

УДК 632.937:632.935.4

DOI 10.30679/2219-5335-2021-5-71-256-265

**ВЛИЯНИЕ
ЛАЗЕРНОГО ОБЛУЧЕНИЯ
НА АКТИВНОСТЬ ГРИБОВ
РОДА *TRICHODERMA***

Грошева Екатерина Владимировна¹
научный сотрудник
научно-исследовательской
проблемной лаборатории «Биофотоника»
e-mail: ekaterina2687@mail.ru

Маслова Марина Витальевна¹
канд. с.-х. наук
старший научный сотрудник
научно-исследовательской
проблемной лаборатории «Биофотоника»
e-mail: marinamaslova2009@mail.ru

Будаговский Андрей Валентинович^{1,2}
д-р техн. наук
¹заведующий научно-исследовательской
проблемной лабораторией «Биофотоника»
²ведущий научный сотрудник
e-mail: budagovsky@mail.ru

Будаговская Ольга Николаевна^{1,2}
д-р техн. наук
¹ведущий научный сотрудник
научно-исследовательской
проблемной лаборатории «Биофотоника»
²ведущий научный сотрудник
e-mail: budagovsky@mail.ru

¹Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
«Мичуринский государственный
аграрный университет»,
Мичуринск, Россия

²ФГБНУ «Федеральный научный центр
имени И.В. Мичурина»
Мичуринск, Россия

Грибы рода *Trichoderma* известны
как антагонисты фитопатогенов,
в связи с этим они используются в качестве

UDC 632.937:632.935.4

DOI 10.30679/2219-5335-2021-5-71-256-265

**THE EFFECT
OF LASER IRRADIATION
ON THE ACTIVITY OF FUNGI
GENUS *TRICHODERMA***

Grosheva Ekaterina Vladimirovna¹
Research Associate
of the Research Problem
Laboratory «Biophotonics»
e-mail: ekaterina2687@mail.ru

Maslova Marina Vitalievna
Cand. Agr. Sci.
Senior Research Associate
of Research Problem Laboratory
«Biophotonics»
e-mail: marinamaslova2009@mail.ru

Budagovsky Andrey Valentinovich^{1,2}
Dr. Sci. Tech.
¹Head of the Research Problem
Laboratory «Biophotonics»
²Leading Research Associate
e-mail: budagovsky@mail.ru

Budagovskaya Olga Nikolaevna^{1,2}
Dr. Sci. Tech.
¹Leading Research Associate
of Research Problem Laboratory
«Biophotonics»
²Leading Research Associate
e-mail: budagovsky@mail.ru

¹Federal State Budgetary
Educational Institution
«Michurinsky State
Agrarian University»,
Michurinsk, Russia

²FGBNU «Federal Scientific Center
named after I. V. Michurin»
Michurinsk, Russia

Fungi of the genus *Trichoderma*
are known as antagonists
of phytopathogens; therefore, they are used

основы для ряда препаратов биологической защиты растений. Однако низкая скорость размножения и колонизации у данных грибов и не полное уничтожение возбудителей болезней являются основными проблемами для их широкого внедрения в сельскохозяйственное производство. Одним из перспективных направлений стимуляции микромицетов является облучение когерентным светом. Это позволит управлять их различными физиологическими процессами, в том числе ростом, развитием и синтезом продуцентов. Сравнительное изучение эффективности применения гелий-неонового и полупроводникового лазеров для обработки гриба *T. Lignorum* показало, что на более эффективных длительностях экспозиций (240 с для гелий-неонового, 60 и 240 с для полупроводникового лазеров) отмечался максимальный рост и развитие Мицелия (5 баллов). С учетом того, что рост колоний гриба в контроле был оценен на 2,66 балла лазерная стимуляция составила 87,9 %. При этом применение полупроводникового и гелий-неонового лазеров оказалось одинаково эффективным, различия в данных вариантах эксперимента не существенны и находятся в пределах стандартной ошибки среднего значения. Отмечено повышение антифунгальной активности *T. Harzianum* в отношении гриба *A. Alternata* после использования полупроводникового лазера для обработки агента биоконтроля, где наблюдалось полное отсутствие роста патогена. При этом в контроле (без облучения) рост тестера составил 1,59 балла. Полученные данные свидетельствуют о положительном влиянии когерентного света на эффективность защитных биопрепаратов, содержащих грибы рода *Trichoderma* посредством повышения их физиологической активности.

Ключевые слова. БИОПРЕПАРАТЫ, TRICHODERMA, ЛАЗЕРНАЯ СТИМУЛЯЦИЯ

as a basis for a number of biological plant protection drugs. However, the low rate of reproduction and colonization of these fungi and incomplete elimination of pathogens are the main problems for their widespread introduction into agricultural production. One of the promising areas of stimulation of micromycetes is irradiation with coherent light. This will make it possible to manage their various physiological processes, including the growth, development and synthesis of producers. A comparative study of the effectiveness of the use of helium-neon and semiconductor lasers for the treatment of the fungus *T. lignorum* showed that at more effective exposure times (240 s for helium-neon, 60 and 240 s for semiconductor lasers), the maximum growth and development of mycelium was observed (5 points). Taking into account that the growth of fungal colonies in the control was estimated at 2,66 points, laser stimulation was 87,9%. In this case, the use of semiconductor and helium-neon lasers turned out to be equally effective, the differences in these variants of the experiment are insignificant and are within the standard error of the mean value. An increase in the antifungal activity of *T. harzianum* against the fungus *A. alternata* after using a semiconductor laser to treat a biocontrol agent, where no pathogen growth was observed. At the same time, in the control (without irradiation), the growth of the tester was 1,59 points. The obtained data indicate a positive effect of coherent light on the effectiveness of protective biopreparations containing fungi of the genus *Trichoderma* by increasing their physiological activity.

Key words: BIOPREPARATION, TRICHODERMA, LASER STIMULATION

Введение. Грибы рода *Trichoderma* выступают в качестве антагонистических микроорганизмов, выполняющих роль защитников растений [1-4]. Это связано с их возможностью использовать целлюлозу в качестве источника энергии, что создает конкуренцию фитопатогенным микроорганизмам, сохраняющимся и развивающимся на мертвых остатках растений. Отмечено, что виды рода *Trichoderma* проявляют микопаразитизм, они способны синтезировать антибиотические вещества, напрямую подавляющие развитие фитопатогенов [5-10].

Наиболее распространенными и эффективными методами применения препаратов на основе грибов *Trichoderma* являются обработка семян, рассады, корневой системы саженцев, почвы и внекорневая подкормка [7, 11-14].

В условиях Красноярского края проведены исследования в области взаимоотношения гриба *Trihoderma lignorum* с почвенной и ризосферной микрофлорой огурцов и томатов в защищенном грунте. Отмечено, что из 260 штаммов продуцент триходермина оказывал подавляющее действие на 77,7 % штаммов; подавлял 85,5 % штаммов грибов, 78,4 % актиномицетов и 71,3 % штаммов бактерий. Установлена не только эффективность препарата в борьбе с корневыми гнилями зерновых, прикорневыми (белой и серой) гнилями, аскохитозом и др. пятнистостями овощных культур, но и определено его место в биологической защите как овощных, так и полевых культур [15].

Выявлено защитное действие биопрепарата Триходермин на основе *Trihoderma lignorum* против комплекса патогенов при обработке внутренней поверхности теплиц и конструкций 2 % споровой суспензией препарата [14].

В экологическом отношении виды *Trichoderma* являются сильными конкурентами и имеют способность расти в различных экосистемах, а также во всех климатических регионах [7].

Средства защиты растений на основе грибов *Trichoderma* используют как отдельно, так и в комплексе с другими биопрепаратами. При использовании с Гаупсином и Планризом против возбудителей болезней томатов и

огурцов защищенного грунта отмечено положительное влияние данного комплекса на энергию прорастания семян, усиление роста и развития растений, показана высокая эффективность против корневых гнилей [16].

Была исследована совместная обработка семян и посевов яровой пшеницы биопрепаратами на основе *Trichoderma viride* и *Bacillus subtilis* на фитосанитарное состояние семян, посевов и урожайность зерна. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что при слабом развитии корневых гнилей в посевах яровой пшеницы, возможна замена химических протравителей биологическими препаратами [17].

На трех сортах перца в Венгрии проводилось изучение влияния комплексных микробных обработок на проявление защитных реакций растений и их урожайность. Наилучшие результаты были получены в вариантах с комбинацией трех инокулянтов (*Trichoderma sp.*, *Pseudomonas fluorescens*, грибы арбускулярной микоризы), в то время как различные реакции на индукцию защитных ферментов были обнаружены и при других микробных обработках, в зависимости от специфических взаимодействий между микробом и генотипом перца [18].

Грибы рода *Trichoderma* имеют многоцелевое применение, их можно использовать в качестве биоремедиатора и биоудобрения, так как они делают питательные вещества доступными для растений с помощью различных биологических процессов [7, 19].

Однако низкая скорость размножения и колонизации у грибов рода *Trichoderma*, а также неполное уничтожение патогенов являются основными проблемами для широкого внедрения в сельскохозяйственное производство [7]. Одним из перспективных направлений стимуляции грибов является использование лазерных источников излучения. Их применение позволяет управлять различными физиологическими процессами, в том числе ростом и синтезом продуцентов у грибов [20, 21].

Цель данной работы – изучение возможности использования полупроводникового и гелий-неонового лазеров для стимуляции роста мицелия и синтеза антифунгальных веществ у грибов рода *Trichoderma*.

Объекты и методы исследований. Работа проведена в научно-исследовательской проблемной лаборатории «Биофотоника» ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет». Оценка влияния лазерного облучения на рост колоний гриба *Trichoderma lignorum*, входящего в состав препарата Триходермин, проводилась с использованием гелий-неонового ($\lambda=630$ нм) и полупроводникового ($\lambda=660$ нм) лазеров при плотности мощности 2,5 Вт/м².

Посев гриба проводили на поверхность плотной среды Чапека точкой в центр чашки Петри. На следующий день колонии облучали гелий-неоновым и полупроводниковым лазером. По мере развития колоний проводили оценку роста мицелия и споруляции по 6-ти бальной шкале:

- 5 баллов – активная споруляция, густой мицелий;
- 4 балла – средний уровень роста и споруляции;
- 3 балла – ослабленная споруляция, разреженный мицелий;
- 2 балла – слабый рост мицелия и споруляция;
- 1 балл – очень слабый рост мицелия, отсутствие спороношения;
- 0 баллов – отсутствие роста мицелия.

Антагонизм микромицета *T. harzianum*, входящего в состав препарата Глиокладин, в отношении патогенного гриба *A. alternata* определяли путем посева суспензии клеток тестера на твердые питательные среды, содержащие живые клетки биоагента. Для этого биопрепарат добавляли в питательную картофельно-глюкозную среду в количестве, соответствующем содержанию в рабочем растворе по рекомендации производителя. Предварительно готовили суспензии, часть их облучали полупроводниковым лазером (длительность экспозиции – 240 с, длина волны

660 нм, плотность мощности 2,5 Вт/м²), затем добавляли в расплавленный картофельно-глюкозный агар и разливали по чашкам Петри. Поверхность питательных сред засеивали 0,5 мл суспензии клеток гриба *Alternaria*. Чашки Петри выдерживали при температуре 22...24 °С. После чего оценивали рост колоний гриба-тестера в баллах.

Обсуждение результатов. Проводилось сравнительное изучение эффективности применения гелий-неонового и полупроводникового лазеров для обработки гриба *T. lignorum*. Было установлено, что после облучения формировались колонии с более густым мицелием и активным спороношением. В опыте с применением полупроводникового и гелий-неонового лазеров состояние образованных колоний было оценено на 4,46 и 4,49 балла соответственно, в контроле этот же показатель составил 2,66 балла. На более эффективных длительностях экспозициях при использовании гелий-неонового (240 с) и полупроводникового (60 с и 240 с) лазеров стимуляция составила 87,9 %, а рост гриба 5 баллов.

Проведенный эксперимент с использованием в качестве модельного объекта гриба *T. lignorum* указывает, что рост и развитие мицелия одинаково активизируется как излучением полупроводникового, так и гелий-неонового лазеров, различия в данных вариантах эксперимента не существенны и находятся в пределах стандартной ошибки среднего значения (рис.).

Для определения степени эффективности воздействия лазерного облучения на синтез антифунгальных метаболитов *T. harzianum* проводился посев патогена *A. alternata* на среды, содержащие живые клетки гриба из препарата Глиокладин, обработанные когерентным светом. По результатам предыдущего опыта установлено, что наиболее выраженная лазерная стимуляция функциональной активности *T. lignorum* наблюдается при облучении когерентным светом в течение 240 с. В связи с этим данная длительность экспозиции была нами выбрана для обработки *T. harzianum*.

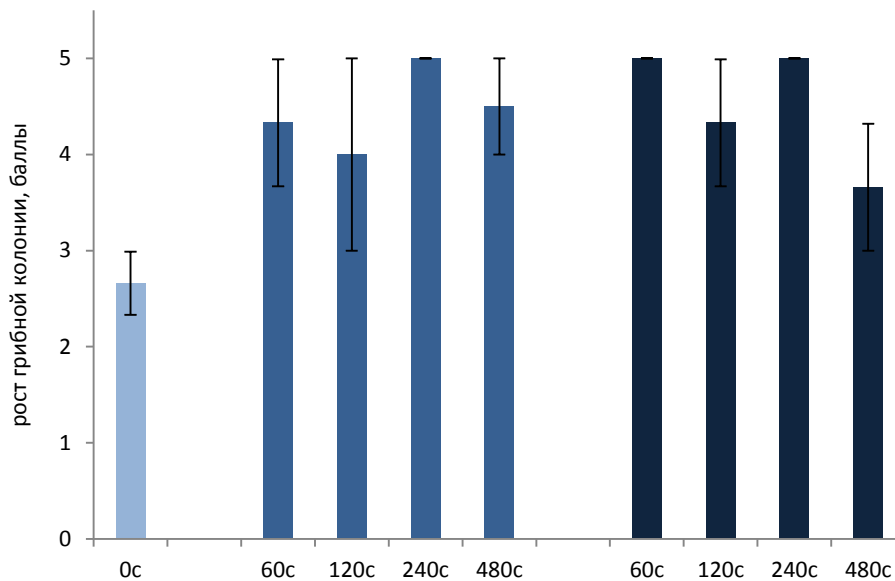


Рис. Влияние лазерного облучения на развитие гриба *T. lignorum*.

Повышение антифунгальной активности биоагентов в отношении исследуемого патогенного гриба было выявлено в варианте опыта с использованием когерентного света, где наблюдалось полное отсутствие роста патогена. При этом в контроле (без облучения) рост тестера составил 1,6 балла. Таким образом, облучение *T. harzianum* способствовало проявлению выраженного фунгицидного действия.

Выводы. Полученные данные свидетельствуют о стимулирующем влиянии когерентного света на эффективность защитных биопрепаратов, содержащих грибы рода *Trichoderma* посредством повышения их физиологической активности, выражающейся в интенсивном росте мицелия и продукции антифунгальных метаболитов.

Результаты исследований позволяют рассматривать свет в качестве регуляторного фактора, который может использоваться в технологиях культивирования *Trichoderma* и при подготовке рабочих растворов препаратов на её основе для повышения эффективности биологической защиты растений от патогенов с использованием данных грибов.

Литература

1. Ghazanfar M. U., Raza M., Raza W., Qamar M. I. *Trichoderma* as potential biocontrol agent, its exploitation in agriculture: a review // Plant Protection. 2018. V. 2. N. 3. P. 109-135.
2. Nawrocka J., Szczech M., Małolepsza U. *Trichoderma atroviride* enhances phenolic synthesis and cucumber protection against *Rhizoctonia solani* // Plant Protection Science. 2017. V. 54. N. 1. P. 17-23.
3. Coppola, M., Cascone, P., Lelio, I. D., Woo, S. L., Lorito, M., Rao, R., & Digilio, M. C. *Trichoderma atroviride* P1 colonization of tomato plants enhances both direct and indirect defense barriers against insects // Frontiers in physiology. 2019. V. 10. P. 813.
4. Fotoohiyani, Z., Rezaee, S., Bonjar, G. H. S., Mohammadi, A. H., & Moradi, M. Biocontrol potential of *Trichoderma harzianum* in controlling wilt disease of pistachio caused by *Verticillium dahliae* // Journal of plant protection research. 2017. V. 57. N. 2. P. 185-193.
5. Харитончик А.Р. Выделение и изучение изолятов грибов рода Триходерма // Биологически активные препараты для растениеводства. Минск, 2020. С. 192.
6. Алимова, Ф.К. Современная система *Trichoderma*/Нурореа // Ученые записки Казанского государственного университета. Естественные науки [Электронный ресурс]. 2005. Т. 147. № 2. С. 28-55. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennaya-sistema-trichoderma-hypocrea>.
7. Afzal I., Sabir A., Sikandar S. *Trichoderma*: Biodiversity, Abundances, and Biotechnological Applications // Recent Trends in Mycological Research. Springer, Cham, 2021. P. 293-315.
8. Marra, R., Lombardi, N., d'Errico, G., Troisi, J., Scala, G., Vinale, F., & Lorito, M. Application of *Trichoderma* strains and metabolites enhances soybean productivity and nutrient content // Journal of agricultural and food chemistry. 2019. V. 67. N. 7. P. 1814-1822.
9. Gaderer R., Lamdan N. L., Frischmann A., Sulyok M., Krska R., Horwitz B. A., & Seidl-Seiboth V. Sm2, a paralog of the *Trichoderma* cerato-platanin elicitor Sm1, is also highly important for plant protection conferred by the fungal-root interaction of *Trichoderma* with maize // BMC microbiology. 2015. V. 15. N 1. P. 1-9.
10. Atanasova, L., Le Crom, S., Gruber, S., Couplier, F., Seidl-Seiboth, V., Kubicek, C. P., & Druzhinina, I. S. Comparative transcriptomics reveals different strategies of *Trichoderma* mycoparasitism // BMC genomics. 2013. V. 14. N 1. P. 1-15.
11. Мельник А., Кирик Н. Влияние биофунгицидов на развитие возбудителей альтернариоза картофеля // Instrumentul Bibliometric Național. Simpozionul «Protecția plantelor – realizări și perspective» (Кишинев, Moldova, 27-28 octombrie 2020). 2020. V. 57. P. 227-230.
12. Влияние применения биологических препаратов на продуктивность сои / В. С. Задорожный [и др.] // Земледелие и защита растений. 2020. № 2. С. 49-52.
13. Горб Е. А., Барайшук Г. В. Влияние экологически безопасных препаратов на развитие саженцев древесно-кустарниковых пород // Роль агрономической науки в оптимизации технологий возделывания сельскохозяйственных культур: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию работы кафедры растениеводства ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА в Удмуртии. Ижевск. 2020. Агрономия. С. 381-385.
14. Ахмедова П.М. Урожайность гибридов томата в зимне-весеннем обороте и их защита в условиях защищенного грунта // Горное сельское хозяйство. 2020. № 2. С. 135-134.

15. Козулина Н. С., Василенко А. В., Василенко А. А. Роль биопрепаратов в защите зерновых культур от комплекса болезней // Проблемы современной аграрной науки. 2020. С. 112-114.

16. Ткаленко А., Ходорчук В., Борзых О. Применение биологических препаратов в плодовых и овощных агроценозах // Instrumentul Bibliometric Național. Simpozionul «Protecția plantelor – realizări și perspective» (Кишинев, Moldova, 27-28 octombrie 2020). 2020. V. 57. P.149-152.

17. Власенко Н.Г., Егорычева М.Т., Бурлакова С.В. Биопрепараты для защиты яровой пшеницы от болезней // Современная биотехнология: актуальные вопросы, инновации и достижения. 2020. С. 193-195.

18. Duc, N. H., Mayer, Z., Pék, Z., Helyes, L., & Posta, K. Combined inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi, *Pseudomonas fluorescens* and *Trichoderma spp.* for enhancing defense enzymes and yield of three pepper cultivars // Applied ecology and environmental research. – 2017. – Т. 15. – №. 3. – С. 1815-1829.

19. Bhandari S. et al. An overview of multifaceted role of *Trichoderma spp.* for sustainable agriculture // Archives of Agriculture and Environmental Science. 2021. V. 6. N. 1. P. 72-79.

20. Поединок Н.Л., Сиваш А.А., Негрейко А.М. Рост *Ganoderma lucidum* в глубинной и поверхностной культуре после световых воздействий // Современное состояние и перспективы развития микробиологии и биотехнологии. Минск. 2006. С. 164-169.

21. Поединок Н.Л. Световая регуляция роста и меланинообразования у *Inonotus obliquus* (Pers.) Pilat // Biotechnologia Acta. 2013. V. 6. N. 2. P. 115-120.

References

1. Ghazanfar M. U., Raza M., Raza W., Qamar M. I. *Trichoderma* as potential biocontrol agent, its exploitation in agriculture: a review // Plant Protection. 2018. V. 2. N. 3. P. 109-135.

2. Nawrocka J., Szczech M., Małolepsza U. *Trichoderma atroviride* enhances phenolic synthesis and cucumber protection against *Rhizoctonia solani* // Plant Protection Science. 2017. V. 54. N. 1. P. 17-23.

3. Coppola, M., Cascone, P., Lelio, I. D., Woo, S. L., Lorito, M., Rao, R., & Digilio, M. C. *Trichoderma atroviride* P1 colonization of tomato plants enhances both direct and indirect defense barriers against insects // Frontiers in physiology. 2019. V. 10. P. 813.

4. Fotoohiyan, Z., Rezaee, S., Bonjar, G. H. S., Mohammadi, A. H., & Moradi, M. Biocontrol potential of *Trichoderma harzianum* in controlling wilt disease of pistachio caused by *Verticillium dahliae* // Journal of plant protection research. 2017. V. 57. N. 2. P. 185-193.

5. Haritonchik A.R. Vydelenie i izuchenie izolyatov gribov roda *Trichoderma* // Biologicheski aktivnye preparaty dlya rasteniievodstva. Minsk, 2020. S. 192.

6. Alimova, F.K. Sovremennaya sistema *Trichoderma/Hypocrea* // Uchenye zapiski Kazanskogo gosudarstvennogo universiteta. Estestvennye nauki [Elektronnyj resurs]. 2005. T. 147. № 2. S. 28-55. Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennaya-sistema-trichoderma-hypocrea>.

7. Afzal I., Sabir A., Sikandar S. *Trichoderma*: Biodiversity, Abundances, and Biotechnological Applications // Recent Trends in Mycological Research. Springer, Cham, 2021. P. 293-315.

8. Marra, R., Lombardi, N., d'Errico, G., Troisi, J., Scala, G., Vinale, F., & Lorito, M. Application of *Trichoderma* strains and metabolites enhances soybean productivity and nutrient content // *Journal of agricultural and food chemistry*. 2019. V. 67. N. 7. P. 1814-1822.
9. Gaderer R., Lamdan N. L., Frischmann A., Sulyok M., Krska R., Horwitz B. A., & Seidl-Seiboth V. Sm2, a paralog of the *Trichoderma* cerato-platanin elicitor Sm1, is also highly important for plant protection conferred by the fungal-root interaction of *Trichoderma* with maize // *BMC microbiology*. 2015. V. 15. N 1. P. 1-9.
10. Atanasova, L., Le Crom, S., Gruber, S., Couplier, F., Seidl-Seiboth, V., Kubicek, C. P., & Druzhinina, I. S. Comparative transcriptomics reveals different strategies of *Trichoderma* mycoparasitism // *BMC genomics*. 2013. V. 14. N 1. P. 1-15.
11. Mel'nik A., Kirik N. Vliyanie biofungicidov na razvitie vzbuditelej al'ternarioza kartofelya // Instrumentul Bibliometric Național. Simpozionul «Protecția plantelor – realizări și perspective» (Kishinev, Moldova, 27-28 octombrie 2020). 2020. V. 57. P. 227-230.
12. Vliyanie primeneniya biologicheskikh preparatov na produktivnost' soi / V. S. Zadorozhnyj [i dr.] // *Zemledelie i zashchita rastenij*. 2020. № 2. S. 49-52.
13. Gorb E. A., Barajshchuk G. V. Vliyanie ekologicheskii bezopasnyh preparatov na razvitie sazhencev drevesno-kustarnikovyh porod // Rol' agronomicheskoy nauki v optimizacii tekhnologij vozdeleyvaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 65-letiyu raboty kafedry rastenievodstva FGBOU VO Izhevskaya GSHA v Udmurtii. Izhevsk. 2020. Agronomiya. S. 381-385.
14. Ahmedova P.M. Urozhajnost' gibridov tomata v zimne-vesennem oborote i ih zashchita v usloviyah zashchishchennogo grunta // *Gornoe sel'skoe hozyajstvo*. 2020. № 2. S. 135-134.
15. Kozulina N. S., Vasilenko A. V., Vasilenko A. A. Rol' biopreparatov v zashchite zernovyh kul'tur ot kompleksa boleznej // *Problemy sovremennoj agrarnoy nauki*. 2020. S. 112-114.
16. Tkalenko A., Hodorchuk V., Borzyh O. Primenenie biologicheskikh preparatov v plodovyh i ovoshchnyh agrocenozah // Instrumentul Bibliometric Național. Simpozionul «Protecția plantelor – realizări și perspective» (Kishinev, Moldova, 27-28 octombrie 2020). 2020. V. 57. P.149-152.
17. Vlasenko N.G., Egorycheva M.T., Burlakova S.V. Biopreparaty dlya zashchity yarovoj pshenicy ot boleznej // *Sovremennaya biotekhnologiya: aktual'nye voprosy, innovacii i dostizheniya*. 2020. S. 193-195.
18. Duc, N. H., Mayer, Z., Pék, Z., Helyes, L., & Posta, K. Combined inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi, *Pseudomonas fluorescens* and *Trichoderma* spp. for enhancing defense enzymes and yield of three pepper cultivars // *Applied ecology and environmental research*. – 2017. – T. 15. – №. 3. – S. 1815-1829.
19. Bhandari S. et al. An overview of multifaceted role of *Trichoderma* spp. for sustainable agriculture // *Archives of Agriculture and Environmental Science*. 2021. V. 6. N. 1. P. 72-79.
20. Poedinok N.L., Sivash A.A., Negrejko A.M. Rost *Ganoderma lucidum* v glubinoj i poverhnostnoj kul'ture posle svetovyh vozdeystvij // *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya mikrobiologii i biotekhnologii*. Minsk. 2006. S. 164-169.
21. Poedinok N.L. Svetovaya regulyaciya rosta i melaninoobrazovaniya u *Inonotus obliquus* (Pers.) Pilat // *Biotechnologia Acta*. 2013. V. 6. N. 2. P. 115-120.