

## Использование биопрепаратов на яровом ячмене для ингибирования грибов рода *Fusarium*

М. В. Черемисинов, Г. А. Ренгартен✉

Вятский государственный агротехнологический университет, Киров, Россия

✉E-mail: [rengarten.g@gmail.com](mailto:rengarten.g@gmail.com)

**Аннотация.** Цель опыта заключалась в проведении сравнительного анализа антагонистической активности препаратов, полученных на основе микроорганизмов, используемых для инокуляции семян ячменя сорта Родник Прикамья. **Методы.** Оценка зараженности болезнями семян проводилась согласно ГОСТ 12044-93 «Семена сельскохозяйственных культур». **Научная новизна.** Изучена возможность применения микроорганизмов в качестве биофунгицидов на основе *Trichoderma* sp. + *Fischerella muscicola* (как отдельно, так и совместно с химическими фунгицидами – протравителями семян) для защиты семян ярового ячменя от семенной инфекции, вызываемой грибами рода *Fusarium*. Изучена фунгицидная и росторегулирующая активность грибов *Trichoderma* sp. и *Fischerella muscicola* на семенах ячменя. **Результаты.** Наиболее эффективными при обработке семян были химические препараты на естественном фоне без инфицирования «Флудимакс», «Синклер» и «Селест Топ». Количество пораженных проростков составило 20–30 %. Наименьшее поражение было при обработке семян протравителем «Селест Топ» – 20 %. При заражении семян смесью препаратов *Trichoderma* sp. + *Fischerella muscicola* распространение фузариума было на уровне 34 %. Во втором блоке исследований с инфицированными семенами зараженность семян в контроле составила 58 %, а после обработки химическими протравителями снизилась до 28–36 %. В варианте, где инфицированные семена инокулировали препаратами «Селест Топ» и «Флудимакс», – 28 % и 36 % соответственно. Незначительно уступил химическим протравителям вариант, на основе *Trichoderma* sp. + *Fischerella muscicola*, где зараженность микромицетами составила 30 %. При анализе влияния микробных препаратов на морфометрические показатели было установлено, что длина проростков колебалась от 6,1 до 9,6 см. Стимулирующее действие на проростки оказали химические протравители семян. Так, препараты «Селест Топ», «Флудимакс» стимулировали развитие проростков, длина колебалась от 9,3 до 9,6 см по сравнению с контролем.

**Ключевые слова:** *Fusarium culmorum*, ячмень Родник Прикамья, *Trichoderma* sp., *Fischerella muscicola*, *Helminthosporium sativum*, биопрепарат, химический протравитель

**Для цитирования:** Черемисинов М. В., Ренгартен Г. А. Использование биопрепаратов на яровом ячмене для ингибирования грибов рода *Fusarium* // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 05. С. 628–636. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-05-628-636>.

**Дата поступления статьи:** 28.12.2023, **дата рецензирования:** 11.03.2024, **дата принятия:** 21.03.2024.

## Use of biological products on spring barley to inhibit *Fusarium* fungi

M. V. Cheremisinov, G. A. Rengarten✉

Vyatka State Agrotechnological University, Kirov, Russia

✉E-mail: [rengarten.g@gmail.com](mailto:rengarten.g@gmail.com)

**Abstract.** The purpose of the experiment was to conduct a comparative analysis of the antagonistic activity of drugs obtained from microorganisms used for inoculation of barley seeds of the Rodnik Prikamya variety. **Methods.** The assessment of seed disease contamination was carried out in accordance with GOST 12044-93 “Crop Seeds”. **The scientific novelty.** The possibility of using microorganisms as biofungicides based on *Trichoderma* sp. + *Fischerella muscicola* (both separately and together with chemical fungicides – seed protectants) to

protect spring barley seeds from seed infection caused by fungi of the genus *Fusarium* has been studied. The fungicidal and growth-regulating activity of the fungi *Trichoderma* sp. and *Fischerella muscicola* on barley seeds was studied. **Results.** The most effective when treating seeds were chemical preparations against a natural background without infection: “Fludimaks”, “Sinkler” and “Selest Top”. The number of affected seedlings was 20–30 %. The least damage occurred when the seeds were treated with the “Selest Top” disinfectant – 20 %. When seeds are infected with a mixture of preparations of *Trichoderma* sp. + *Fischerella muscicola* and the spread of *Fusarium* was at the level of 34 %. In the second block of studies with infected seeds, the infection of seeds in the control was 58 %, and after treatment with chemical disinfectants it decreased to 28–36 %. In the variant where infected seeds were inoculated with the preparations “Selest Top” and “Fludimaks” – 28 % and 36 %, respectively. The variant based on *Trichoderma* sp. + *Fischerella muscicola* was slightly inferior to chemical disinfectants, where the contamination with micromycetes was 30 %. When analyzing the effect of microbial preparations on morphometric parameters, it was found that the length of the seedlings ranged from 6.1 to 9.6 cm. Chemical seed protectants had a stimulating effect on the seedlings. Thus, the preparations “Selest Top” and “Fludimaks” stimulated the development of seedlings; the length ranged from 9.3 to 9.6 cm compared to the control.

**Keywords:** *Fusarium culmorum*, barley Rodnik Prikamya, *Trichoderma* sp., *Fischerella muscicola*, *Helminthosporium sativum*, biological product, chemical disinfectant

**For citation:** Cheremisinov M. V., Rengarten G. A. Use of biological products on spring barley to inhibit *Fusarium* fungi. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (05): 628–636. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-05-628-636>. (In Russ.)

**Date of paper submission:** 28.12.2023, **date of review:** 11.03.2024, **date of acceptance:** 21.03.2024.

### Постановка проблемы (Introduction)

В настоящее время повышается роль использования биологических препаратов по сравнению с химическими. Основное преимущество биологических препаратов – это снижение пестицидной нагрузки на агроценозы и получение продукции более экологически чистой, полезной и ценной для питания, особенно для детского и пожилого возраста. Научкой и практикой убедительно доказана положительная роль биологических препаратов, полученных на основе бактерий, грибов, а также продуктов их жизнедеятельности для сельского хозяйства с целью борьбы и снижения численности вредоносных объектов, снижающих урожайность и качество продукции [1; 2].

Массовая химизация сельского хозяйства отрицательно сказалась как на почвенной биоте, так и на жизнедеятельности полезных насекомых-опылителей. Особенно остро эта проблема возникла при гибели пчел в США, Бразилии, Китае, Италии и некоторых западных странах.

Среди полезных микроорганизмов имеются актиномицеты – это организмы, имеющие прокариотный тип клеточной организации, микростроение грамположительного типа, образующие ветвящийся мицелий диаметром 0,4–1,5 мкм. К классу актиномицетов относят множество бактерий с различным строением клеток. Известно, что грибы, *Oerskovia*, *Cellulomonas* при наличии жидкой среды формируют подвижные палочки. А если среда студенистая на агаре, то формируют разветвленные нити. Подавляющее большинство видов актиномицетов имеют ветвящийся, утонченный мицелий. Актино-

мицеты обладают способностью проникать в зоны с отсутствием питательных веществ, поэтому эти виды микроорганизмов могут встречаться в пресноводных водоемах, в морях, воздухе и почвах [2].

В почве и растительных субстратах актиномицеты представлены достаточно широко (содержание их в почве составляет 25–40 % от числа всех микроорганизмов). Представители многих часто встречаемых видов, родов актиномицетов были выделены из почвенной среды. При распределении по почвенному горизонту подавляющее их число представлено родом *Streptomyces*.

Главная функция актиномицетов – разложение сложных полимеров, таких как лигнин, целлюлоза, гумусовые соединения, а также способность разлагать сельскохозяйственные органические остатки. Актинобактерии способны синтезировать пигменты коричневого цвета (меланины), которые являются хорошими предшественниками гуминовых веществ, играющих заметную роль в создании почвенного плодородия. Прокариотические грибы, формирующие мицелий, принимают участие в выработке физиологически активных веществ, восстанавливают азотное равновесие почвы. Актинобактерии способны к синтезу антибиотиков, а также синтезу экзогидролитических ферментов [3; 4].

Независимо от широкого метаболического потенциала у актинобактерий, а также эффективности распространения их спор и временного отсутствия питательных веществ, количество препаратов на основе актинобактерий для роста растений все еще ограничено.

Среди изученных микробных биоактивных вторичных метаболитов около 9000 вырабатываются актинобактериями, из которых 80 % непосредственно относятся к роду *Streptomyces*. Мицелиальные прокариоты имеют широкое распространение в природе, множественное функциональное разнообразие, высочайшую биосинтетическую активность и простоту обработки. Из 3200 известных продуцентов антибиотиков 2100 – актинобактерии. Многие метаболиты, которые синтезируются актинобактериями, обладают антибиотическими (антимикробными, антивирусными) свойствами [1; 2].

Антибиотики – это специфические продукты жизнедеятельности организмов, обладающие широкой физиологической активностью по отношению к определенным группам микроорганизмов и селективно снижают их рост или в полной мере сдерживают их развитие. Антибиотики оказывают сильное влияние на растения, повышая рост и поддерживая увеличение урожайности. Известно, что «Стрептомицин» – один из первых антибиотиков, применяемый с целью защиты растений, – был получен на основе *Streptomyces griseus*, последний применялся от бактериозов на плодовых и овощных культур в Японии, Англии, Индии, США и других странах. С 1961 года в Японии выращиваются актиномицеты, дающие антибиотик Blastikidin-S [3–5].

Из российских антибиотиков широкое распространение получил «Фитобактериомицин», продуцируемый штаммом *Streptomyces lavendulae* 696. В настоящее время производится биопрепарат «Фитолавин-300» на основе рассмотренного антибиотика.

В России заметно растет интерес к новым штаммам актиномицетов, имеющих патогенный и токсичный характер и к стрептомицетам. Микробиологической промышленностью получена серия микробиологических препаратов: «Боррелидин», «Алейцид», «Летарцид», «Актинин», «Авермектин», «Глоберин», «Хризомал» и ряд других. Считается, что грибы рода стрептомицетов в связи с большой метаболической активностью имеют широкое применение в микробиологии.

Актинобактерии, как и немцелиальные бактерии, имеют силу взаимодействия в организации с другими организмами как в естественных, так и в опытных условиях. Актинобактерии в условиях объединения способны создавать симбиозы, непосредственно меняя свою морфологию и функциональную активность.

Цианобактерии и мицелиальные актинобактерии привлекают внимание исследователей. Альгоцианобактериальные сообщества микроорганизмов обладают большой продуктивностью, в этом звене источником фототрофного агента выступают цианобактерии, способные к синтезу органического вещества. Последнее является источником углеро-

да, а также энергии. В качестве компонентов для формирования экспериментальных цианобактериально-актиномицетных ассоциаций целесообразно использовать культуры, выделенные из природных экосистем, где они могут адаптироваться друг к другу длительное время.

Доказано, что культура *Fisch. muscicola* не оказывает существенного влияния на корневую систему проростков, но было выявлено, что культура стрептомицетов приводит к снижению этого показателя. Инокулирование семян культурами *S. wedmorensis* + *Fisch. muscicola*, наоборот, увеличивает размеры корней [1; 2].

Среди многообразия рода *Fusarium* имеется немало фитопатогенных штаммов, способствующих повреждению растений различных видов и семейств, которое проявляется в виде стеблевых и корневых гнилей [1].

Наибольший вред семенам наносит фузариоз. В результате повреждения семян грибами рода *Fusarium* заметно снижается всхожесть семян, ухудшается кормовое и пищевое достоинство за счет образования в ходе жизнедеятельности гриба микотоксинов, которые могут вызвать серьезные отравления [2–10].

Микробиологические препараты создают на основе отобраных человеком колоний или клеток микроорганизмов с ценными свойствами, микроорганизмы часто выращивают на специальных искусственных жидкостных питательных средах. Концентрация микроорганизмов достаточно высокая: на 1 мл или 1 г препарата приходится до 1–5 млрд клеток [11].

Основу микробиологических препаратов могут составлять прионы, вирусы, бактерии, актиномицеты, цианобактерии, водоросли, грибы, а также продукты метаболизма микроорганизмов.

В настоящее время микробиологическая промышленность получает одно- и многокомпонентные препараты из одного или нескольких штаммов разных микроорганизмов. При выделении новых штаммов в первую очередь выделяют те, которые способны к ассимиляции атмосферного азота, синтезу биологически активных веществ, ингибированию роста фитопатогенов и одновременно оказанию стимулирующего влияния на рост культурного растения. Ценные штаммы микроорганизмов должны легко приспосабливаться к новым, изменившимся условиям обитания, вступать в симбиотические связи с растением-хозяином [12].

В свою очередь, препараты на основе микроорганизмов могут оказывать разнонаправленные воздействия: стимулировать рост надземной части; иметь ризогенный эффект; повышать адаптацию к окружающей среде, в том числе стрессоустойчивость при пересадке, иммунитет к инфекциям; фик-

сировать с помощью микроорганизмов различные вещества; разлагать отходы; увеличивать почвенное плодородие; осуществлять биоремедиацию [11–13].

Серьезными моментами при использовании микроорганизмов также являются их способность к адгезии на поверхности корней, хемотаксис ризобактерий в направлении корневых экссудатов и приемлемая скорость размножения.

В основу биометода положено снижение численности патогенной инфекции за счет деятельности микроорганизмов – антагонистов.

Сейчас широко применяются штаммы полезных микроорганизмов на основе родов *Pseudomonas*, *Lactobacillus*, *Agrobacterium*, *Candida*, *Streptomyces*, *Bacillus* и других, способных бороться с фитопатогенной инфекцией [11].

Биопрепараты и их малая концентрация действующего вещества являются экологически безопасными средствами защиты. Помимо этого, препараты способны повышать устойчивость растений к неблагоприятным факторам.

Многолетний опыт использования биопестицидов отечественного и зарубежного производства доказал их защитную роль по отношению к культурным растениям. В настоящее время осуществлено производство импортных и отечественных биопрепаратов:

– виды гриба рода *Bacillus*: «Серенада», «Кодиак» (*Bacillus subtilis*, США), «Ризо-плюс» (*B. subtilis*, Германия), «Бактофит», «Фитоспорин» (*B. subtilis*, Россия),

– виды гриба *Trichoderma*: «Био-фугус» (*Trichoderma* spp., Бельгия), «Бинаб-Т» (*T. harzianum* и *T. polysporum*, Швеция), «Биотрек» (*T. harzianum*, США);

– виды гриба рода *Pseudomonas*: «Планриз» (*Pseudomonas fluorescens*, Беларусь, Россия);

– виды рода *Streptomyces*: «Фитолавин» (*S. griseus*, Россия) [3–10].

Биофунгицид «Фитоспорин-М» (производства НВП «БашИнком») на основе эндофитной бактерии *B. subtilis* 26Д используется против многих грибных и бактериальных болезней, повышает уровень иммунитета растений.

«Планриз» (производства ООО «Биотехагро») – препарат на основе бактерии *P. fluorescens*, как и «Фитоспорин-М», выступает в борьбе с грибными и бактериальными болезнями [11].

«Триходермин» (производства ООО «Биотехагро») – биопрепарат на основе микромицетов рода *T. lignorum*. В качестве активного вещества выступают антибиотики, продуцируемые грибами, которые уничтожают возбудителей болезней (гнили, инфекции, макроспориоз и др.).

Препараты, полученные компанией ООО «Бисолби-Интер», содержат в основе *B. Subtilis*. Среди них:

– «БисолбиСан» – биологический фунгицид. Данный препарат эффективно борется с корневыми гнилями, фузариозом, фитотрофом, гелиминтоспориозом, черной ножкой, церкоспорозом, мучнистой росой, пероноспорозом и рядом других заболеваний;

– «БисолбиИнсект» – биологический инсектицид для регулирования численности насекомых вредителей [11].

Наукой и практикой доказано, что наиболее эффективно использовать полученные современными методами селекции сорта, имеющие иммунитет к патогенам, тем самым снижая пестицидный прессинг на окружающую среду и получая экологически безопасную продукцию [14–17].

Цель работы – изучение антагонистической активности препаратов и микроорганизмов, используемых для инокуляции семян ячменя сорта Родник Прикамья.

#### Методология и методы исследования (Methods)

В качестве объекта исследований использовались семена ячменя сорта Родник Прикамья. Исследования проводились в период с 2020 по 2023 год.

Для инфицирования семян использовали один из самых опасных фитопатогенов *Fusarium culmorum*. Инфицирование зерновок проводили методом опудривания на заранее выращенных газонах в чашках Петри. Титр пропагул микромицета составил  $5,8 \cdot 10^6$  кл/мл.

В работе для обработки семян применялись импортные препараты: «Флудимакс», «Селест Топ», «Синклер».

Из источников биоагентов для обработки семян использовали компоненты на основе:

– цианобактерий *Fischerella muscicola* из коллекционного фонда микроорганизмов кафедры биологии растений селекции и семеноводства, микробиологии Вятского ГАТУ. Изучение *Fischerella muscicola* показало, что данный вид способен к быстрому наращиванию биомассы, сохраняя долгую активность. Использование цианобактерии *Fischerella muscicola* показало ее положительную антагонистическую активность по отношению к грибам рода *Fusarium*;

– микромицета *Trichoderma* sp. из коллекционного фонда микроорганизмов кафедры биологии растений селекции и семеноводства, микробиологии Вятского ГАТУ. Ранее проведенные исследования доказали, что триходерма обладает фитостимулирующими, антибактериальными, противомикотическими свойствами. Перед использованием определяли титр ( $2 \cdot 10^7$  кл/мл).

Проращивание проводилось в рулонах фильтровальной бумаги в термостате по общепринятой методике согласно ГОСТ 12044-93 «Семена сельскохозяйственных культур».

Таблица 1  
Влияние протравителя на степень поражения проростков ячменя

Варианты опыта	Всхожесть, %	Количество пораженных проростков, %	
		<i>Fusarium</i>	<i>Helminthosporium</i>
1. Контроль (без обработки)	92,0	42,0	12,0
2. Контроль (семена инфицированные <i>Fusarium culmorum</i> )	90,0	58,0	–
3. Синклер	96,0	30,0	4,0
4. Селест Топ	97,0	20,0*	2,0
5. Флудимакс	95,0	28,0	6,0
6. <i>Trichoderma</i> sp. + <i>Fischerella muscicola</i>	95,0	34,0	6,0
7. <i>Fusarium culmorum</i> + синклер	93,5	34,0	6,0
8. <i>Fusarium culmorum</i> + Селест Топ	94,0	28,0*	2,0
9. <i>Fusarium culmorum</i> + флудимакс	93,0	36,0	10,0
10. <i>Fusarium culmorum</i> + <i>Trichoderma</i> sp. + <i>Fischerella muscicola</i>	92,0	30,0*	18,0

Примечание. \* Уровень вероятности  $P > 0,95$ .

Table 1  
The effect of the mordant on the degree of damage to barley seedlings

Options experience	Germination, %	Number of affected seedlings, %	
		<i>Fusarium</i>	<i>Helminthosporium</i>
1. Control (without treatment)	92.0	42.0	12.0
2. Control (seeds infected with <i>Fusarium culmorum</i> )	90.0	58.0	–
3. Sinkler	96.0	30.0	4.0
4. Selest Top	97.0	20.0*	2.0
5. Fludimaks	95.0	28.0	6.0
6. <i>Trichoderma</i> sp. + <i>Fischerella muscicola</i>	95.0	34.0	6.0
7. <i>Fusarium culmorum</i> + Sinkler	93.5	34.0	6.0
8. <i>Fusarium culmorum</i> + Selest Top	94.0	28.0*	2.0
9. <i>Fusarium culmorum</i> + Fludimaks	93.0	36.0	10.0
10. <i>Fusarium culmorum</i> + <i>Trichoderma</i> sp. + <i>Fischerella muscicola</i>	92.0	30.0*	18.0

Note. \* Probability level  $P > 0.95$ .

Обработка семян препаратами велась в течение суток в суспензии препаратов и микроорганизмов согласно вариантам опыта:

1. Контроль (без обработки).
2. Контроль (семена, инфицированные *Fusarium culmorum*).
3. Синклер.
4. Селест Топ.
5. Флудимакс.
6. *Trichoderma* sp. + *Fischerella muscicola*.
7. *Fusarium culmorum* + Синклер.
8. *Fusarium culmorum* + Селест Топ.
9. *Fusarium culmorum* + Флудимакс.
10. *Fusarium culmorum* + *Trichoderma* sp. + *Fischerella muscicola*.

Семена помещали в рулоны из фильтровальной бумаги в четырехкратной повторности. Учеты и наблюдения проводились на 8 сутки после закладки.

### Результаты (Results)

Анализ данных показал, что семена в контроле были в сильной степени заражены микромицетами – 42 % без искусственного инфицирования и 58 % при инфицировании (таблица 1).

В варианте с инфицированными семенами лабораторная всхожесть была наименьшая – 90 %. При обработке препаратами лабораторная всхожесть колебалась от 92 до 97 %. Наибольшая всхожесть 97 % отмечалась при обработке семян препаратом «Селест Топ» с тремя действующими веществами, наименьшая 92 % – в варианте, где инфицированные семена инокулировали суспензией на основе *Trichoderma* sp. + *Fischerella muscicola*.

Наиболее эффективными при обработке семян были химические препараты на естественном фоне без инфицирования «Флудимакс», «Синклер» и «Селест Топ». Количество пораженных проростков составило 20–30 %.

## Рострегулирующее действие препаратов на семена ячменя

Варианты	Длина проростков		Длина корней	
	см	% к контролю	см	% к контролю
1. Контроль (без обработки)	6,9	100	10,9	100
2. Контроль (семена инфицированные <i>Fusarium culmorum</i> )	6,1	100	10,4	100
3. Синклер	8,2	119	11,7	107
4. Селест Топ	9,6*	139	13,2*	121
5. Флудимакс	9,3*	134	12,5	114
6. <i>Trichoderma</i> sp. + <i>Fischerella muscicola</i>	7,2	99	12,6	115
7. <i>Fusarium culmorum</i> + Синклер	9,3*	152	14,8*	142
8. <i>Fusarium culmorum</i> + Селест Топ	8,4*	137	14,3*	137
9. <i>Fusarium culmorum</i> + Флудимакс	8,3	136	13,3	128
10. <i>Fusarium culmorum</i> + <i>Trichoderma</i> sp. + <i>Fischerella muscicola</i>	9,0*	147	11,5	110

Примечание. \* Уровень вероятности  $P > 0,95$ .

Table 2  
Growth-regulating effect of drugs on barley seeds

Options experience	The length of the seedlings		The length of the roots	
	cm	% to control	cm	% to control
1. Control (without treatment)	6.9	100	10.9	100
2. Control (seeds infected with <i>Fusarium culmorum</i> )	6.1	100	10.4	100
3. Sinkler	8.2	119	11.7	107
4. Selest Top	9.6*	139	13.2*	121
5. Fludimaks	9.3*	134	12.5	114
6. <i>Trichoderma</i> sp. + <i>Fischerella muscicola</i>	7.2	99	12.6	115
7. <i>Fusarium culmorum</i> + Sinkler	9.3*	152	14.8*	142
8. <i>Fusarium culmorum</i> + Selest Top	8.4*	137	14.3*	137
9. <i>Fusarium culmorum</i> + Fludimaks	8.3	136	13.3	128
10. <i>Fusarium culmorum</i> + <i>Trichoderma</i> sp. + <i>Fischerella muscicola</i>	9.0*	147	11.5	110

Note. \* Probability level  $P > 0.95$ .

Наименьшее поражение было при обработке семян протравителем «Селест Топ» – 20 %. При заражении семян смесью препаратов *Trichoderma* sp. + *Fischerella muscicola* распространение фузариума было на уровне 34 %.

Во втором блоке исследований с инфицированными семенами зараженность семян в контроле составила 58 %, а после обработки химическими протравителями снизилась до 28–36 %. В варианте, где инфицированные семена инокулировали препаратами «Селест Топ» и «Флудимакс», – 28 % и 36 % соответственно. Незначительно уступил химическим протравителям вариант, где инфицированные семена инокулировали ассоциацией на основе *Trichoderma* sp. + *Fischerella muscicola*, где зараженность микромицетами составила 30 %. Параллельно проводили исследование зерновок и проростков на наличие распространения возбудителя *Helminthosporium sativum*.

Так, в первом блоке опытов зараженность проростков микромицетом рода *Helminthosporium sativum* колебалась от 2 до 6 %. Минимальное рас-

пространение *Helminthosporium sativum* было зафиксировано в варианте с препаратом «Селест Топ» – 2 %, тогда как в контроле (обработка водой) зараженность была на уровне 12 %.

Незначительно уступил вариант с обработкой семян биопрепаратом *Trichoderma* sp. + *Fischerella muscicola* – микотическое инфицирование составило 6 %. На фоне искусственного заражения развитие гриба *Helminthosporium sativum* увеличилось. В то же время низкое заражение при обработке семян наблюдалось в варианте с обработкой препаратом «Селест Топ» (2 %). Максимальная – в варианте с инфицированными семенами + *Trichoderma* sp. + *Fischerella muscicola* – 18 %.

При анализе влияния микробных препаратов на морфометрические показатели было установлено, что длина проростков колебалась от 6,1 до 9,6 см. Стимулирующее действие на проростки оказали и химические протравители семян. Так, препараты «Селест Топ», «Флудимакс» стимулировали развитие проростков, длина колебалась от 9,3 до 9,6 см по сравнению с контролем. В блоке опытов с инфи-

цированными семенами высота проростков в вариантах с химическими протравителями снизилась на 0,7–1,0 см (таблица 2).

Обработка инфицированных семян *Trichoderma* sp. + *Fischerella muscicola* стимулировала развитие проростков, их высота превышала этот показатель в контроле на 47 %.

Ризогенный эффект проявился в блоке вариантов без инфицирования семян. Так, длина корней у растений этих вариантов увеличилась до 20 % по сравнению с контролем.

#### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Минимальное распространение *Helminthosporium sativum* было зафиксировано в варианте с препаратом «Селест Топ» – 2 %, тогда как в контроле зараженность составила 12 %. Незначительно уступил вариант с обработкой семян биопрепаратом

*Trichoderma* sp. + *Fischerella muscicola* – микотическое инфицирование составило 6 %. Минимальная распространенность после инфицирования составила 2 % при обработке семян препаратом «Селест Топ», максимальная – в варианте с инфицированными семенами *Trichoderma* sp. + *Fischerella muscicola* (18 %).

Ростостимулирующее действие на проростки оказали химические протравители семян. Так, препараты «Селест Топ» и «Флудимакс» стимулировали развитие проростков, длина колебалась от 9,3 до 9,6 см по сравнению с контролем.

Обработка семян биопрепаратами на основе грибов *Trichoderma* sp. + *Fischerella muscicola* стимулировала развитие проростков, их высота превышала этот показатель по сравнению с контролем в 1,5 раза.

#### Библиографический список

1. Афанасенко О. С. Генетическая защита зерновых культур: итоги и перспективы // Защита и карантин растений. 2020. № 9. С. 3–7.
2. Черемисинов М. В., Емелев С. А. Влияние регуляторов роста и протравителей семян на площадь листьев ячменя // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: материалы VI Международной научно-практической конференции (к 125-летию Федерального аграрного научного центра Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого). Киров, 2020. С. 244–246.
3. Naik M. K., Telangre R., Sharma M. Distribution and pathogenic diversity in *Fusarium udum* butler isolates: the causal agent of pigeonpea *Fusarium* wilt // BMC Plant Biology. 2022. Vol. 22, No. 1. DOI: 10.1186/s12870-022-03526-8.
4. Costa M. M., Melo M. P., Guimarães E. A., Pfenning L. H., Saleh A. A., Esele J. P., Zeller K. A., Leslie J. F., Summerell B. A. *Fusarium mirum* sp. Nov, intertwining *Fusarium madaense* and *Fusarium andiyazi*, pathogens of tropical grasses // Fungal Biology. 2022. Vol. 126, Iss. 3. Pp. 250–266. DOI: 10.1016/j.funbio.2021.12.002.
5. Gagkaeva T. Yu., Orina A. S., Gomzhina M. M., Gavrilova O. P. *Fusarium bilaiae*, a new cryptic species in the *Fusarium fujikuroi* complex associated with sunflower // Mycologia. 2023. Vol. 115, No. 6. Pp. 787–801. DOI: 10.1080/00275514.2023.2259277.
6. Haidoulis J. F., Nicholson P. Different effects of phytohormones on *Fusarium* head blight and *Fusarium* root rot resistance in brachypodium distachyon // Journal of Plant Interactions. 2020. Vol. 15, No. 1. Pp. 335–344. DOI: 10.1080/17429145.2020.1820592.
7. Park Ch., Kim H., Lee D. W., Kim J., Choi Y. Identification of antifungal constituents of essential oils extracted from *boesenbergia pulcherrima* against *Fusarium* wilt (*Fusarium oxysporum*) // Applied Biological Chemistry. 2020. Vol. 63. No. 1. DOI: 10.1186/s13765-020-00518-w.
8. Podgórska-Kryszczuk I., Solarska E., Kordowska-Wiater M. Biological control of *Fusarium culmorum*, *Fusarium graminearum* and *Fusarium poae* by antagonistic yeasts // Pathogens. 2022. Vol. 11, No. 1. Article number 86. DOI: 10.3390/pathogens11010086.
9. Wang Sh., Bhattacharjee P., Gagkaeva T. Yu., Moe T., Wang Ya., Ruan Sh., Guo L. First report of *Fusarium sibiricum* causing *Fusarium* head blight of wheat in China // Plant Disease. 2023. Vol. 107. Article number 1622. DOI: 10.1094/PDIS-07-22-1620-PDN.
10. Xu M., Wang Q., Wang G., Zhang X., Liu H., Jiang C. Combatting *Fusarium* head blight: advances in molecular interactions between *Fusarium graminearum* and wheat // Phytopathology Research. 2022. Vol. 4, No. 1. DOI: 10.1186/s42483-022-00142-0.
11. Шулупова О. В. Влияние защитных и стимулирующих препаратов на степень поражения семян сортов ярового ячменя фитопатогенами // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2020. № 2 (61). С. 60–64.
12. Поставалов А. А., Суханова С. Ф., Курская Ю. А. Выявление факторов, определяющих микробиологическую активность биоценоза // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2022. Т. 14, № 1. С. 286–302. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-1-286-302.

13. Лукьянова О. В., Ступин А. С., Антошина О. А., Вавилова Н. В. Фитопатологическая экспертиза семян яровых зерновых культур // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2022. Т. 14, № 3. С. 29–38. DOI: 10.36508/RSATU.2022.32.77.005.

14. Ренгартен Г. А., Емелев С. А., Савиных Е. Ю., Черемисинов М. В. Использование лазерного мутагенеза в селекции растений в России и за рубежом // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 5. С. 55–61.

15. Ренгартен Г. А., Емелев С. А., Савиных Е. Ю., Черемисинов М. В. Итоги селекционной работы по зерновым культурам в вятском государственном агротехнологическом университете // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 5. С. 81–85.

16. Ренгартен Г. А. Использование химического мутагенеза в селекции растений в России и за рубежом // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 4. С. 42–46.

17. Ренгартен Г. А., Емелев С. А., Черемисинов М. В. Использование индуцированного мутагенеза с целью создания исходного материала ячменя в Вятской сельскохозяйственной академии // Вестник Вятской ГСХА. 2020. № 3 (5). С. 4–8.

#### Об авторах:

**Михаил Витальевич Черемисинов**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Вятский государственный агротехнологический университет, Киров, Россия; ORCID 0000-0002-4970-8961, AuthorID 817597.

E-mail: cheremisinov.mv@yandex.ru

**Григорий Анатольевич Ренгартен**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Вятский государственный агротехнологический университет, Киров, Россия; ORCID 0000-0001-7773-967X, AuthorID 818833.

E-mail: rengarten.g@gmail.com

#### References

1. Afanasenko O. S. Genetic protection of grain crops: results and prospects. *Plant protection and quarantine*. 2020; 9: 3–7. (In Russ.)

2. Cheremisinov M. V., Emelev S. A. Influence of growth regulators and seed protectants on the area of barley leaves. *Methods and technologies in plant breeding and crop production: materials of the VI International Scientific and Practical Conference (on the 125th anniversary of the N. V. Rudnitsky Federal Agrarian Scientific Center of the North-East)*. Kirov, 2020. Pp. 244–246. (In Russ.)

3. Naik M. K., Telangre R., Sharma M. Distribution and pathogenic diversity in *Fusarium udum* butler isolates: the causal agent of pigeonpea *Fusarium* wilt. *BMC Plant Biology*. 2022; 22 (1). DOI: 10.1186/s12870-022-03526-8.

4. Costa M. M., Melo M. P., Guimarães E. A., Pfenning L. H., Saleh A. A., Esele J. P., Zeller K. A., Leslie J. F., Summerell B. A. *Fusarium mirum* sp. Nov, intertwining *Fusarium madaense* and *Fusarium andiyazi*, pathogens of tropical grasses. *Fungal Biology*. 2022; 126 (3): 250–266. DOI: 10.1016/j.funbio.2021.12.002.

5. Gagkaeva T. Yu., Orina A. S., Gomzhina M. M., Gavrilova O. P. *Fusarium bilaiae*, a new cryptic species in the *Fusarium fujikuroi* complex associated with sunflower. *Mycologia*. 2023; 115 (6): 787–801. DOI: 10.1080/00275514.2023.2259277.

6. Haidoulis J. F., Nicholson P. Different effects of phytohormones on *Fusarium* head blight and *Fusarium* root rot resistance in brachypodium distachyon. *Journal of Plant Interactions*. 2020; 15 (1): 335–344. DOI: 10.1080/17429145.2020.1820592.

7. Park Ch., Kim H., Lee D. W., Kim J., Choi Y. Identification of antifungal constituents of essential oils extracted from boesenbergia pulcherrima against *Fusarium* wilt (*Fusarium oxysporum*). *Applied Biological Chemistry*. 2020; 63 (1). DOI: 10.1186/s13765-020-00518-w.

8. Podgórska-Kryszczuk I., Solarska E., Kordowska-Wiater M. Biological control of *Fusarium culmorum*, *Fusarium graminearum* and *Fusarium poae* by antagonistic yeasts. *Pathogens*. 2022; 11 (1): 86. DOI: 10.3390/pathogens11010086.

9. Wang Sh., Bhattacharjee P., Gagkaeva T. Yu., Moe T., Wang Ya., Ruan Sh., Guo L. First report of *Fusarium sibiricum* causing *Fusarium* head blight of wheat in China. *Plant Disease*. 2023; 107: 1622. DOI: 10.1094/PDIS-07-22-1620-PDN.

10. Xu M., Wang Q., Wang G., Zhang X., Liu H., Jiang C. Combatting *Fusarium* head blight: advances in molecular interactions between *Fusarium graminearum* and wheat. *Phytopathology Research*. 2022; 4 (1). DOI: 10.1186/s42483-022-00142-0.

11. Shulepova O. V. Influence of protective and stimulating compounds on the degree of damage to seeds of spring barley varieties by phytopathogens. *Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University*. 2020; 2 (61): 60–64. (In Russ.)



12. Postovalov A. A., Sukhanova S. F., Kurskaya Yu. A. Identification of factors determining microbiological activity of biocenosis. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2022; 14 (1): 286–302. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-1-286-302. (In Russ.)
13. Lukyanova O. V., Stupin A. S., Antoshina O. A., Vavilova N. V. Phytopathological examination of spring grain seeds. *Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev*. 2022; 14 (3): 29–38. DOI: 10.36508/RSATU.2022.32.77.005. (In Russ.)
14. Rengarten G. A., Emelev S. A., Savinykh E. Yu., Cheremisinov M. V. The use of laser mutagenesis in plant breeding in Russia and abroad. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2022; 5: 55–61. (In Russ.)
15. Rengarten G. A., Emelev S. A., Savinykh E. Yu., Cheremisinov M. V. Results of selection work on grain crops at Vyatka State Agrotechnological University. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2022; 5: 81–85. (In Russ.)
16. Rengarten G. A. The use of chemical mutagenesis in plant breeding in Russia and abroad. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2022; 4: 42–46. (In Russ.)
17. Rengarten G. A., Emelev S. A., Cheremisinov M. V. The use of induced mutagenesis in order to create the feedstocks of barley in the Vyatka Agricultural Academy. *Bulletin of the Vyatka State Agricultural Academy*. 2020; 3 (5): 4–8. (In Russ.)

**Authors' information:**

**Mikhail V. Cheremisinov**, candidate of agricultural sciences, associate professor, Vyatka State Agrotechnological University, Kirov, Russia; ORCID 0000-0002-4970-8961, AuthorID 817597.

*E-mail: cheremisinov.mv@yandex.ru*

**Grigoriy A. Rengarten**, candidate of agricultural sciences, associate professor, Vyatka State Agrotechnological University, Kirov, Russia; ORCID 0000-0001-7773-967X, AuthorID 818833. *E-mail: rengarten.g@gmail.com*