

СЕКЦИЯ 2. ИНТРОДУКЦИЯ И АККЛИМАТИЗАЦИЯ РАСТЕНИЙ.
ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ РАСТЕНИЙ. ООПТ

DOI: 10.58168/FBFSNAP2024_89-95

УДК 579.64

АНТАГОНИСТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ МИКРОМИЦЕТОВ РОДА *TRICHODERMA*
ПО ОТНОШЕНИЮ К ГРИБКОВЫМ ВОЗБУДИТЕЛЯМ ЗАБОЛЕВАНИЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Е.Г. Абрамова¹, А.С. Вострикова¹, С.В. Кирьянова²

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия

²ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»
г. Калининград, Россия

Аннотация. За последние годы отмечено увеличение числа заболеваний, вызванных фитопатогенными грибами. Эти возбудители поражают растения на разных стадиях их роста и производства сельскохозяйственной продукции. В то же время всё большее предпочтение отдается биологическому контролю в сравнении с агротехническими мероприятиями традиционного характера, например, обработкой химическими фунгицидами. В связи с этим особую актуальность приобретает исследование культур, конкурирующих с патогенами и подавляющих их. К их числу принадлежат микромицеты рода *Trichoderma*. Они уже неоднократно становились предметом исследований, направленных на изучение их антагонистической активности, в том числе с целью разработки стратегий повышения эффективности биологического контроля. Но, несмотря на это, информация, касающаяся специфики ряда видов микромицетов рода *Trichoderma*, их возможностей и перспектив применения, остаётся неизученной. В настоящей работе мы обращаемся к рассмотрению антагонистической активности штаммов микромицетов рода *Trichoderma* (*T.longibrachiatum*, *T.harzianum* и *T.asperellum*) по отношению к грибам родов *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Alternaria* и *Mucor*, вызывающим заболевания сельскохозяйственных растений и человека, с дальнейшим их использованием в разработке биопрепарата для защиты растений.

Ключевые слова: биологическая защита растений, биологический контроль, грибковые заболевания растений, фунгициды, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Trichoderma*.

ANTAGONISTIC ACTIVITY OF MICROMYCETES OF THE GENUS *TRICHODERMA* IN RELATION TO FUNGAL CAUSES OF DISEASES OF AGRICULTURAL PLANTS

E.G. Abramova¹, A.S. Vostrikova¹, S.V. Kiryanova²

*Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia*

²*Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia*

Abstract. In recent years, there has been an increase in the number of diseases caused by phytopathogenic fungi. These pathogens infect plants at different stages of their growth and agricultural production. At the same time, increasing preference is given to biological control in comparison with traditional agrotechnical measures, for example, treatment with chemical fungicides. In this regard, the study of crops that compete with pathogens and suppress them is of particular relevance. These include micromycetes of the genus *Trichoderma*. They have repeatedly become the subject of research aimed at studying their antagonistic activity, including with the aim of developing strategies to increase the effectiveness of biological control. But, despite this, information regarding the specifics of a number of species of micromycetes of the genus *Trichoderma*, their capabilities and prospects for use remains unstudied. In this work, we turn to the consideration of the antagonistic activity of strains of micromycetes of the genus *Trichoderma* (*T.longibrachiatum*, *T.harzianum* and *T.asperellum*) in relation to fungi of the genera *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Alternaria* and *Mucor*, causing diseases of agricultural plants and humans, with their further use in the development of a biological product for plant protection.

Key words: biological plant protection, biological control, fungal plant diseases, fungicides, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Trichoderma*.

Введение

К числу наиболее распространенных поражений сельскохозяйственных культур принадлежат заболевания, вызванные мицелиальными грибами. Они представляют серьезную проблему для агрономии, становясь причиной значительных потерь урожая и снижения его качества [1,4]. Традиционные методы контроля грибковых заболеваний, такие, как соблюдение агротехнических мероприятий, выбор устойчивых сортов растений, обработка химическими фунгицидами и т.д., могут не только демонстрировать недостаточную эффективность, но и оказывать отрицательное воздействие на окружающую среду и здоровье человека [1]. Альтернативным подходом к борьбе с болезнями растений считается биологический контроль с использованием микроорганизмов, способных конкурировать с патогенами и помогать растениям в борьбе с заболеваниями [2]. В связи с этим поиск биологических агентов для борьбы с возбудителями микозов сельскохозяйственных растений стал актуальной задачей. Для многих сельскохозяйственных культур представляют особую опасность грибы родов *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Mucor* и *Alternaria* - возбудители гнилей, пятнистости и мучнистой росы растений. Большинство грибов этих родов являются возбудителями не только заболеваний растений, но и таких

заболеваний человека, как аспергиллез, мукормикозы, дерматит, тяжелые формы бронхиальной астмы и т.д. Существующие биопрепараты на основе грибов рода *Trichoderma* показали высокую эффективность против фитопатогенных грибов родов *Botrytis*; *Verticillium*; *Colletotrichum*; *Fusarium*; *Helminthosporium*; *Pythium*; *Phoma*; *Phytophthora* [3,5]. Благодаря своей способности подавлять рост и развитие широкого спектра грибковых патогенов микромицеты рода *Trichoderma*, широко распространённые в почве и на растениях, являются потенциально ценными агентами биоконтроля. В настоящее время они проявили себя не только как средство борьбы с возбудителями большого количества болезней, но и как стимуляторы роста и иммуностимуляторы растений [4]. Антагонистические взаимодействия грибов рода *Trichoderma* уже широко используются в практике защиты растений. Проявления антагонизма этих грибов выражаются через разнообразные механизмы, включая микопаразитизм, конкуренцию за питательные вещества, продукцию биологически активных веществ, угнетающих или полностью подавляющих жизненные процессы ряда фитопатогенных грибов и бактерий, индуцирование системной резистентности растений [2]. Антагонистическая активность грибов рода *Trichoderma* по отношению ко многим фитопатогенам делает их перспективными для использования в качестве агентов биологического контроля грибковых заболеваний и обуславливает их применение в качестве биофунгицидов [2,3,5]. Однако, несмотря на множество работ, посвященных антагонистической активности микромицетов рода *Trichoderma*, антагонизм детально изучен лишь для нескольких видов. Этим определяется необходимость обратиться к исследованию антагонистической активности штаммов микромицетов рода *Trichoderma* (*T.longibrachiatum*, *T.harzianum* и *T.asperellum*), чему и посвящена настоящая работа. Более глубокого исследования требуют также механизмы действия указанных микромицетов и оптимизация условий их применения с целью разработки новых стратегий обеспечения устойчивости и повышения эффективности биологического контроля, что делает настоящее исследование перспективным для сельского хозяйства.

Цель исследования – изучение антагонистической активности штаммов микромицетов рода *Trichoderma* (*T.longibrachiatum*, *T.harzianum* и *T.asperellum*) по отношению к грибам родов *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Alternaria* и *Mucor*, вызывающим заболевания сельскохозяйственных растений и дальнейшего их использования в разработке биопрепарата для защиты растений.

Материалы и методы исследований. В качестве основных объектов исследования использовали штаммы микромицетов рода *Trichoderma* (*T.longibrachiatum*, *T.harzianum*, *T.asperellum*), обладающих антагонистической активностью в отношении многих фитопатогенов. В качестве тест-культур выступали грибы родов *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Alternaria* и *Mucor*. Штаммы микроорганизмов были получены из Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов (ВКПИМ). Микроорганизмы культивировались на среде сусло-агар при температурах, указанных для каждого штамма на сайте коллекции. Перед постановкой экспериментов по совместному культивированию проводилось не более трех пересевов культур.

Антагонистические свойства микромицетов *T. longibrachiatum*, *T. harzianum* и *T. asperellum* по отношению к грибам родов *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Alternaria* и *Mucor* изучали

методом встречных (двойных) культур на твердой картофельно-сахарозной питательной среде [5]. Двойные культуры инкубировались при температуре $27 \pm 0,5$ °С., учет проводили на 3-и, 5-е и 10-е сутки культивирования. Отмечали рост тест-гриба, степень ингибирования роста мицелия гриба и антагониста по площади, занимаемой исследуемой культурой, характер их взаимодействия. Все опыты проводились в трех повторностях.

Результаты и их обсуждение. Антагонистическая активность широко используемого в составе биопрепаратов фунгицидного действия гриба *Trichoderma harzianum* по отношению к грибам родов *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Alternaria* и *Mucor* представлена на рисунке 1.

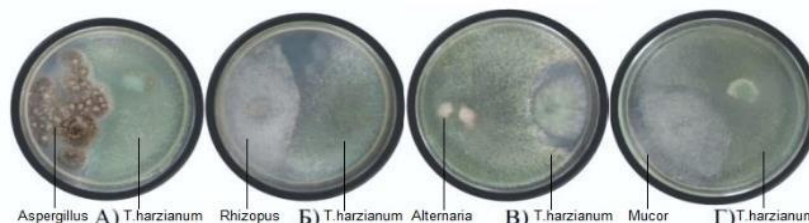


Рисунок 1 – Антагонистическая активность грибов *T. harzianum* против
а) *Aspergillus*, б) *Rhizopus*, в) *Alternaria*, г) *Mucor*, 5-сутки роста

На приведенном рисунке видно, что при совместном культивировании и одновременном посеве гриба-антагониста *Trichoderma harzianum* и *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Alternaria* и *Mucor*, на пятые сутки отмечается ограничение роста тест-культуры, интенсивное развитие и спороношение гриба *Trichoderma harzianum*. В последующие дни замечено нарастание антагониста на колонии *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Alternaria* и *Mucor* и постепенное их угнетение (см. Рисунок 2).

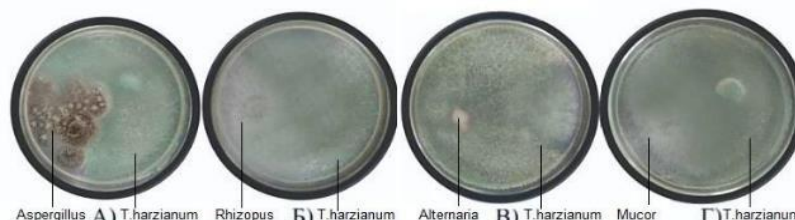


Рисунок 2 – Антагонистическая активность грибов *T. harzianum* против
а) *Aspergillus*, б) *Rhizopus*, в) *Alternaria*, г) *Mucor*, 10-сутки роста

Интересно, что использованная культура гриба *Trichoderma harzianum* проявляет различные антагонистические свойства по отношению к тест-культурам, как видно по различным значениям площади, занимаемой культурой-антагонистом на чашке с агаризованной средой (см. Таблица 1).

Таблица 1. Антагонистическая активность культуры гриба *T. harzianum*

Культура-антагонист	Время, сут	Площадь, занимаемая антагонистом, %			
		<i>Aspergillus</i>	<i>Rhizopus</i>	<i>Alternaria</i>	<i>Mucor</i>
<i>Trichoderma harzianum</i>	3	44	50	50	68
	5	68	61	98	75
	10	75	98	99	95

Из таблицы видно, что наиболее сильный антагонизм штамм *Trichoderma harzianum* проявляет против грибов родов *Rhizopus*, *Alternaria* и *Mucor*. Против гриба рода *Aspergillus* *Trichoderma harzianum* проявляет более умеренный антагонизм.

Таким образом, проведенный эксперимент показал, что данный штамм гриба проявляет антагонизм по отношению к *Rhizopus*, *Mucor*, *Alternaria*, *Aspergillus*, хотя и в разной степени.

Результаты исследований антагонистической активности грибов *T. longibrachiatum* и *T. asperellum* представлены на рисунках 3-6.



Рисунок 3 – Антагонистическая активность грибов *T. longibrachiatum* против а) *Aspergillus*, б) *Rhizopus*, в) *Alternaria*, г) *Mucor*, 5-сутки роста



Рисунок 4 – Антагонистическая активность грибов *T. asperellum* против а) *Aspergillus*, б) *Rhizopus*, в) *Alternaria*, г) *Mucor*, 5-сутки роста

На рисунках 3, 4 видно, что на пятый день опыта культура-антагонист интенсивно развивается, не давая возможности тест-культуре полностью заселить слой питательного агара, и образует четкую границу сдерживания роста тест-культуры.

На 10 суток отмечено нарастание антагониста на колонии *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Alternaria* и *Mucor* и постепенное их угнетение (см. Рисунок 5,6).

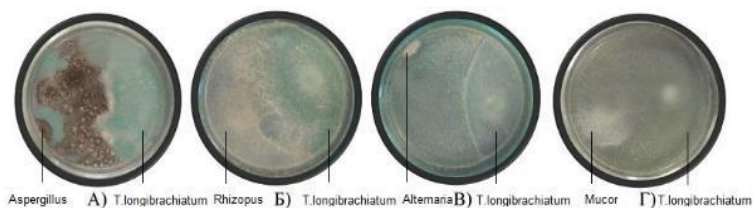


Рисунок 5 – Антагонистическая активность грибов *T. longibrachiatum* против а) *Aspergillus*, б) *Rhizopus*, в) *Alternaria*, г) *Mucor*, 10-сутки роста

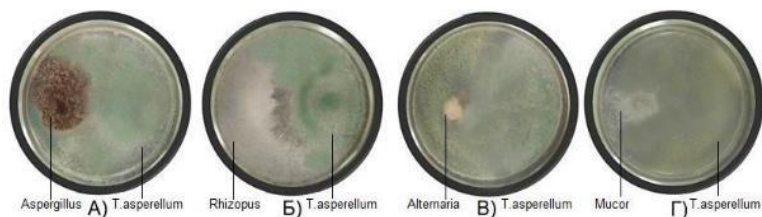


Рисунок 6 – Антагонистическая активность грибов *T. asperellum* против а) *Aspergillus*, б) *Rhizopus*, в) *Alternaria*, г) *Mucor*, 10-сутки роста

Интересно, что использованные культуры грибов *Trichoderma* так же проявляют различные антагонистические свойства по отношению к тест-культурам, как видно из различных значений площадей, занимаемых антагонистами на чашке с агаризованной средой (см. Таблица 2).

Таблица 2. Антагонистическая активность культур грибов *T. longibrachiatum* и *T. asperellum*

Культура-антагонист	Время, сут	Площадь, занимаемая антагонистом, %			
		<i>Aspergillus</i>	<i>Rhizopus</i>	<i>Alternaria</i>	<i>Mucor</i>
<i>Trichoderma longibrachiatum</i>	3	22	43	96	71
	5	45	56	97	75
	10	66	75	99	81
<i>Trichoderma asperellum</i>	3	75	37	93	56
	5	81	43	99	68
	10	84	50	99	93

Из таблицы видно, что наиболее сильный антагонизм штаммы *Trichoderma longibrachiatum* проявляет против грибов родов *Mucor* и *Alternaria*. Против грибов родов *Aspergillus* и *Rhizopus* *Trichoderma longibrachiatum* проявляет более умеренный антагонизм.

Так же отметим, что *Trichoderma asperellum* проявляет сильный антагонизм к тест - культурам грибов родов *Aspergillus*, *Alternaria* и *Mucor*, и более умеренный антагонизм к грибам р. *Rhizopus*.

Как показывают данные, приведённые в таблицах 1 и 2, все исследованные грибы рода *Trichoderma* обладают антагонистической активностью против тест-культур грибов родов *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Alternaria* и *Mucor*, хотя и в разной степени.

Выводы

1. Использованные культуры грибов рода *Trichoderma* обладают разной степенью антагонистической активности по отношению к тест-культурам грибов родов *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Alternaria* и *Mucor*.

2. Наибольшие зоны ингибирования роста тест-культур наблюдались для штамма *Trichoderma longibrachiatum*.

3. *Trichoderma harzianum* проявляет умеренный антагонизм против грибов родов *Aspergillus*, сильный антагонизм против р. *Rhizopus* и р. *Alternaria* и р. *Mucor*.

4. *Trichoderma longibrachiatum* проявляет умеренный антагонизм против грибов родов *Aspergillus*, *Rhizopus*, сильный антагонизм против *Alternaria* и *Mucor*.

5. *Trichoderma asperellum* проявляет слабый антагонизм против грибов родов р. *Rhizopus*, сильный антагонизм против *Aspergillus*, *Alternaria* и *Mucor*.

6. Среди исследованных культур наибольшую антагонистическую активность проявляет *Trichoderma harzianum*.

Список литературы

1. Damalas C.A., Koutroubas S.D. Current status and recent developments in biopesticide use // *Agriculture* 2018. Vol. 8. Issue 1. 13 p. <https://doi.org/10.3390/agriculture8010013>
2. Guzmán-Guzmán P, Porras-Troncoso MD, Olmedo-Monfil V, Herrera-Estrella A. Trichoderma Species: Versatile Plant Symbionts. *Phytopathology*. 2019 Jan;109(1):6-16. doi: 10.1094/PHYTO-07-18-0218-RVW. Epub 2018 Dec 4. PMID: 30412012.
3. Srivastava M., Vipul K., Mohamad S., Pandey S., Anuradha S. Trichoderma – a potential and effective bio fungicide and alternative source against notable phytopathogens: A review // *African Journal of Agricultural Research*. 2016. Vol. 11. Issue 5. P. 310–316. <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.9568>
4. Матчанова, Д. Ш. Микроскопические грибы рода Trichoderma — продуценты биологически активных веществ / Д. Ш. Матчанова. // *Молодой ученый*. — 2017. — № 3 (137). — С. 230-233.
5. Шарипова Д. А., Ветрова М. А., Масютин Я. А., Новиков А. А., Гушин П. А., Винокуров В. А. Исследование антагонизма различных штаммов грибов рода Trichoderma и грибковых фитопатогенов // *Баш. хим. ж.* 2013. №4. - 83-85 с.

References

1. Damalas C.A., Koutroubas S.D. Current status and recent developments in biopesticide use // *Agriculture* 2018. Vol. 8. Issue 1. 13 p. <https://doi.org/10.3390/agriculture8010013>
2. Guzmán-Guzmán P, Porras-Troncoso MD, Olmedo-Monfil V, Herrera-Estrella A. Trichoderma Species: Versatile Plant Symbionts. *Phytopathology*. 2019 Jan;109(1):6-16. doi: 10.1094/PHYTO-07-18-0218-RVW. Epub 2018 Dec 4. PMID: 30412012.
3. Srivastava M., Vipul K., Mohamad S., Pandey S., Anuradha S. Trichoderma – a potential and effective bio fungicide and alternative source against notable phytopathogens: A review // *African Journal of Agricultural Research*. 2016. Vol. 11. Issue 5. P. 310–316. <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.9568>
4. Matchanova, D. S. Microscopic fungi of the genus Trichoderma — producers of biologically active substances / D. S. Matchanova. // *A young scientist*. — 2017. — № 3 (137). — Pp. 230-233.
5. Sharipova D. A., Vetrova M. A., Masyutin Ya. A., Novikov A. A., Gushchin P. A., Vinokurov V. A. Study of antagonism of various strains of fungi of the genus Trichoderma and fungal phytopathogens // *Bash. chemical. zh.* 2013. no.4. - 83-85 с.