

Е. Г. Абрамова<sup>1</sup>, С. В. Кирьянова<sup>2</sup>, А. А. Толкачева<sup>1</sup>,  
О. Ю. Мальцева<sup>1</sup>, Д. А. Черенков<sup>1, 2</sup>

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГРИБОВ  
РОДА *TRICHODERMA* В КАЧЕСТВЕ ОСНОВЫ ПРЕПАРАТОВ  
ФУНГИЦИДНОГО ДЕЙСТВИЯ**

<sup>1</sup> Воронежский государственный университет инженерных технологий,  
Воронеж, Россия

<sup>2</sup> Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград, Россия

Поступила в редакцию 02.05.2024 г.

Принята к публикации 09.09.2024 г.

doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-8

**Для цитирования:** Абрамова Е. Г., Кирьянова С. В., Толкачева А. А., Мальцева О. Ю., Черенков Д. А. Оценка эффективности применения грибов рода *Trichoderma* в качестве основы препаратов фунгицидного действия // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2024. №4. С. 109–122. doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-8.

Для обеспечения устойчивого развития сельскохозяйственной отрасли современные исследования в этой области должны ориентироваться на создание и применение эффективных и экологически безопасных средств защиты растений от грибковых болезней. Современные сельскохозяйственные технологии позволяют создавать биопрепараты на основе микроорганизмов, эффективных в борьбе с фитопатогенами. Такие биопрепараты являются инновационным и перспективным решением для сельскохозяйственных производителей, стремящихся к устойчивому и экологически безопасному производству. В настоящее время особое внимание уделено разработке и использованию биопрепаратов на основе микромицетов рода *Trichoderma*, имеющих широкий спектр антагонистической активности против фитопатогенов. Однако необходимость индивидуального подбора штаммов *Trichoderma* с высокой антагонистической активностью для создания биофунгицидов представляется актуальной задачей. Цель исследования заключается в изучении антагонистической активности различных штаммов *Trichoderma* по отношению к фитопатогенам и оценке их потенциала для дальнейшего использования в качестве биопрепаратов в сельском хозяйстве. Подобрана оптимальная питательная среда, обеспечивающая максимальное накопление спор *Trichoderma*, методом двойных (встречных) культур изучена их антагонистическая активность по отношению к грибам родов *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Alternaria* и *Mucor*. Статистическая обработка полученных результатов проводилась методом дисперсионного анализа. Особое внимание уделено исследованию антагонистической активности консорциумов штаммов *Trichoderma* и оценке их потенциала для разработки эффективного биопрепарата.

**Ключевые слова:** антагонистическая активность, биологическая защита растений, грибковые заболевания растений, фунгициды, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Trichoderma*



## Введение

В последние десятилетия сельскохозяйственный сектор все больше внимания уделяет экологически безопасным методам решения проблемы устойчивости фитопатогенов к химическим веществам [1; 2]. Благодаря развитию современных сельскохозяйственных технологий стало возможным создавать все более эффективные и экологически безопасные препараты для защиты растений от вредителей и болезней [2; 3].

Одно из наиболее значительных достижений в этой области — появление биопрепаратов на основе микроорганизмов, которые способны уничтожать патогенные микроорганизмы и повышать продуктивность растений [3]. Использование распространенных в почве микромицетов рода *Trichoderma*, которые проявляют широкий спектр антагонистической активности в отношении различных патогенных организмов, входит в число наиболее перспективных направлений в разработке биологических фунгицидов [4–7].

Решающее значение для создания биопрепаратов, способных обеспечить эффективный и экологически безопасный контроль над грибковыми заболеваниями в сельскохозяйственных системах, имеет подбор штаммов с высокой антагонистической активностью и установление оптимальных условий их культивирования [6–9]. Это так же актуально и для грибов рода *Trichoderma*. Специфика их состоит в том, что каждый штамм гриба обладает особенностями, влияющими на способность к борьбе с определенными фитопатогенами [10–12]. Поэтому важнейшая задача в разработке препарата с фунгицидным действием — изучение антагонистической активности не только отдельных штаммов грибов рода *Trichoderma*, но и консорциумов на их основе [13; 14].

Ключевой составляющей разработки препарата на основе грибов рода *Trichoderma* наряду с высокой скоростью роста является достижение максимального спорообразования с целью дальнейшего получения продуцента в виде споровой массы, пригодной для длительного хранения [3]. Реализация этой задачи находится в прямой зависимости от подбора питательной среды, которая должна обеспечить максимальное накопление споровой массы в ходе культивирования. Оптимальной питательная среда считается при условии накопления спор в культуре не менее  $1 \times 10^9$  КОЕ/мл [9; 15].

Исходя из вышесказанного, целью данного исследования мы ставим подбор оптимальной питательной среды, обеспечивающей накопление спор не менее  $1 \times 10^9$  КОЕ/мл; изучение антагонистической активности штаммов микромицетов рода *Trichoderma* (*T. longibrachiatum*, *T. harzianum* и *T. asperellum*) и их консорциумов по отношению к грибам родов *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Alternaria* и *Mucor*, вызывающим заболевания сельскохозяйственных растений, для оценки перспективы их дальнейшего использования в качестве 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 (ВКПМ). Микроорганизмы культивировались на среде сусло-агар при температурах, указанных для каждого штамма на сайте коллекции. Перед проведением экспериментов по совместному культивированию было не более трех пересевов культур.

Для культивирования грибов рода *Trichoderma* с целью получения биопрепаратов для растениеводства использовали жидкую среду Чапека, картофельно-сахарозный бульон и жидкое сусло.

Посев триходермы производили внесением в колбы в асептических условиях суспензии спор из расчета 1 % от объема питательной среды и помещали в шейкер-культиватор при 27 °С, 180 об/мин на 72 ч. В дальнейшем определяли показатели динамики спорообразования исследуемых штаммов с помощью камеры Горяева через определенные промежутки времени (3–12 сут) с момента посева.

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 ± 0,5 °С, учет проводили на 3-и, 5-е и 10-е сут 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.

Достоверность результатов исследования обеспечивается статистической обработкой данных методом дисперсионного анализа.

## Результаты и их обсуждение

### Исследование динамики спорообразования

Результаты эксперимента по определению динамики спорообразования культур грибов рода *Trichoderma* представлены на рисунках 1–3.

На приведенных графиках видно, что динамика спорообразования у разных видов микромицетов рода *Trichoderma* на жидких питательных средах при одинаковых условиях культивирования различна и особенно четко проявляется к моменту начала спороношения. Наиболее быстрое начало роста (на 2-е сут) и формирование спороношения (на 3–4 сут) отмечается для всех культур на сусле. Меньшая степень спороношения отмечена на картофельно-сахарозном бульоне, слабое спороношение для всех культур грибов выявлено на среде Чапека.

На приведенных графиках также видно, что при глубинном культивировании грибов рода *Trichoderma* с целью получения биопрепарата на основе спор, наиболее интенсивное спороношение отмечается на 6–7 сут роста культуры. В последующие дни замечено уменьшение количества спор вследствие их прорастания с образованием мицелия. На 10–12 сут наблюдается постепенное угнетение культуры вследствие уменьшения концентрации питательных веществ в среде.

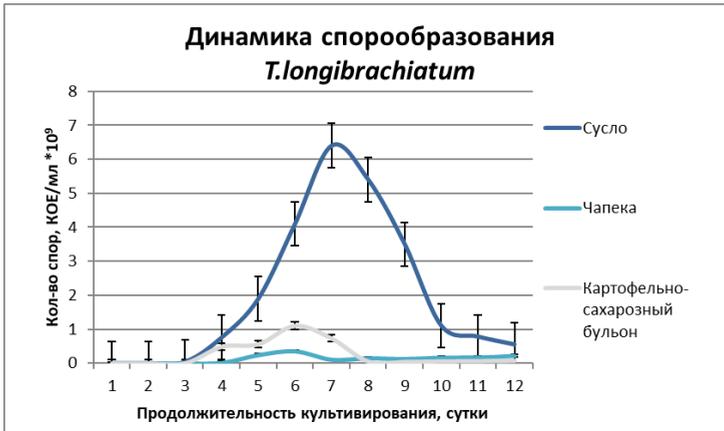


Рис. 1. Динамика спорообразования *T. longibrachiatum*



Рис. 2. Динамика спорообразования *T. asperellum*



Рис. 3. Динамика спорообразования *T. harzianum*

После анализа и обобщения данных по глубинному культивированию грибов рода *Trichoderma* можно выделить следующие характеристики процесса:

- оптимальной питательной средой, обеспечивающей максимальное накопление спор в процессе культивирования является сусло;
- продолжительность культивирования составляет от 4 до 7 сут;
- максимальное количество спор наблюдается на 6–7 сут с начала культивирования;
- максимальный титр спор находится в пределах  $1 \times 10^8$  –  $7 \times 10^9$  КОЕ/мл.

### Изучение антагонистической активности грибов рода *Trichoderma*

Антагонистическая активность грибов *T. harzianum*, *T. longibrachiatum* и *T. asperellum* по отношению к грибам родов *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Alternaria* и *Mucor* представлена на рисунках 4–6.



Рис. 4. Антагонистическая активность грибов *T. harzianum* против: а – *Aspergillus*; б – *Rhizopus*; в – *Alternaria*; г – *Mucor*, 5-е сут роста

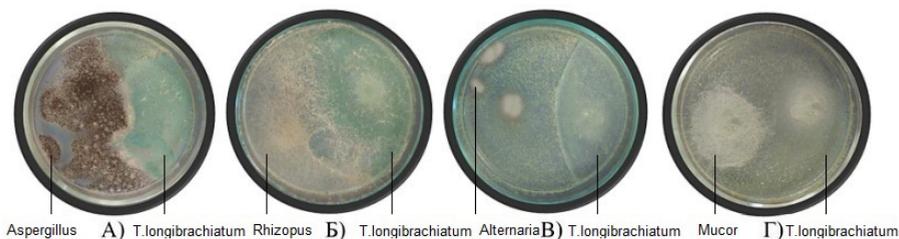


Рис. 5. Антагонистическая активность грибов *T. longibrachiatum* против: а – *Aspergillus*; б – *Rhizopus*; в – *Alternaria*; г – *Mucor*, 5-е сут роста

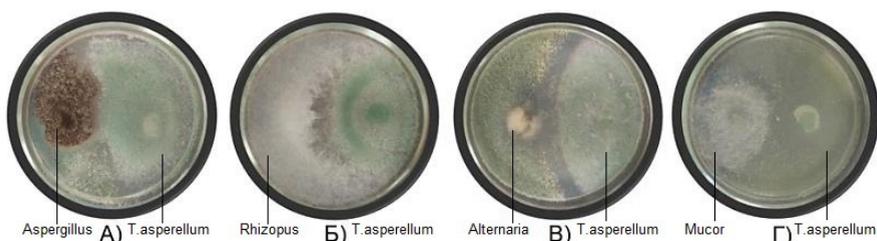


Рис. 6. Антагонистическая активность грибов *T. asperellum* против: а – *Aspergillus*; б – *Rhizopus*; в – *Alternaria*; г – *Mucor*, 5-е сут роста

На рисунках видно, что при совместном культивировании грибов-антагонистов *p.Trichoderma* и *Aspergillus*, а также *Rhizopus*, *Alternaria* и *Mucor* на пятый день опыта наблюдается образование четкой границы сдерживания роста тест-культуры, интенсивное развитие и спороношение грибов рода *Trichoderma*. В последующие дни прослеживалось нарастающее антагониста на колонии тест-культур и постепенное их угнетение (рис. 7–9).

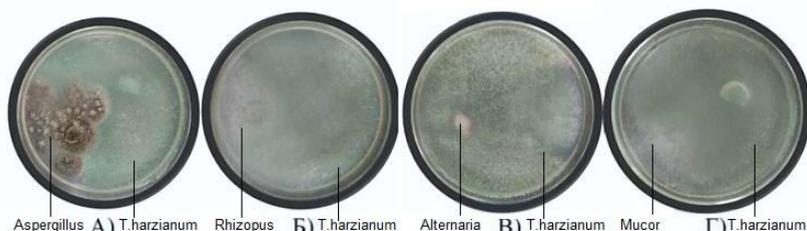


Рис. 7. Антагонистическая активность грибов *T. harzianum* против: а – *Aspergillus*; б – *Rhizopus*; в – *Alternaria*; г – *Mucor*, 10-е сут роста



Рис. 8. Антагонистическая активность грибов *T. longibrachiatum* против: а – *Aspergillus*; б – *Rhizopus*; в – *Alternaria*; г – *Mucor*, 10-е сут роста

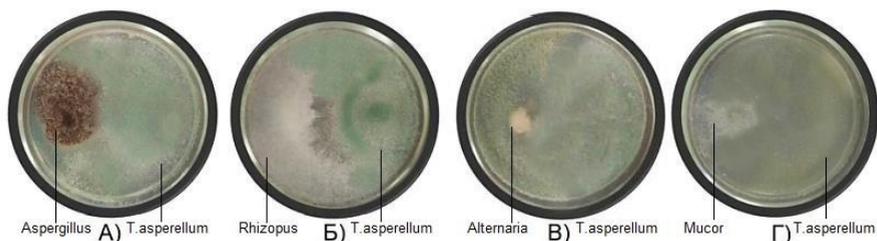


Рис. 9. Антагонистическая активность грибов *T. asperellum* против: а – *Aspergillus*; б – *Rhizopus*; в – *Alternaria*; г – *Mucor*, 10-е сут роста

Интересно, что использованные культуры грибов *Trichoderma* проявляют антагонистические свойства по отношению к тест-культурам разной степени интенсивности, как видно по различным значениям площади, занимаемой культурой-антагонистом на чашке с агаризованной средой (табл. 1).



**Антагонистическая активность грибов рода *Trichoderma***

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±3,6	50±2,6	50±2,3	68±3,4
	5	68±3,5	61±2,8	98±1,0	75±1,9
	10	75±1,6	98±1,0	99±1,0	95±2,5
<i>Trichoderma longibrachiatum</i>	3	22±2,4	43±3,4	96±1,6	71±1,3
	5	45±3,4	56±3,5	97±1,3	75±1,7
	10	66±3,0	75±1,8	99±1,0	81±1,1
<i>Trichoderma asperellum</i>	3	75±3,3	37±2,4	93±2,1	56±4,2
	5±0,4	81±1,2	43±4,6	99±1,0	68±3,5
	10±0,9	84±1,6	50±1,8	99±1,0	93±4,4

Как показывают данные, приведенные в таблице, все исследованные грибы рода *Trichoderma* обладают антагонистической активностью против тест-культур грибов родов *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Alternaria* и *Mucor*.

Следует отметить, что все штаммы-антагонисты в большей степени оказывают ингибирующее действие на патогены рода *Alternaria* и *Mucor*, в меньшей — на *Aspergillus* и *Rhizopus*.

Из таблицы также видно, что каждый отдельный штамм гриба-антагониста проявляет антагонистические свойства разной степени интенсивности. Так, отмечено, что *Trichoderma harzianum* проявляет наиболее сильный антагонизм против грибов родов *Rhizopus*, *Alternaria* и *Mucor* и более умеренный против *Aspergillus*. *Trichoderma longibrachiatum* демонстрирует сильный антагонизм к *Mucor* и *Alternaria* и умеренный к *Aspergillus* и *Rhizopus*. *Trichoderma asperellum* проявляет сильный антагонизм к культурам грибов родов *Aspergillus*, *Alternaria* и *Mucor*, и более умеренный антагонизм к грибам р. *Rhizopus*.

Любопытной является антагонистическая активность консорциумов грибов *Trichoderma*, полученных слиянием культуральных жидкостей в различных комбинациях, на тест-культуры *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Alternaria* и *Mucor*. Результаты исследования ее представлены на рисунках 10–13.

На приведенных рисунках видно, что консорциумы грибов-антагонистов р. *Trichoderma* проявляют антагонистические свойства аналогично с монокультурами: на пятый день происходит образование четкой границы сдерживания роста тест-культуры, наблюдается интенсивное развитие и спороношение грибов рода *Trichoderma*. В последующие дни отмечается нарастание антагониста на колонии тест-культур и постепенное их угнетение (рис. 14–17).

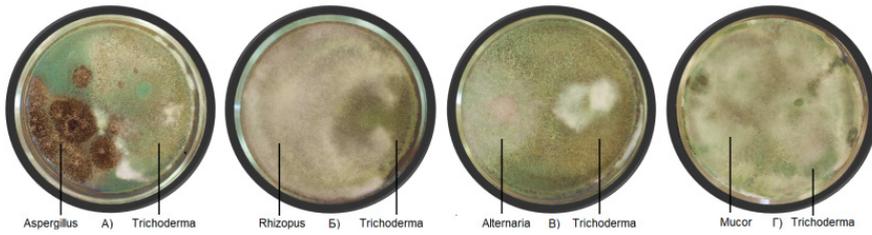


Рис. 10. Антагонистическая активность консорциума грибов *T. harzianum* / *T. longibrachiatum* против: а – *Aspergillus*; б – *Rhizopus*; в – *Alternaria*; г – *Mucor*, 5-е сут роста

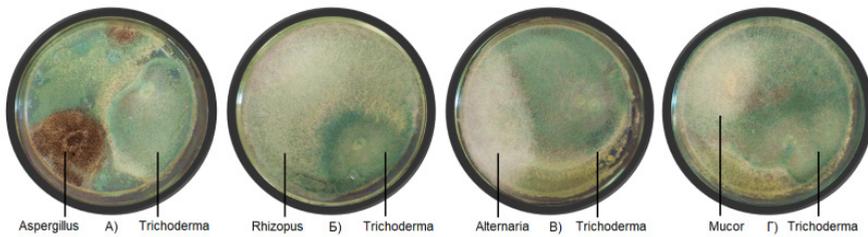


Рис. 11. Антагонистическая активность консорциума грибов *T. longibrachiatum* / *T. asperellum* против: а – *Aspergillus*; б – *Rhizopus*; в – *Alternaria*; г – *Mucor*, 5-е сут роста

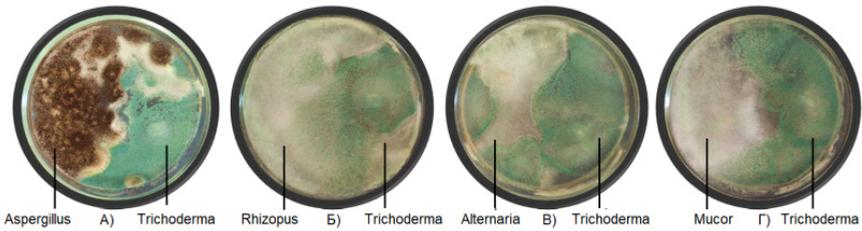


Рис. 12. Антагонистическая активность консорциума грибов *T. harzianum* / *T. asperellum* против: а – *Aspergillus*; б – *Rhizopus*; в – *Alternaria*; г – *Mucor*, 5-е сут роста

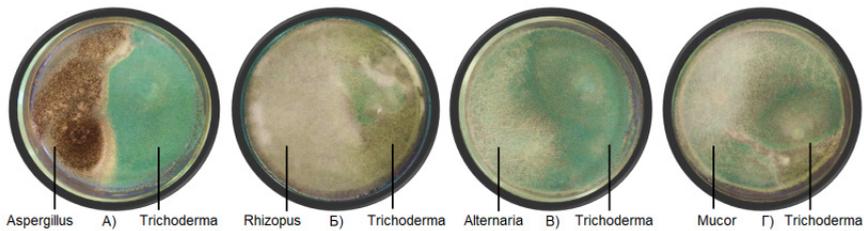


Рис. 13. Антагонистическая активность консорциума грибов *T. harzianum* / *T. longibrachiatum* / *T. asperellum* против: а – *Aspergillus*; б – *Rhizopus*; в – *Alternaria*; г – *Mucor*, 5-е сут роста

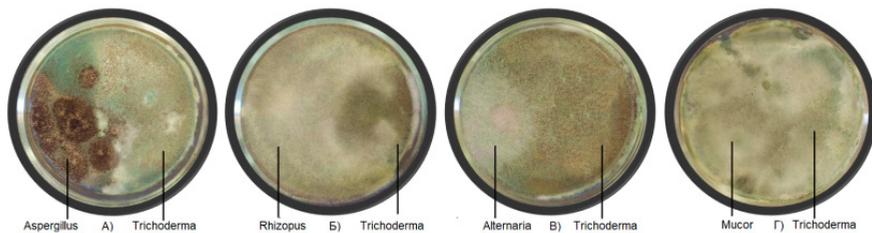


Рис. 14. Антагонистическая активность консорциума грибов *T. harzianum* / *T. longibrachiatum* против: а – *Aspergillus*; б – *Rhizopus*; в – *Alternaria*; г – *Mucor*, 10-е сут роста

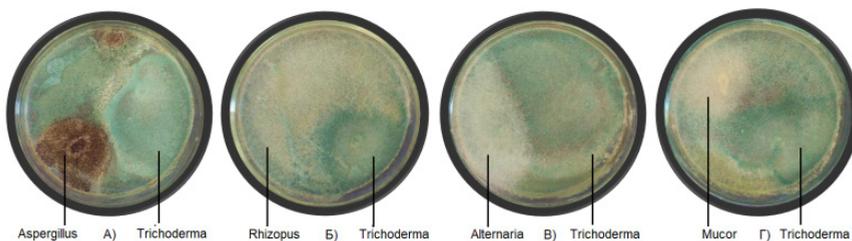


Рис. 15. Антагонистическая активность консорциума грибов *T. longibrachiatum* / *T. asperellum* против: а – *Aspergillus*; б – *Rhizopus*; в – *Alternaria*; г – *Mucor*, 10-е сут роста

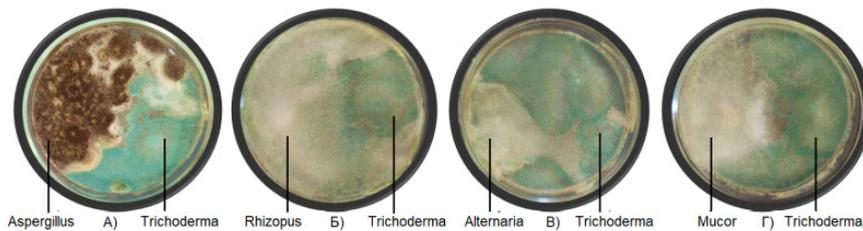


Рис. 16. Антагонистическая активность консорциума грибов *T. harzianum* / *T. asperellum* против: а – *Aspergillus*; б – *Rhizopus*; в – *Alternaria*; г – *Mucor*, 10-е сут роста

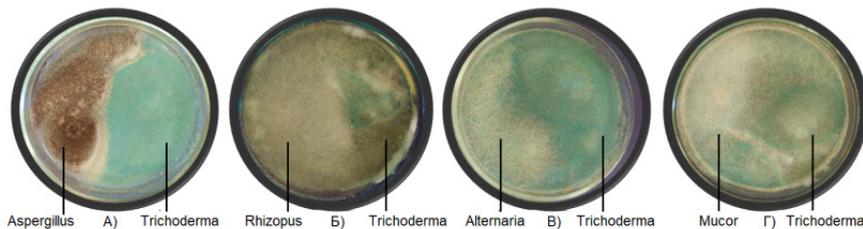


Рис. 17. Антагонистическая активность консорциума грибов *T. harzianum* / *T. longibrachiatum* / *T. asperellum* против: а – *Aspergillus*; б – *Rhizopus*; в – *Alternaria*; г – *Mucor*, 10-е сут роста



Так же, как и монокультуры, консорциумы грибов *Trichoderma* проявляют антагонистические свойства по отношению к тест-культурам с разной степенью интенсивности, как видно по различным значениям площади, занимаемой культурой-антагонистом на чашке с агаризованной средой (табл. 2).

Таблица 2

Антагонистическая активность консорциумов грибов рода *Trichoderma*

Смесь культур-антагонистов	Время, сут	Площадь, занимаемая антагонистом, %			
		<i>Aspergillus</i>	<i>Rhizopus</i>	<i>Alternaria</i>	<i>Mucor</i>
<i>Trichoderma longibrachiatum</i> <i>Trichoderma harzianum</i>	3	75±2,5	20±1,1	80±1,6	70±2,7
	5	75±2,3	30±1,3	80±1,2	75±5,0
	10	65±2,6	98±1,0	90±1,1	99±1,0
<i>Trichoderma longibrachiatum</i> <i>Trichoderma asperellum</i>	3	80±1,9	30±1,7	75±4,9	45±2,4
	5	82±2,3	85±2,4	80±2,6	75±4,9
	10	85±1,5	98±1,0	99±1,0	95±3,6
<i>Trichoderma harzianum</i> <i>Trichoderma asperellum</i>	3	30±3,4	10±0,2	60±3,5	10±0,7
	5	45±2,6	65±1,1	88±4,3	60±4,2
	10	40±2,1	90±1,4	100±1,0	60±3,9
<i>Trichoderma longibrachiatum</i> <i>Trichoderma asperellum</i> <i>Trichoderma harzianum</i>	3	35±3,2	30±2,7	60±4,9	25±2,2
	5	50±3,5	60±1,9	90±3,0	70±3,1
	10	53±2,4	95±1,5	100±1,0	98±1,0

Из таблицы видно, что все исследованные смеси культур, как и монокультуры, обладают антагонистической активностью в разной степени.

Смесь культур *Trichoderma longibrachiatum* и *Trichoderma harzianum* проявляет сильный антагонизм против *Rhizopus*, *Mucor*, *Alternaria*; умеренный антагонизм против *Aspergillus*. Антагонистическая активность смеси относительно монокультур выше для *Rhizopus* на 11,5 %, для *Mucor* — на 11 % и ниже для *Aspergillus* на 5,5 %, для *Alternaria* — на 9 %.

Смесь культур *Trichoderma longibrachiatum* и *Trichoderma asperellum* проявляет сильный антагонизм против *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Mucor*, *Alternaria*. Антагонистическая активность смеси относительно монокультур выше для *Aspergillus* на 10 %, для *Rhizopus* — на 35,5 %, для *Mucor* — на 8 %, а для *Alternaria* без изменений.

Смесь культур *Trichoderma harzianum* и *Trichoderma asperellum* проявляет сильный антагонизм против *Rhizopus*, *Alternaria*; умеренный антагонизм против *Aspergillus*, *Mucor*. Антагонистическая активность смеси относительно монокультур выше для *Rhizopus* на 16 %, для *Alternaria* — на 1 % и ниже для *Aspergillus* на 39,5 %, для *Mucor* — на 34 %.

Смесь культур *Trichoderma longibrachiatum*, *Trichoderma asperellum* и *Trichoderma harzianum* проявляет сильный антагонизм против *Rhizopus*, *Mucor*, *Alternaria*; умеренный антагонизм против *Aspergillus*. Антагонистическая активность смеси относительно монокультур выше для *Rhizopus* на 20,6 %, для *Mucor* — на 8,3 %, для *Alternaria* — на 1 % и ниже для *Aspergillus* на 22 %.

Среди исследованных смесей наибольшую антагонистическую активность (в среднем на 8,7 % выше, чем для других консорциумов) проявляет двойная культура *Trichoderma longibrachiatum* — *Trichoderma asperellum*.



## Выводы

1. Оптимальной питательной средой, обеспечивающей максимальное накопление спор в процессе культивирования, является сусло (максимальный титр спор находится в пределах  $1 \times 10^8 - 7 \times 10^9$  КОЕ/мл).
2. Продолжительность культивирования составляет от 4 до 7 сут, при этом максимальное количество спор наблюдается на 6–7 сут с начала культивирования.
3. Использованные монокультуры и консорциумы грибов рода *Trichoderma* обладают разной степенью антагонистической активности по отношению к тест-культурам грибов родов *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Alternaria* и *Mucor*.
4. Среди исследованных монокультур наибольшую антагонистическую активность проявляет *Trichoderma longibrachiatum*.
5. Консорциумы микромицетов *Trichoderma* имеют более высокую антагонистическую активность по сравнению с монокультурами.
6. Среди исследованных консорциумов наибольшую антагонистическую активность проявляет двойная культура *Trichoderma longibrachiatum* – *Trichoderma asperellum*.

## Список литературы

1. Damalas C.A., Koutroubas S. Current Status and Recent Developments in Biopesticide Use // Agriculture (Switzerland). 2018. Vol. 8, №1. P. 13. <https://doi.org/10.3390/agriculture8010013>.
2. Давлетбаев И.М. Биологические препараты для растениеводства // XV Международная конференция молодых ученых «Пищевые технологии и биотехнологии : сб. материалов конф. Казань, 2016.
3. Новикова И.И., Титова Ю.А., Бойкова И.В. и др. Биологическое обоснование оптимизации препаративных форм биопрепаратов на основе микробов-антагонистов для контроля популяций фитопатогенных грибов и бактерий – возбудителей болезней растений // Вестник защиты растений. 2017. №3 (93). С. 16–23. EDN: WUKMGX.
4. Guzmán-Guzmán P., Porras-Troncoso M.D. et al. *Trichoderma* Species: Versatile Plant Symbionts // Phytopathology. 2019. Vol. 109 (1). P. 6–16. doi: 10.1094/PHYTO-07-18-0218-RVW.
5. Srivastava M., Vipul K., Mohamad S. et al. *Trichoderma* – a potential and effective bio fungicide and alternative source against notable phytopathogens: A review // African Journal of Agricultural Research. 2016. Vol. 11, iss. 5. P. 310–316. <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.9568>.
6. Oliveira R., Chagas L., Martins A. et al. *Trichoderma* in the phytopathogenic bio-control // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2022. Vol. 28, №4. P. 717–724.
7. Alfiky A., Weisskopf L. Deciphering *Trichoderma*-Plant-Pathogen Interactions for Better Development of Biocontrol Applications // J Fungi (Basel). 2021. №7 (1). P. 61. doi: 10.3390/jof7010061.
8. Hermosa R., Rubio M.B., Cardoza R.E. et al. The contribution of *Trichoderma* to balancing the costs of plant growth and defense // Int Microbiol. 2013. Vol. 16 (2). P. 69–80. doi: 10.2436/20.1501.01.181.



9. Singh A., Mohammad S., Mukesh S. et al. Optimal Physical Parameters for Growth of *Trichoderma* Species at Varying pH, Temperature and Agitation // *Virology and Mycology*. 2014. Vol. 3. P. 1–7. doi: 10.4172/2161-0517.1000127.

10. Шарупова Д. А., Венрова М. А., Масютин Я. А. и др. Исследование антагонизма различных штаммов грибов рода *Trichoderma* и грибковых фитопатогенов // *Башкирский химический журнал*. 2013. №4. С. 83–85. EDN: RVLKKF.

11. Богданов А. И., Титова Ю. А. Антагонистическая активность штаммов *trichoderma asperellum* – продуцентов мультиконверсионных биопрепаратов // *Вестник защиты растений*. 2014. №1. С. 48–52. EDN: RXTDRZ.

12. Матчанова Д. Ш. Микроскопические грибы рода *Trichoderma* – продуценты биологически активных веществ // *Молодой ученый*. 2017. №3 (137). С. 230–233. EDN: XQZDVL.

13. Hao D., Lang B., Wang Y. et al. Designing synthetic consortia of *Trichoderma* strains that improve antagonistic activities against pathogens and cucumber seedling growth // *Microb Cell Fact*. 2022. №21 (1). P. 234. doi: 10.1186/s12934-022-01959-2.

14. Домрачева Л. И., Стариков П. А., Ковина А. Л., Ашихмина Т. Я. Использование микромицетов рода *Trichoderma* и консорциумов на их основе в агробиотехнологии (обзор) // *Теоретическая и прикладная экология*. 2024. №1. С. 5–18. doi: 10.25750/1995-4301-2024-1-006-018. EDN: JAUPNA.

15. Зиганшин Д. Д., Сироткин А. С. Особенности глубинного и поверхностного культивирования грибов *Trichoderma* для получения биопрепаратов на основе клеток гриба // *Вестник Казанского технологического университета*. 2017. №10. С. 155–158. EDN: YPCKDZ.

#### Об авторах

Екатерина Геннадьевна Абрамова – студ., Воронежский государственный университет инженерных технологий, Россия.

E-mail: ka.abramova2012@yandex.ru

ORCID: 0009-0009-3669-3228

SPIN-код: 8345-6420

Светлана Владимировна Кирьянова – студ., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: S.kiryanova@inbox.ru

ORCID: 0009-0002-1214-0337

Анна Александровна Толкачева – мл. науч. сотр., Воронежский государственный университет инженерных технологий, Россия.

E-mail: anna-biotech@yandex.ru

ORCID: 0000-0003-0725-6482

SPIN-код: 3621-2463

Оксана Юрьевна Мальцева – канд. техн. наук, доц., Воронежский государственный университет инженерных технологий, Россия.

E-mail: ksenia2002@list.ru

ORCID: 0000-0002-3815-123X

SPIN-код: 2670-4258



Дмитрий Александрович Черенков – д-р биол. наук, проф., Воронежский государственный университет инженерных технологий, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: d.cherenkov@mail.ru

ORCID: 0000-0002-8564-8919

SPIN-код: 4196-4407

*E. G. Abramova<sup>1</sup>, S. V. Kiryanova<sup>2</sup>, A. A. Tolkacheva<sup>1</sup>,  
O. Yu. Maltseva<sup>1</sup>, D. A. Cherenkov<sup>1,2</sup>*

**ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF USING FUNGI  
OF THE GENUS *TRICHODERMA* FOR THE DEVELOPMENT  
OF A FUNGICIDAL PREPARATION**

121

<sup>1</sup> Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russia

<sup>2</sup> Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

Received 05 May 2024

Accepted 09 September 2024

doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-8

**To cite this article:** Abramova E. G., Kiryanova S. V., Tolkacheva A. A., Maltseva O. Yu., Cherenkov D. A., 2024, Assessment of the possibility of using fungi of the genus *Trichoderma* for the development of a fungicidal preparation, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №4. P. 109–122. doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-8.

*To ensure the sustainable development of the agricultural sector, modern research in this field must focus on creating and applying effective and environmentally safe means of protecting plants from fungal diseases. Advanced agricultural technologies enable the development of biopreparations based on microorganisms that are effective in combating phytopathogens. These biopreparations represent an innovative and promising solution for agricultural producers seeking sustainable and environmentally friendly production practices. Currently, particular attention is given to the development and use of biopreparations based on micromycetes of the *Trichoderma* genus, known for their broad spectrum of antagonistic activity against phytopathogens. However, the necessity of individually selecting *Trichoderma* strains with high antagonistic activity for the creation of biofungicides remains a pressing issue. The aim of this study is to investigate the antagonistic activity of various *Trichoderma* strains against phytopathogens and evaluate their potential for further use as biopreparations in agriculture. An optimal nutrient medium was selected to maximize spore production in *Trichoderma*. The antagonistic activity of *Trichoderma* strains against fungi of the genera *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Alternaria*, and *Mucor* was assessed using the dual-culture method. Statistical analysis of the results was performed using variance analysis. Special attention was paid to studying the antagonistic activity of *Trichoderma* strain consortia and evaluating their potential for developing an effective biopreparation.*

**Keywords:** antagonistic activity, biological plant protection, fungal plant diseases, fungicides, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Trichoderma*



### The authors

Ekaterina G. Abramova, Student, Voronezh State University of Engineering Technologies, Russia.

E-mail: ka.abramova2012@yandex.ru

ORCID: 0009-0009-3669-3228

SPIN-код: 8345-6420

Svetlana V. Kiryanova, Student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: S.kiryanova@inbox.ru

ORCID: 0009-0002-1214-0337

Anna A. Tolkacheva, Junior Researcher, Voronezh State University of Engineering Technologies, Russia.

E-mail: anna-biotech@yandex.ru

ORCID: 0000-0003-0725-6482

SPIN-код: 3621-2463

Dr Oksana Yu. Maltseva, Associate Professor, Voronezh State University of Engineering Technologies, Russia.

E-mail: ksenia2002@list.ru

ORCID: 0000-0002-3815-123X

SPIN-код: 2670-4258

Prof. Dmitry A. Cherenkov, Voronezh State University of Engineering Technologies, Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: d.cherenkov@mail.ru

ORCID: 0000-0002-8564-8919

SPIN-код: 4196-4407