елизавета Айрапетовна Мелькумова⁴, Анатолий Федорович Клишкин⁵

^{1,2}Алматинский технологический университет, Алматы, Республика Казахстан

^{3,4,5}Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
Воронеж, Россия

³loukine@mail.ru✉

Аннотация. К настоящему времени установлено, что среди патогенной микробиоты сахарной свеклы семенная инфекция занимает главенствующее место. С семенами распространяется более 60% возбудителей болезней, среди них особо опасными считаются фузариоз, альтернариоз, корневая гниль и др. В целях снижения распространения патогенов необходимы идентификация наиболее вредоносных возбудителей болезней, прогноз их динамики и применение малотоксичных средств защиты. Для решения этой проблемы в 2018–2020 гг. сотрудники Алматинского технологического университета и Воронежского государственного аграрного университета изучали патоконкомплекс семян сахарной свеклы отечественной и зарубежной селекции, возделываемой в Казахстане. Большое внимание уделялось вопросам увеличения длительности хранения семенного материала. Впервые для условий Казахстана выявлен патоконкомплекс семенного материала, включающий микозы ($53,0 \pm 3,0\%$), бактериозы ($23,0 \pm 1,0\%$) и актинобактерии ($16,0 \pm 1,0\%$). Наименьшее количество составили дрожжи разной этиологии – $8,0 \pm 1,0\%$. Наибольшую опасность представляют виды рода *Alternaria* и грибы рода *Fusarium*, которые также являются возбудителями корневая гниль сахарной свеклы и входят в патоконкомплекс, вызывающий гниль корнеплодов. Установлена высокая эффективность препарата на основе штамма *Trichoderma asperellum* КазНИИППП-19, проявившего антагонизм в отношении патогенов семенного материала. По данным изучения вирулетности выделенного штамма установлена его принадлежность к 3-му классу опасности. В процессе исследований определена оптимальная для подавления семенной инфекции сахарной свеклы доза разведения биопрепарата *Trichoderma asperellum* с активностью 1×10^8 – 2 мл препарата/100,0 мл дистиллированной воды из расчета на 75,0 г семян. При обработке семян сахарной свеклы биопрепаратом его защитный эффект против опасных инфекций сохраняется в течение 6 месяцев хранения, при этом также улучшаются показатели всхожести и качества семенного материала в полевых условиях.

Ключевые слова: сахарная свекла, микробиота, вредоносность, мониторинг, интенсивность развития

Для цитирования: Садыкова Н.А., Велямов М.Т., Лукин А.Л., Мелькумова Е.А., Клишкин А.Ф. Эффективность применения малотоксичных для окружающей среды средств защиты сахарной свеклы от вредоносных болезней семян // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 2(77). С. 36–48. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_36–48.

4.1.3. AGRICULTURAL CHEMISTRY, AGRONOMIC SOIL SCIENCE,
PROTECTION AND QUARANTINE OF PLANTS (BIOLOGICAL SCIENCES)

Original article

**Efficiency of low-toxic sugar beet protection
agents against harmful seed diseases**

Nargiza A. Sadykova¹, Masimzhan T. Velyamov², Aleksey L. Lukin^{3✉},
Elizaveta A. Melkumova⁴, Anatoliy F. Klimkin⁵

^{1,2}Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan

^{3,4,5}Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

³loukine@mail.ru✉

Abstract. By now it has been established that among the pathogenic microbiota of sugar beet, seed infections are dominant. More than 60% of pathogens spread with seeds, among which fusarium, alternariasis, root rot, etc. are considered the most harmful. In order to reduce the spread of pathogens, it is necessary to identify the most

harmful pathogens, predict their dynamics and apply low-toxic means of protection. To solve this problem, specialists of Almaty Technological University and Voronezh State Agrarian University studied the pathocomplex of sugar beet seeds of domestic and foreign selection cultivated in Kazakhstan in 2018-2020. Much attention was paid to the issues of increasing the duration of storage of seed material. For the first time in Kazakhstan, a pathocomplex of seed material was identified, including mycoses ($53.0 \pm 3.0\%$), bacterioses ($23.0 \pm 1.0\%$), and actinobacteria ($16.0 \pm 1.0\%$). The lowest percentage was yeast of different etiologies ($8.0 \pm 1.0\%$). The greatest danger is represented by species of the *Alternaria* genus and fungi of the *Fusarium* genus, which are also pathogens of sugar beet root borer and are part of the pathocomplex that causes root rot. It was established that the preparation KazNIIPPP-19 based on the *Trichoderma asperellum* strain was highly efficient and showed antagonism against pathogens of seed material. According to the study of the virulence of the isolated strain, it belongs to the third class of hazard. In the course of research, the optimal dose of dilution of the biological preparation *Trichoderma asperellum* with the activity of 1×10^8 was determined to be 2 ml of preparation per 100.0 ml of distilled water per 75.0 g of seeds in order to suppress the seed infection of sugar beet. When sugar beet seeds are treated with this biological preparation, its protective effect against dangerous infections persists for 6 months of storage and also improves the germination and quality of seed material in the field conditions.

Keywords: sugar beet, microbiota, harmfulness, monitoring, intensity of development

For citation: Sadykova N.A., Velyamov M.T., Lukin A.L., Melkumova E.A., Klimkin A.F. Efficiency of low-toxic sugar beet protection agents against harmful seed diseases. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(2):36-48. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_36-48.

Введение

Сахарная свекла, относящаяся к группе разновидностей обыкновенной корнеплодной свеклы (*Beta vulgaris* L.), – техническая культура, в корнях которой содержится много сахарозы и которая выращивается в коммерческих целях для производства сахара во многих странах мира, в том числе и в России.

Сахарная свекла была введена в культуру относительно недавно. Культурная двулетняя свекла происходит от дикой однолетней, которую начали выращивать в Передней (Западной) Азии за 2000–1500 лет до н.э. [7, 12].

В России выращивание сахарной свеклы и сахароварение берут начало в 1802 г., когда в селе Алябьево бывшей Тульской губернии был открыт первый сахарный завод. Однако в промышленных масштабах получение сахара из сахарной свеклы началось только в середине XIX в.

В мировом земледелии сахарная свекла возделывается на площади более 9,5 млн га. Значение этой ценной и стратегически важной культуры трудно переоценить. Корнеплоды содержат свыше 20% сахаров, включая сахарозу, глюкозу и фруктозу. Из патоки – побочного продукта сахарного производства – получают спирт, глицерин, лимонную кислоту [2, 4]. В органах этого растения содержатся моно- и дисахара, что относится к положительным качествам, определяющим пищевую и технологическую ценность корнеплодов. Однако значительное количество моно- и дисахаров, являющихся питательным субстратом для патогенов, приводит к неконтролируемому росту различных инфекций.

В последние десятилетия конца XX – начала XXI вв. возросла поражаемость сахарной свеклы инфекционными болезнями, что связано с рядом изменяющихся абиотических факторов, к которым относятся:

- изменение климата в сторону потепления;
- нарушение технологии возделывания (особенно севообороты с укороченной ротацией);
- появление новых агрессивных рас патогенов;
- нарушение режимов хранения семенного материала;
- изменение сортимента;
- появление редких и новых болезней сахарной свеклы на территории Российской Федерации и Казахстана [15].

Для получения высоких урожаев сахарной свеклы необходимо использовать только качественные семена, которые являются носителями биологических и хозяйственно ценных признаков.

К настоящему времени известно, что семена аккумулируют на своей поверхности и внутренних тканях инфекции различной этиологии [14]. Среди патогенной микробиоты сахарной свеклы семенная инфекция занимает главенствующее место. С семенами распространяется более 60% возбудителей болезней, среди них наиболее вредоносными считаются фузариоз, альтернариоз, корневая гниль и др. На посевах сахарной свеклы в основном регистрируются микозы, бактериозы и вирусозы, причем вирусные болезни передаются с семенами, однако диагностировать их традиционными методами сложно, необходимо выполнять молекулярно-генетические анализы.

В целях снижения распространения патогенов необходимы идентификация наиболее вредоносных возбудителей болезней, прогноз их динамики и применение малотоксичных и экологически безопасных для здоровья человека и окружающей среды средств защиты сахарной свеклы от патоконплекса.

Для решения этой проблемы в 2018–2020 гг. сотрудники лаборатории биотехнологии Алматинского технологического университета и кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений Воронежского государственного аграрного университета изучали патоконплекс семян сахарной свеклы отечественной и зарубежной селекции, возделываемой в Казахстане. Большое внимание уделялось вопросам увеличения длительности хранения семенного материала.

Материалы и методы

Объектами исследований служили семена сахарной свеклы отечественной и зарубежной селекции, возделываемые в Казахстане: Айшолпан, Тараз, Константа, Аксу, Руслан, Веста, Киргизская односемянная.

Идентификация возбудителей болезней осуществлялась методом визуализации путем приготовления микропрепаратов, их микроскопирования и получения фотографических снимков микроорганизмов с помощью микроскопа Axioskop 40 FL (Carl Zeiss, Германия).

Культивирование несовершенных грибов и бактерий осуществляли с использованием различных питательных сред по общепринятым методикам [2, 6, 9, 11].

Анализ проб семян сахарной свеклы на грибную и бактериальную инфекцию проводили по ГОСТ 10444.12-2013 [5].

При окраске клеток бактерий по Граму использовали цветовую реакцию фуксина: сине-фиолетовую – для грамположительных, красную – для грамотрицательных.

При постановке опытов с семян сахарной свеклы в стерильных условиях проводили смывы микроорганизмов, которые затем культивировали на различных питательных средах: КГА, Чапека, Сабура, СПА, МПА.

В процессе исследований определяли эффективность действия биопрепарата на основе аборигенного штамма *Trichoderma asperellum* КазНИИППП-19 на увеличение сроков хранения семенного материала сахарной свеклы [3].

Производственные испытания осуществляли в условиях хозяйств Алматинской области по схеме:

- 1 – контроль (семена без обработки);
- 2 – семена, обработанные препаратами Селестоп (доза обработки – 0,01/100 мл дистиллированной воды, расход препарата – 1,33 мл из расчета на 10,0 кг семян) + Фитоспорин-М (доза обработки – 1,0 мл/100 мл дистиллированной воды, расход биопрепарата – 135,0 мл из расчета на 10,0 кг семян);
- 3 – семена, обработанные препаратами Максим (доза обработки – 1,0 мл/100 мл дистиллированной воды, расход биопрепарата – 135,0 мл из расчета на 10,0 кг семян) + Экстрасол (доза обработки – 5,0 мл/100 мл дистиллированной воды, расход биопрепарата – 675,0 мл на 10,0 кг семян);
- 4 – семена, обработанные биопрепаратом на основе аборигенного штамма *Trichoderma asperellum* КазНИИППП-19 с активностью $1,0 \times 10^8$ (доза обработки – 2,0 мл/100 мл дистиллированной воды, расход биопрепарата – 270,0 мл на 10,0 кг семян).

Обработку семян сахарной свеклы препаратами проводили перед закладкой на хранение.

В полевых опытах площадь деланки составляла 0,2 га, повторность – трехкратная.

Результаты и их обсуждение

В процессе исследований проводили анализ семян на поверхностную и внутреннюю инфекцию. Из хозяйств Жамбылской и Алматинской областей Республики Казахстан получили исходный материал семян, который анализировался в лабораторных условиях ТОО «Казахский НИИ перерабатывающей и пищевой промышленности».

При выявлении патогенной микробиоты семян вначале анализировалась энергия их прорастания на 3-и сутки, а затем лабораторная всхожесть на 10-е сутки (табл. 1).

Таблица 1. Результаты определения энергии прорастания и лабораторной всхожести семян различных сортов сахарной свеклы

Сорт	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %	Всего семян, шт.	Из них непроросших, шт.
Айшолпан	21 ± 1,0	50 ± 2,0	34 ± 2,0	7 ± 1,0
Тараз	3 ± 1,0	15 ± 1,0	33 ± 2,0	28 ± 1,0
Константа	21 ± 1,0	53 ± 3,0	34 ± 2,0	16 ± 1,0
Аксу	4 ± 1,0	44 ± 2,0	59 ± 2,0	33 ± 2,0
Руслан	31 ± 2,0	91 ± 3,0	32 ± 2,0	3 ± 1,0
Веста	27 ± 1,0	32 ± 2,0	33 ± 2,0	1
Финал (семена дражированные)	0	0	34 ± 2,0	34 ± 2,0

Максимальные значения энергии прорастания и лабораторной всхожести отмечены у сорта Руслан – соответственно 31 ± 2,0% и 91 ± 3,0%. За ним по этим показателям расположились сорта Константа (21 ± 1,0 и 53 ± 3,0%) и Айшолпан (21 ± 1,0 и 50 ± 2,0%). Семена сорта Финал (дражированные) за 10 суток опыта не проросли. Причиной служило наличие патогенов грибного и бактериального происхождения. Для выяснения причин этого явления проведена фитоэкспертиза семян сахарной свеклы этого сорта, с использованием различных питательных сред выделены и культивированы микромицеты и бактерии. В результате установлено, что максимальное количество микроорганизмов представлено микромицетами – несовершенными грибами – 53 ± 1,0%, далее в убывающем порядке идут истинные грамположительные и грамотрицательные бактерии – 23,0 ± 2,0%, актинобактерии – 16,0 ± 1,0% и дрожжи бактериально-грибной природы – 8,0 ± 1,0%.

Отобранные штаммы микроорганизмов идентифицированы с помощью традиционных классических методов. Среди микромицетов следует отметить *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., *Cladosporium sp.*, *Mucor sp.*, *Fusarium sp.*, *Penicillium sp.*, *Aspergillus sp.* (табл. 2). Из этого набора фитопатогенов наибольшую опасность представляют виды рода *Alternaria* и *Fusarium*, которые также являются возбудителями корневой гнили сахарной свеклы.

Таблица 2. Частота встречаемости микромицетов на поверхностную и внутреннюю инфекцию семян сахарной свеклы, %

Виды микромицетов	Частота встречаемости, %	
	Поверхностная инфекция (околоплодник)	Внутреннее инфицирование
<i>Alternaria alternata</i>	36,6 ± 2,0	37,0 ± 2,0
<i>Aspergillus flavus</i>	10,5 ± 1,0	
<i>Botrytis cinerea</i>	6,3 ± 1,0	5,3 ± 1,0
<i>Cladosporium sp.</i>	5,8 ± 1,0	
<i>Fusarium oxysporum</i>	15,8 ± 1,0	5,3 ± 1,0
<i>Fusarium sp.</i>	5,3 ± 1,0	
<i>Mucor sp.</i>	10,6 ± 1,0	
<i>Penicillium glaucum</i>	11,1 ± 1,0	5,3 ± 1,0

Из данных таблицы 2 видно, что наиболее часто встречаются грибы рода *Alternaria* (на околоплоднике – $36,6 \pm 2,0\%$, внутренняя инфекция – $37,0 \pm 2,0\%$), *Fusarium* (на околоплоднике – от $5,3 \pm 1,0\%$ до $15,8 \pm 1,0\%$, внутренняя инфекция – $5,3 \pm 1,0\%$), а также *Penicillium glaucum* (на околоплоднике – $11,1 \pm 1,0\%$, внутренняя инфекция – $5,3 \pm 1,0\%$). Полученные данные согласуются с исследованиями О.И. Стогниенко [14, 15].

Установлено, что семена и плодики подвержены воздействию грибной и бактериальной инфекциям, которые локализованы как на поверхности, так и внутри них. Неблагоприятные условия вегетации культуры, к которым относятся повышенная влажность и пониженная температура, с нарушением технологии хранения способствовали развитию инфекций околоплодника. Это тесно связано с возбудителями, вызывающими различные болезни листового аппарата: *Phoma betae* Frank (зональная пятнистость), *Erysiphe communis* Grev. f. sp. *betae* Yasr (мучнистая роса), *Cercospora beticola* Sacc. (церкоспоровая пятнистость), *Ramularia beticola* Rostr. (пятнистость листьев) [13]. Все эти патогены снижают выполненность семян, их всхожесть и энергию прорастания.

Среди сапротрофных грибов околоплодника семян наиболее часто встречались *A. alternata* (возбудитель черной плесени), *Cladosporium* sp. (возбудитель оливковой плесени), а также *Mucor* sp. (возбудитель кагатной и др. гнилей корнеплодов). Грибы рода *Fusarium* вызывали увядание листьев, причиной явилось поражение с последующим отмиранием сосудисто-волокнистого пучка, что нарушало транспорт воды и питательных веществ [15].

После уборки на околоплодниках обнаружены почвенные грибы, представленные в основном *Fusarium* sp., *Trichoderma lignorum* Pers. и другими видами этого рода.

После закладки на хранение семян на околоплодниках обнаружены плесневые грибы видов родов *Penicillium* и *Aspergillus*.

На внутренней поверхности околоплодника и семени фиксировалась внутренняя инфекция. При этом наибольшую опасность представляют *A. alternata*, грибы рода *Fusarium* sp., а также *Verticillium* sp., который вызывает вертициллезное увядание, приводящее к некрозу сосудистых пучков, может сохраняться как на почве, растительных остатках, так и на поверхности семян.

Бактериальная биота на семенах была представлена родами *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Paenibacillus*, дрожжи и дрожжеподобные организмы – бактериями и грибами *Cryptococcus* и *Saccharomyces*, а из актинобактерий преобладал род *Streptosporangium*.

Весь патоккомплекс, представленный на семенах сахарной свеклы, при повышенной влажности и неблагоприятном температурном режиме снижает качество корнеплодов и их лежкость, сокращает период хранения и провоцирует развитие корневой гнили. Некоторые возбудители корневой гнили передаются с семенами: *Rhizopus stolonifer*, *Martierella* sp., *Rh. betae*, *Asp. flavus*.

В фазе двух пар настоящих листьев сахарной свеклы наблюдалось появление видов грибов рода *Fusarium*, вызывающих болезни семян и развитие корневой гнили, при этом доминировал вид *F. oxysporum* Schlecht. На возникновение и распространенность корневой гнили большое влияние оказывают абиотические факторы, к которым относятся заморозки, почвенная засуха и корка, образующаяся после обильных осадков, а также повреждение сосущими вредителями, обработка гербицидами, снижающими тургор растений сахарной свеклы. Уменьшение осмотического давления способствует проникновению мицелия грибов в ткани проростка корня.

В настоящее время производят и используют для посева в основном инкрустированные и дражированные семена. Для инкрустированных семян вредоносны патогены, локализованные как на поверхности, так и внутри околоплодника, в то время как для дражированных семян первостепенное значение имеет внутренняя инфекция.

В целях снижения вредоносности микробиоты необходимо протравливать семена фунгицидами. Современный ассортимент протравителей позволяет уменьшить патогенность возбудителей не только семенного материала, но и взрослых растений сахарной свеклы. При нарушении дозировки протравителей и повышенной влажности, когда фунгициды вымываются в почву, происходит инфицирование и гибель посевов.

Подбор протравителей осуществляли после проведения фитоэкспертизы семян сахарной свеклы. Комплексное применение агротехнических приемов и химических средств защиты значительно снижало степень развития заболевания.

В ходе проведенных скрининговых исследований по изучению микробиоты почвенных образцов, отобранных из ризосферы и с поверхности семян сахарной свеклы, выделен гриб из рода *Trichoderma*. Известно, что в процессе своего развития грибы этого рода вырабатывают природные антибиотики – глиотоксин, сацуккалин, триходермин и виридин. Весь комплекс антибиотиков, входящих в состав *Trichoderma*, подавляет многие опасные болезни культурных растений – фитофтороз, мучнистую росу, ложную мучнистую росу, серую гниль, бурую пятнистость, ризоктониоз и др. Действие *Trichoderma* очень мощное, к примеру, степень зараженности огурца белой гнилью снижается в 3 раза, а урожайность повышается на 34,5%. На основе вида *Tr. harzianum*, штамм Г 30 (ВИЗР) сотрудниками Всероссийского НИИ защиты растений создан препарат Трихоцин, СП (титр 10^{10} КОЕ/г), который применяют для предпосевной обработки семян пшеницы с целью защиты от корневых гнилей (фузариозной, церкоспореллезной и др.).

Против листостебельных болезней (септориоз, мучнистая роса и др.) этот препарат в норме расхода 30–40 г/га используют в период вегетации (дважды). На основе другого штамма этого вида (ВКМ F4099D) создан препарат Стернифаг, СП (титр 10^{10} КОЕ/г), который применяют против корневых гнилей на пшенице путем опрыскивания почвы и растительных остатков после уборки предшествующей культуры.

О.И. Стогниенко [15] среди почвенных грибов на околоплодниках обнаружила и выделила в чистую культуру серию видов грибов из рода *Fusarium sp.*, а также *Trichoderma lignorum*. Н.Н. Леоновым, В.П. Сокирко и Е.А. Мелькумовой (2019) проведены исследования по действию биофунгицидов на основе *Trichoderma harzianum* Rifai в целях оздоровления почв в насаждениях алычи [8].

В связи с тем, что представители различных видов *Trichoderma* на сахарной свекле практически не изучены, нами предпринята попытка выделить штаммы этого гриба и определить его видовую принадлежность. Для этого подобраны питательные среды, температурные градиенты и освещенность. В результате установлены оптимальные параметры, изучен антагонизм, идентифицирована видовая принадлежность аборигенного штамма *Trichoderma asperellum*, который с успехом культивировали на среде Чапека. Для обильного спороношения установлена оптимальная температура 25 °С и отсутствие источника света. Диффузии пигмента в агаре не происходило, у старых колоний присутствовал слабый специфический запах. Парные ответвления гиф гриба формируются ниже верхушки конидиеносца и располагаются под углом около 90° по отношению к основной оси, ширина конидиеносца – 2,1–5,0 мкм. Фиалиды образуются на концах ветвей первого и второго порядка, формируя их скопления. Конидии темно-зеленого цвета имеют шаровидно-яйцевидную форму, диаметром 3,5–4,0 мкм. Дано подробное описание морфолого-культурального аборигенного штамма. Для ускоренного получения биоматериала использовалась жидкая среда Чапека, которая в перспективе может служить для промышленного получения биопрепарата.

По морфолого-культуральным признакам аборигенный штамм гриба отнесен к виду *Trichoderma asperellum*. В целях подтверждения его видовой принадлежности проведен ПЦР-анализ в лаборатории химических и молекулярно-генетических методов исследований и анализа ТОО «Научно-производственный центр микробиологии и вирусологии». Установлено, что данный штамм является сапротрофом, строгим аэробом.

Исследование ДНК с использованием специфичных ITS-фрагментов ядерных рибосомальных ДНК-изолятов *Trichoderma* подтвердило результаты идентификации, определенные по морфологическим свойствам. В результате выделенной культуре в 2020 г. присвоен специальный номер штамма и обозначение *Trichoderma asperellum* КазНИИППП-19 (Регистрационный № 09/12 апреля 2020 г.).

По данным изучения вирулетности выделенного штамма установлена его принадлежность к 3-му классу опасности.

На следующем этапе исследований проведено определение ингибирующей активности этого штамма в подавлении опасных возбудителей болезней семян сахарной свеклы в период хранения.

Антагонистическое действие аборигенного штамма *Trichoderma asperellum* в отношении патогенов семян представлено в таблицах 3 и 4.

Таблица 3. Индекс антагонизма *Trichoderma asperellum* КазНИИППП-19 в отношении патогенов семян сахарной свеклы

Микробиота	Балл
<i>Fusarium sp.</i>	4 ± 1,0
<i>Alternaria sp.</i>	4 ± 1,0
<i>Botrytis sp.</i>	3 ± 1,0
<i>Sclerotinia sp.</i>	1,0

Таблица 4. Антагонистическая активность *Trichoderma asperellum* в отношении основных возбудителей болезней семян сахарной свеклы, выделенных в 2020 г.

Зона подавления роста, мм			
Наименование штамма	<i>Alternaria sp.</i>	<i>Botrytis sp.</i>	<i>Sclerotinia sp.</i>
<i>Trichoderma asperellum</i> КазНИИППП-19	25 ± 1,0	30 ± 1,0	20 ± 1,0

Исследуемый штамм *Trichoderma asperellum* представлен в качестве эффективного антагониста и снижал действие микромицетов семян: *Fusarium*, *Alternaria*. Индекс по шкале Джонсона и Карла составил 4 балла, что свидетельствует о подавлении одного организма другим при непосредственном контакте, когда антагонист активно доминирует и одновременно формирует стерильную зону, снижающую рост патогена (25–26 мм). Данный штамм ингибировал изоляты *Botrytis sp.* и *Sclerotinia sp.* (зона отчуждения 20 мм и 30 мм), индекс антагонизма при этом составил соответственно 3 и 1 балл.

В перспективе аборигенный штамм *Trichoderma asperellum* планируется использовать в виде спорово-мицелиального препарата для подавления большего количества фитопатогенов.

Доказано положительное действие аборигенного штамма *Trichoderma asperellum* на рост и развитие сосудистых растений благодаря выделению физиологически активных веществ. Наибольший эффект отмечен при разведениях 1 : 10 и 1 : 50. Кроме того, полученный препарат обладает широким спектром антагонистической и ростостимулирующей активности.

В последнее время появились сведения о том, что грибы рода *Trichoderma*, помимо защитных свойств, способны вырабатывать фитогормоны, а также оказывать стимулирующее действие на рост и развитие растений. Это объясняется тем, что данные микроорганизмы обладают полезными свойствами к продуцированию ростовых веществ, антибиотиков, а также иммунизации растений. Все это способствовало увеличению поглотительной активности корневой системы культурных растений, в том числе и сахарной свеклы [10, 16, 17].

Проведены исследования по изучению динамики видового состава и численности микробиоты семенной инфекции в период длительного хранения. С этой целью осуществлена фитоэкспертиза семян 2-х районированных сортов (Тараз, Айшолпан) и одного зарубежного (Киргизская односемянная). В ходе проведенного анализа помимо патогенных микромицетов *Alternaria sp.* и *Fusarium sp.* установлены сопутствующие плесневые грибы – *Mucor sp.*, *Penicillium sp.* и *Aspergillus sp.* Проанализирована как поверхностная, так и внутренняя зараженность семян, при этом бактериальная биота представлена родами *Paenibacillus*, *Bacillus*, *Lactobacillus* и *Pseudomonas*.

Впервые выявлен комплекс семенных микромицетов в свеклосеющих регионах Казахстана, где доминирует род грибов *Alternaria sp.* В данном случае как по численности, так и по частоте встречаемости микробиота семян представлена родами *Fusarium* и *Penicillium*, которые являются при определенных условиях (высокая влажность и пониженная температура) возбудителями корневая.

В опытах по обработке семян биопрепаратом *Tr. asperellum* использовали следующие дозы разведения: 0,5%; 1,0; 1,5; 2,0 и 2,5%. После обработки семена закладывали на хранение и через 15 дней анализировали их микробиологический состав (табл. 5).

Таблица 5. Определение оптимальной дозы разведения биопрепарата *Trichoderma asperellum* для подавления семенной инфекции сахарной свеклы в период хранения

Вариант опыта	Доза разведения препарата	Количество колоний микроорганизмов, шт. (КОЕ)					
		Семена сортов					
		Айшолпан		Тараз		Киргизская односемянная	
		Б	Г	Б	Г	Б	Г
Контроль	Обработка дистиллированной водой	65 ± 2,0	4 ± 1,0	64 ± 2,0	4 ± 1,0	68 ± 1,0	3 ± 1,0
Обработка биопрепаратом <i>Trichoderma asperellum</i> с активностью 1×10^8	0,5	42 ± 1,0	1,0	47 ± 1,0	2 ± 1,0	49 ± 1,0	2 ± 1,0
	1,0	27 ± 1,0	1,0	29 ± 1,0	1,0	28 ± 1,0	1,0
	1,5	26 ± 1,0	0	27 ± 2,0	0	25 ± 2,0	0
	2,0	18 ± 2,5	0	19 ± 2,0	0	18 ± 1,0	0
	2,5	18 ± 2,5	0	18 ± 2,0	0	18 ± 1,0	0

Примечание: Б – бактерии; Г – грибы.

Установлено, что оптимальной дозой разведения биопрепарата *Trichoderma asperellum*, которая максимально подавляет семенную инфекцию сахарной свеклы в период хранения, является $1,0 \times 10^8$ (2 мл препарата/100,0 мл дистиллированной воды из расчета на 75,0 г семян).

С целью подавления семенной инфекции сахарной свеклы в период длительного хранения в лабораторных условиях анализировали различные варианты применения препаратов (из различных классов соединений) в сочетании с регуляторами роста и отдельно с биопрепаратом.

В опыты включены препараты, разрешенные для применения на территории Российской Федерации и Казахстана. В качестве сравнительного варианта использовали опытный образец биопрепарата на основе аборигенного штамма гриба *Trichoderma asperellum*. Выбранные в качестве объекта исследования сортообразцы ежемесячно анализировали на наличие микробиоты. Полученные результаты приведены в таблице 6.

Таблица 6. Динамика видового состава микроорганизмов на семенах сахарной свеклы при хранении

Дата учета	Варианты опыта	Количество колоний микроорганизмов, шт.					
		Сорта					
		Айшолпан		Тараз		Киргизская односемянная	
		Б	Г	Б	Г	Б	Г
21.02.20	Контроль	99 ± 2,0	1	90 ± 2,0	0	111 ± 1,0	2 ± 1,0
	Селестоп + Фитоспорин-М	22 ± 1,0	0	33 ± 1,0	0	24 ± 1,0	0
	Максим + Экстрасол	32 ± 1,0	0	34 ± 2,0	0	38 ± 2,0	0
	<i>Trichoderma asperellum</i>	34 ± 2,5	0	35 ± 2,0	0	32 ± 1,0	0
22.03.20	Контроль	111 ± 3,0	0	93 ± 1,0	1	112 ± 2,0	0
	Селестоп + Фитоспорин-М	22 ± 2,0	0	25 ± 1,0	0	29 ± 1,0	0
	Максим + Экстрасол	31 ± 1,0	0	42 ± 1,0	0	32 ± 2,0	0
	<i>Trichoderma asperellum</i>	35 ± 1,0	0	43 ± 2,0	0	31 ± 1,0	0
22.04.20	Контроль	124 ± 1,0	2 ± 1,0	100 ± 1,0	2 ± 1,0	123 ± 2,0	3 ± 1,0
	Селестоп + Фитоспорин-М	31 ± 1,0	0	33 ± 1,0	0	32 ± 2,0	0
	Максим + Экстрасол	42 ± 2,0	0	40 ± 1,0	0	44 ± 1,0	0
	<i>Trichoderma asperellum</i>	43 ± 2,0	0	42 ± 3,0	0	48 ± 1,0	0

Примечание: Б – бактерии; Г – грибы.

На всех вариантах преобладали колонии бактерий родов *Bacillus*, *Paenibacillus*, *Pseudomonas*. Количество этих колоний до начала закладки семян на хранение у сортов Айшолпан, Тараз и Киргизская односемянная составляло соответственно $22,0 \pm 1,0$ шт., $33,0 \pm 1,0$ шт. и $24,0 \pm 1,0$ шт., а к 3-й декаде апреля произошло их увеличение примерно в 2 раза – до $45,0 \pm 1,0$ шт., $49,0 \pm 2,0$ шт. и $48 \pm 2,0$ шт. На контроле этот показатель в зависимости от сорта колебался от $99,0 \pm 2,0$ до $123,0 \pm 2,0$. Во всех опытных группах количество колоний микробов снижалось в 3–4 раза ($22,0 \pm 1,0$ – $48,0 \pm 1,0$) по сравнению с контрольной ($90,0 \pm 2,0$ – $124,0 \pm 1,0$). Таким образом, все испытанные препараты сдерживали их рост. Единичные колонии грибов родов *Aspergillus* и *Penicillium* на вариантах опыта отмечались уже в 3-й декаде апреля перед посевом семян в грунт.

Композиции препаратов Селестоп (0,01/100 мл дистиллированной воды) + Фитоспорин-М (1,0 мл/100 мл дистиллированной воды) и Максим (1,0 мл/100 мл дистиллированной воды) + Экстрасол (5 мл/100 мл дистиллированной воды), а также биопрепарат на основе аборигенного штамма гриба *Trichoderma asperellum* с активностью $1,0 \times 10^8$ (2,0 мл препарата/100 мл дистиллированной воды) в течение трех месяцев сдерживали рост микромицетов и снижали численность бактерий.

Положительные результаты получены на всех трех сортах сахарной свеклы на варианте Селестоп + Фитоспорин-М. Энергия прорастания семян сортов Айшолпан, Тараз и Киргизская односемянная составила соответственно $89,0 \pm 1,0\%$, $86,0 \pm 1,0\%$ и $85,0 \pm 1,0\%$, в то время как лабораторная всхожесть – $96,0 \pm 1,0\%$, $92,0 \pm 2,0\%$ и $90,0 \pm 1,0\%$.

Обработка семян в сочетании фунгицидов с биостимуляторами, а также биологическим препаратом оказала положительное действие и на посевные качества семян. Эффективность биологического препарата аборигенного штамма на основе *Trichoderma asperellum* была на уровне варианта Максим + Экстрасол, но несколько ниже варианта Селестоп + Фитоспорин-М.

Показатели энергии прорастания семян на вариантах применения биологического препарата были выше, чем на контроле: Айшолпан – на $19,7 \pm 1,0\%$, Тараз – на $16,3 \pm 1,0\%$ и Киргизская односемянная – на $15,8 \pm 1,0\%$. Показатели всхожести семян на вариантах применения биологического препарата также были выше, чем на контроле: Айшолпан – на $21,9 \pm 1,0\%$, Тараз – $13,6 \pm 1,0\%$ и Киргизской односемянной – $12,7 \pm 1,0\%$.

Таким образом, препарат на основе гриба *Trichoderma asperellum* обладал высокой биологической эффективностью против болезнетворных микроорганизмов семян сахарной свеклы в течение 3-х месяцев хранения, а также улучшал их посевные качества.

Дальнейшие исследования позволили установить, что эффективность препарата сохраняется в течение последующих 4–6 месяцев хранения.

Данные, свидетельствующие о положительном влиянии биопрепарата *Trichoderma asperellum* на длительность хранения семян сахарной свеклы в течение 4–6 месяцев, приведены в таблице 7.

Таблица 7. Динамика видового состава микроорганизмов на семенах сахарной свеклы по вариантам различных обработок в течение 4–6 месяцев хранения

Дата учета	Варианты опыта	Количество колоний микроорганизмов, шт.					
		Сорта					
		Айшолпан		Тараз		Киргизская односемянная	
		Б	Г	Б	Г	Б	Г
19.05.20	Контроль	155 ± 1,0	3 ± 1,0	145 ± 2,0	4 ± 1,0	162 ± 2,0	3 ± 1,0
	Селестоп + Фитоспорин-М	34 ± 2,0	0	35 ± 1,0	0	36 ± 2,0	0
	Максим + Экстрасол	44 ± 1,0	0	42 ± 1,0	0	45 ± 2,0	0
	<i>Trichoderma asperellum</i>	45 ± 2,0	0	44 ± 2,0	0	49 ± 1,0	0
22.06.20	Контроль	165 ± 2,0	4 ± 1,0	156 ± 2,0	5 ± 1,0	178 ± 2,0	4 ± 1,0
	Селестоп + Фитоспорин-М	36 ± 2,0	0	37 ± 1,0	0	39 ± 1,0	0
	Максим + Экстрасол	46 ± 2,0	0	45 ± 2,0	0	51 ± 2,0	0
	<i>Trichoderma asperellum</i>	46 ± 1,0	0	46 ± 2,0	0	50 ± 1,0	0
21.07.20	Контроль	174 ± 2,0	5 ± 1,0	168 ± 1,0	6 ± 1,0	183 ± 2,0	5 ± 1,0
	Селестоп + Фитоспорин-М	38 ± 2,0	0	39 ± 1,0	0	42 ± 2,0	0
	Максим + Экстрасол	48 ± 2,0	0	46 ± 1,0	0	52 ± 1,0	0
	<i>Trichoderma asperellum</i>	49 ± 2,0	0	47 ± 2,0	0	53 ± 1,0	0

Примечание: Б – бактерии; Г – грибы.

Во всех опытных группах количество колоний микроорганизмов колебалось незначительно – от $22,0 \pm 1,0$ до $53,0 \pm 1,0$ шт., что было в 3–4 раза ниже показателей на контроле – $99,0 \pm 2,0$ – $183,0 \pm 2,0$. Такое снижение обусловлено использованием препаратов, которые сдерживали рост и развитие микроорганизмов. Во всех опытных группах и на контроле к 4-му и 6-му месяцам хранения наблюдалась примерно одинаковая динамика увеличения количества выявляемых микроорганизмов – на 5,0–10,0% по сравнению с первыми месяцами.

Таким образом, можно утверждать, что композиции препаратов Селестоп + Фитоспорин-М и Максим + Экстрасол в сочетании с биопрепаратом на основе штамма гриба *Trichoderma asperellum* в течение 6-ти месяцев сдерживали рост и развитие микромицетов в целом, а также снижали численность бактерий.

С целью определения влияния различных композиций препаратов на посевные качества семян нескольких сортов сахарной свеклы ежемесячно в период хранения в течение 4–6 месяцев анализировали образцы семян, обработанные вышеуказанными препаратами, и определяли их энергию прорастания и лабораторную всхожесть (табл. 8).

Самые высокие результаты получены на варианте обработки семян свеклы сорта Айшолпан препаратами Селестоп + Фитоспорин-М.

Показатели энергии прорастания имели примерно одинаковые значения и составили у сортов Айшолпан, Тараз и Киргизская односемянная соответственно $84,0$ – $93,0 \pm 1,0\%$, $81,0$ – $89,0 \pm 1,0\%$, $84,0$ – $88,0 \pm 1,0\%$. Показатели лабораторной всхожести также приближались к средним значениям и составили соответственно $92,0$ – $97,0 \pm 1,0\%$, $90,0$ – $94,0 \pm 2,0\%$ и $90,0$ – $96,0 \pm 1,0\%$. При этом установлено, что обработки семян фунгицидами и биостимулятором, а также биологическим препаратом в течение 6-ти месяцев оказывали положительное влияние на посевные качества семян. Эффективность биологического препарата на основе гриба *Trichoderma asperellum* отмечена на уровне варианта Максим + Экстрасол, но несколько ниже варианта Селестоп + Фитоспорин-М.

Таблица 8. Степень влияния различных композиций препаратов на посевные качества семян испытываемых сортов сахарной свеклы в течение 4–6 месяцев хранения

Варианты опыта	Айшолпан		Тараз		Киргизская односемянная	
	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %
Энергия прорастания – 22.05.2020, всхожесть – 26.05.2020						
Контроль	67 ± 1,0	73 ± 1,0	69 ± 1,0	75 ± 1,0	68 ± 2,0	75 ± 2,0
Селестоп + Фитоспорин-М	90 ± 1,0	97 ± 1,0	86 ± 1,0	93 ± 2,0	86 ± 1,0	91 ± 1,0
Максим + Экстрасол	85 ± 1,0	95 ± 2,0	82 ± 1,0	91 ± 2,0	85 ± 2,0	90 ± 2,0
<i>Trichoderma asperellum</i>	84 ± 2,0	95 ± 1,0	81 ± 1,0	90 ± 2,0	84 ± 1,0	90 ± 1,0
Энергия прорастания – 25.06.2020, всхожесть – 29.06.2020						
Контроль	65 ± 1,0	75 ± 1,0	68 ± 1,0	75 ± 1,0	69 ± 2,0	77 ± 2,0
Селестоп + Фитоспорин-М	92 ± 1,0	96 ± 1,0	88 ± 1,0	93 ± 2,0	88 ± 1,0	93 ± 1,0
Максим + Экстрасол	87 ± 1,0	95 ± 2,0	85 ± 1,0	90 ± 2,0	86 ± 2,0	92 ± 2,0
<i>Trichoderma asperellum</i>	88 ± 2,0	94 ± 1,0	85 ± 1,0	91 ± 2,0	85 ± 1,0	90 ± 1,0
Энергия прорастания – 24.07.2020, всхожесть – 28.07.2020						
Контроль	64 ± 1,0	75 ± 1,0	64 ± 1,0	76 ± 1,0	71 ± 2,0	75 ± 2,0
Селестоп + Фитоспорин-М	93 ± 1,0	96 ± 1,0	89 ± 1,0	94 ± 2,0	86 ± 1,0	96 ± 1,0
Максим + Экстрасол	88 ± 1,0	93 ± 2,0	86 ± 1,0	92 ± 2,0	85 ± 2,0	93 ± 2,0
<i>Trichoderma asperellum</i>	87 ± 2,0	92 ± 1,0	85 ± 1,0	90 ± 2,0	85 ± 1,0	92 ± 1,0

При этом в течение 4–6 месяцев хранения показатели энергии прорастания на вариантах применения биологического препарата были выше, чем на контроле: у сортов Айшолпан, Тараз и Киргизская односемянная соответственно на $17,0–29,0 \pm 1,0\%$, $12,0–25,0 \pm 1,0\%$ и $14,0–19,0 \pm 1,0\%$. Показатели всхожести на вариантах применения биологического препарата также были выше, чем на контроле: у сортов Айшолпан, Тараз и Киргизская односемянная соответственно на $17,0–24,0 \pm 1,0\%$, $15,0–19,0 \pm 1,0\%$ и $15,0–21,0 \pm 1,0\%$.

Таким образом, биологический препарат на основе *Trichoderma asperellum* в течение 6-ти месяцев хранения обладал защитным эффектом против болезнетворных микроорганизмов семян сахарной свеклы и повышал показатели всхожести.

Выводы

1. Впервые для условий Казахстана выявлен патоккомплекс семенного материала, включающий микозы и бактериозы, который наносит существенный вред свекловодству, ухудшает качество корнеплодов, их лежкость, при этом потери урожая доходят до 25%.

2. При фитоэкспертизе семенного материала выделены микозы ($53,0 \pm 3,0\%$), бактериозы ($23,0 \pm 1,0\%$) и актинобактерии ($16,0 \pm 1,0\%$). Наименьшее количество составили дрожжи разной этиологии – $8,0 \pm 1,0\%$. Наибольшую опасность представляют виды рода *Alternaria* и грибы рода *Fusarium*, которые также являются возбудителями корневой гнили сахарной свеклы и входят в патоккомплекс, вызывающий гнили корнеплодов.

3. Установлена высокая эффективность препарата на основе штамма *Trichoderma asperellum* КазНИИППП-19, проявившего антагонизм в отношении патогенов семенного материала.

4. В процессе исследований определена оптимальная для подавления семенной инфекции сахарной свеклы доза разведения биопрепарата *Trichoderma asperellum* с активностью 1×10^8 – 2 мл препарата/100,0 мл дистиллированной воды из расчета на 75,0 г семян.

5. При обработке семян сахарной свеклы биопрепаратом его защитный эффект против опасных инфекций сохраняется в течение 6 месяцев хранения, при этом также улучшаются показатели всхожести и качества семенного материала в полевых условиях.

Список источников

1. Благовещенская Е.Ю. Фитопатогенные микромицеты: учебный определитель. Москва: URSS, 2015. 232 с.
2. Брем А. Жизнь растений. Новейшая ботаническая энциклопедия. Москва: Эксмо, 2005. 976 с.
3. Велямов М.Т., Потороко И.Ю., Велямов Ш.М. и др. Исследования по созданию биопрепарата для увеличения сроков хранения семенного материала сахарной свеклы в Республике Казахстан // Техника и технология пищевых производств: материалы XIII международной научно-технической конференции (Могилев, 23–24 апреля 2020 г.). Могилев: Могилевский государственный университет продовольствия, 2020. Т. 1. С. 93–94.
4. Вехов В.Н., Губанов И.А., Лебедева Г.Ф. Культурные растения СССР: справочник-определитель географа и путешественника. Москва: Мысль, 1978. 336 с.
5. ГОСТ 10444.12-2013. Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов. Дата введения в действие 01.07.2015. Москва: Стандартиформ, 2014. 9 с.
6. Дудка А.И., Вассер С.П., Элланская И.А. и др. Методы экспериментальной микологии: справочник; под общей ред. В.И. Билай. Киев: Наукова думка, 1973. 242 с.
7. Жуковский П.М. Культурные растения и их сородичи. Систематика, география, цитогенетика, иммунитет, экология, происхождение, использование. 3-е изд., перераб. и доп. Ленинград: Колос [Ленинградское отделение], 1971. 752 с.
8. Леонов Н.Н., Сокирко В.П., Мелькумова Е.А. Применение биофунгицидов на основе *Trichoderma harzianum* Rifaí для оздоровления почв в насаждениях алычи // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т. 12, № 1(60). С. 24–30. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2019.1.24.
9. Пидопличко Н.М. Грибы-паразиты культурных растений: определитель. В 3 т. Т. 2. Грибы несовершенные. Киев: Наукова думка, 1977. 300 с.
10. Попова А.Д., Садыкова В.С. Изучение антагонистических свойств штаммов *Trichoderma asperellum* в отношении токсинобразующих грибов рода *Fusarium* // Молодой ученый. 2014. № 8(67). С. 328–330.
11. Саттон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно-патогенных грибов. Москва: Мир, 2001. 468 с.
12. Синская Е.Н. Историческая география культурной флоры; под ред. академика Д.Д. Брежнева. Ленинград: Колос, 1969. 480 с.
13. Станчева Й. Атлас болезней сельскохозяйственных культур. В 5 т. Т. 4. Болезни технических культур; пер. с болгарского. София-Москва: Pensoft, 2003. 186 с.
14. Стогниенко О.И. Особенности формирования патоконтекста в ризосфере сахарной свеклы // Аграрная наука. 2019. Т. 2. С. 65–68. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-326-2-65-68.
15. Стогниенко О.И., Селикова Г.А. Болезни сахарной свеклы, их возбудители: иллюстрированный справочник. Воронеж: Антарес, 2008. 98 с.
16. Chet I. *Trichoderma*-application, mode of action, and potential as a biocontrol agent of soilborne plant pathogenic fungi // In: Innovative approaches to plant disease control. New York: John Wiley and Sons, 1987. Pp. 147–160.
17. Reino J.L., Guerrero R.F., Hernández-Galán R., Collado I.G. Secondary metabolites from species of the biocontrol agent *Trichoderma* // *Phytochemistry Reviews*. 2008. Vol. 7. Pp. 89–123.

References

1. Blagoveshchenskaya E.Yu. Fitopatogennyye mikromitsety: uchebnyy opredelitel' [Phytopathogenic micromycetes: educational determinant]. Moscow: URSS Press; 2015. 232 p. (In Russ.).
2. Brem A. Zhizn' rasteniy. Noveyshaya botanicheskaya entsiklopediya [Plant life. The latest botanical encyclopedia. Moscow: Eksmo Press; 2005. 976 p. (In Russ.).
3. Velyamov M.T., Potoroko I.Yu., Velyamov Sh.M. et al. Issledovaniya po sozdaniyu biopreparata dlya uvelicheniya srokov khraneniya semennogo materiala sakharnoy svekly v Respublike Kazahstan [Research on the creation of a biopreparation to increase the shelf life of sugar beet seed material in the Republic of Kazakhstan]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv: materialy XIII mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii (Mogilev, 23-24 aprelya 2020 g.)* [Technique and technology of food production: Proceedings of the XIII International Research and Technical Conference (Mogilev, April 23-24, 2020)]. Mogilev: Mogilev State University of Food Press; 2020; 1:93-94. (In Russ.).
4. Vekhov V.N., Gubanov I.A., Lebedeva G.F. Kul'turnye rasteniya SSSR: spravochnik-opredelitel' geografa i puteshestvennika [Cultural plants of the USSR: a reference guide for a geographer and traveler]. Moscow: Mysl Press; 1978. 336 p. (In Russ.).
5. GOST 10444.12-2013. Microbiology of food and animal feeding stuffs. Methods for the detection and colony count of yeasts and moulds. Date of validity 01.07.2015. Moscow: Standartinform Press; 2014. 9 p. (In Russ.).
6. Dudka A.I., Wasser S.P., Ellanskaya I.A. et al. Metody eksperimental'noy mikologii: spravochnik; pod obshchey red. V.I. Bilay [Methods of experimental mycology: handbook; under the general editorship of V.I. Bilay]. Kyiv: Naukova dumka Press; 1973. 242 p. (In Russ.).
7. Zhukovskiy P.M. Kul'turnye rasteniya i ikh sorodichi. Sistematika, geografiya, tsitogenetika, immunitet, ekologiya, proiskhozhdenie, ispol'zovanie. 3-e izd., pererab. i dop. [Cultivated plants and their wild relatives. Taxonomy, geography, cytogenetics, immunity, ecology, origin, use. 3rd edition, revised and enlarged]. Leningrad: Kolos [Leningrad Department] Press; 1971. 752 p. (In Russ.).

8. Leonov N.N., Sokirko V.P., Melkumova E.A. Primenenie biofungitsidov na osnove *Trichoderma harzianum* Rifai dlya ozdorovleniya pochv v nasazhdeniyakh alychi [The application of biofungicides containing *Trichoderma harzianum* Rifai for soil improvement under cherry plum plantings]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2019;12(1):24-30. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2019.1.24. (In Russ.).
9. Pidoplichko N.M. Griby-parazity kul'turnykh rastenij: opredelitel'. V 3 t. T. 2. Griby nesovershennye [Fungi-parasites of cultivated plants: determinant. In 3 vols. Vol. 2. Fungi imperfecti]. Kiev: Naukova dumka Press; 1977. 300 p. (In Russ.).
10. Popova A.D., Sadykova V.S. Izuchenie antagonistsicheskikh svojstv shtammov *Trichoderma asperellum* v otnoshenii toksinobrazuyushchikh gribov roda *Fusarium* [Study of the antagonistic properties of *Trichoderma asperellum* strains against toxin-producing fungi of the genus *Fusarium*]. *Molodoj uchenyj = Young Scientist*. 2014;8:328-330. (In Russ.).
11. Sutton D.A., Fothergill A.W., Rinaldi M.G. Guide to clinically significant fungi. Baltimore, MD: Williams & Wilkins Publ.; 1998. 471 p. (In Russ.).
12. Sinskaya E.N. Istoricheskaya geografiya kul'turnoj flory; pod red. akademika D.D. Brezhneva [Historical geography of cultural flora; under the general editorship of D.D. Brezhnev]. Leningrad: Kolos Press; 1969. 480 p. (In Russ.).
13. Stancheva Y. Atlas boleznej sel'skokhozyajstvennykh kul'tur [Атлас на болестите по земеделските култури. Т. 4: Болести по техническите култури [Atlas of crop diseases. Vol. 4: Diseases of technical cultures]. Sofia-Moscow: Pensoft Press; 2002. 198 p. (In Russ.).
14. Stognienko O.I. Osobennosti formirovaniya patokompleksa v rizosfere sakharnoj svekly [Features of the formation of the pathocomplex in the rhizosphere of sugar beet]. *Agrarnaya nauka = Agrarian Science*. 2019;2:65-68. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-326-2-65-68. (In Russ.).
15. Stognienko O.I., Selikova G.A. Bolezni sakharnoj svekly, ikh vozбудiteli: illyustrirovannyj spravochnik [Sugar beet diseases, their pathogens: illustrated guide]. Voronezh: Antares Press; 2008. 98 p. (In Russ.).
16. Chet I. Trichoderma-application, mode of action, and potential as a biocontrol agent of soilborne plant pathogenic fungi. In: Innovative approaches to plant disease control. New York: John Wiley and Sons; 1987:147-160.
17. Reino J.L., Guerrero R.F., Hernández-Galán R., Collado I.G. Secondary metabolites from species of the biocontrol agent *Trichoderma*. *Phytochemistry Reviews*. 2008;7:89-123.

Информация об авторах

Н.А. Садыкова – соискатель, Алматинский технологический университет, Республика Казахстан, nara_94@inbox.ru.

М.Т. Велямов – доктор биологических наук, профессор, академик АСХН РК, зав. лабораторией биотехнологии, Алматинский технологический университет, Республика Казахстан, m.velyamov@rpf.kz.

А.Л. Лукин – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой земледелия, растениеводства и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», loukine@mail.ru.

Е.А. Мелькумова – доктор биологических наук, профессор кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», zemledele@agronomy.vsau.ru.

А.Ф. Климкин – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», aklimkin.73@yandex.ru.

Information about the authors

N.A. Sadykova, Candidate Degree Seeking Applicant, Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan, nara_94@inbox.ru.

M.T. Velyamov, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of the Academy of Agricultural Sciences of the Republic of Kazakhstan, Head of the Laboratory of Biotechnology, Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan, m.velyamov@rpf.kz.

A.L. Lukin, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Dept. of Soil Management, Crop Science and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, loukine@mail.ru.

E.A. Melkumova, Doctor of Biological Sciences, Professor, the Dept. of Soil Management, Crop Science and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, zemledele@agronomy.vsau.ru.

A.F. Klimkin, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Soil Management, Crop Science and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, aklimkin.73@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 12.01.2023; одобрена после рецензирования 18.03.2023; принята к публикации 24.03.2023.

The article was submitted 12.01.2023; approved after reviewing 18.03.2023; accepted for publication 24.03.2023.

© Садыкова Н.А., Велямов М.Т., Лукин А.Л., Мелькумова Е.А., Климкин А.Ф., 2023