

**Д.М. Ерпашева, Н.Ж. Шуменова*, М.Б. Бостубаева,
М.М. Макенова, А.П. Науанова**

Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Нур-Султан, Казахстан
*Автор для корреспонденции: nazym.shumenova@mail.ru

Подбор консорциумов на основе эффективных штаммов гриба рода *Trichoderma* для создания биофунгицида

Аннотация. Казахстан, будучи аграрной страной, располагает достаточными ресурсами для того, чтобы производить органическую продукцию высокого качества, пользующуюся спросом на отечественных и зарубежных рынках, и которая может быть реализована по наибольшей цене по сравнению с неорганическими аналогами. Внедрение в производство биологических мер защиты растений позволит повысить качество производимой органической продукции, а также положительно скажется на оздоровлении почвы. Грибы рода *Trichoderma* являются эффективными антагонистами многих грибковых патогенов сельскохозяйственных культур и природными аналогами химических фунгицидов, отличающихся быстрым ростом на дешевых питательных средах. Исследования в мире показывают более высокую эффективность консорциумов, состоящих из нескольких видов или штаммов микроорганизмов, в качестве биологической меры защиты растений, нежели препаратов, включающих один микробный вид или штамм. Таким образом, методом встречных культур была изучена возможность культивирования трех различных штаммов *Trichoderma* без угнетения роста и развития каждого штамма в составе отдельного консорциума. По результатам проведенных исследований были отобраны 3 наиболее совместимых консорциума под номерами 2, 3 и 4, без заметного подавления роста каждого штамма. Исследования также показали обильный рост и спороношение штаммов *Trichoderma* на органических питательных средах на основе отрубей и овсяной муки, нежели на синтетической среде Чапека-Докса. Отобранные консорциумы будут использованы в дальнейших исследованиях по изучению их антагонистических свойств по отношению к различным возбудителям заболеваний сельскохозяйственных культур. Более того, будут определены наиболее оптимальные условия культивирования, обеспечивающие большое количество конидий с длительным сроком хранения.

Ключевые слова: штаммы-антагонисты гриба рода *Trichoderma*, консорциумы, биофунгицид.

DOI: 10.32523/2616-7034-2022-138-1-47-56

Введение

Органическое земледелие основывается на идее, что все естественные процессы в агроэкосистеме взаимосвязаны, и стремится к здоровой экосистеме с высоким биологическим разнообразием, минимальным потерям питательных веществ и развитию естественной защиты против болезней и вредителей. Борьба с вредителями и болезнями в органическом сельском хозяйстве в значительной степени основана на поддержании плодородия почвы за счет сбалансированного севооборота, включая введение азотфиксирующих и промежуточных культур, внесение навоза или компоста, минимизацию обработки почвы, а также применение биологических агентов защиты растений растительного и микробного происхождения [1].

Казахстан занимает третье место среди стран Азии по площади органических земель – более 300 тыс. га [2]. Дальнейшее увеличение посевных площадей в Казахстане и мире, задействованных под органическим земледелием, требует современных подходов к защите растений от вредителей и болезней без применения пестицидов, химикатов и прочих

синтетических средств. По данным Ассоциации теплиц, в конце 2019 года, в Казахстане насчитывается 27 промышленных теплиц и около 150 мини-теплиц. Защищенный грунт создает оптимальный микроклимат для роста и развития не только тепличных культур, но и патогенных организмов, вызывающих широкий спектр болезней, которые в свою очередь значительно снижают урожайность. Непрерывная эксплуатация теплиц в течение 2-3 лет приводит к снижению плодородия почвы и засаливанию грунта, а также распространению патогенных микроорганизмов и вредоносных насекомых, уничтожаемых пестицидами и химикатами [3]. Исследования показывают эффективность применения биопрепаратов на основе микроорганизмов рода *Trichoderma*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Serratia* и др. в защите растений от различных болезней (корневые гнили, бактериозы, серая и белая гнили), распространенных в теплицах и более того в повышении урожайности, энергии прорастания и всхожести семян [4].

Стремительно увеличивается применение биологических пестицидов в сельскохозяйственном производстве как альтернатива синтетическим аналогам из-за озабоченности общественности здоровьем человека, безопасностью агропродукции и воздействия на окружающую среду. Грибы рода *Trichoderma* отличаются способностью к производству широкого спектра антибиотических веществ, паразитизму и угнетению патогенных грибов путем конкуренции за питательные вещества, а также подавлению или разложению пектиназ и других важных ферментов фитопатогенных грибов [5]. Фунгицидные препараты на основе грибов *Trichoderma* являются эффективным агротехническим приемом в борьбе с фитопатогенными грибами, обитающими в растительной стерне, оставляемой при нулевой технологии. Более того, некоторые виды *Trichoderma* способны к разложению растительных остатков, тем самым повышая содержание органического вещества в почве и улучшая ее плодородие [6, 7].

Применение соединений биологического происхождения (препараты биологической защиты) и разработка новых устойчивых стратегий защиты растений с целью сокращения использования пестицидов, бактерицидов и фунгицидов в сельском хозяйстве становится все более популярным среди сельхозпроизводителей. Среди прочих триходерма имеет потенциал найти широкое применение в качестве агента биоконтроля благодаря высокому микопаразититарному и антибиотическому потенциалу против различных патогенов сельскохозяйственных культур. Эффективность многих штаммов грибов рода *Trichoderma* в защите растений против фитопатогенов не вызывает сомнения и подтверждается многочисленными исследованиями [8-11]. Более 60% всех зарегистрированных биопестицидов основаны на грибах рода *Trichoderma* [12]. Так как грибы рода *Trichoderma* в основном являются почвенными, то выделение эндемичных штаммов является более перспективным, чем закуп зарубежных биопрепаратов, штаммы которых не адаптированы к местным почвенно-климатическим условиям. Более того, применение штаммов *Trichoderma*, выделенных из других географических зон приводит к потере их антагонистических свойств при использовании в других регионах.

Технология получения биопрепаратов отсутствует для большинства эффективных микроорганизмов и их исследования остаются на уровне создания микробных коллекций. Более того, производство биопрепаратов на основе мицелиальных грибов менее развито по сравнению с бактериальными биопрепаратами (нитрагин, азотобактерин, фосфобактерин, ризоторофин), так как грибы являются более комплексными организмами по сравнению с бактериями. Имеющиеся технологические процессы, успешно применяемые для производства биопрепаратов на основе бактерий, не всегда подходят для мицелиальных грибов. Данный недостаток приводит к тому, что эффективные и отселектированные штаммы грибов, включая особо ценный род *Trichoderma*, остаются без внимания биотехнологов, что как следствие приводит к отсутствию отечественных грибковых биопрепаратов для защиты растений и деструкции растительных остатков.

Производство собственного биофунгицида на основе эффективных штаммов гриба *Trichoderma* позволит наладить отечественное производство местных средств защиты растений для борьбы с болезнями наиболее распространенных и вредоносных фитопатогенов. В данной статье будут описаны результаты создания 3 консорциумов на основе коллекционных штаммов-антагонистов грибов рода *Trichoderma*. Данные консорциумы, включающие целлюлозоразрушающие, гиперпаразитические и ферментативные штаммы, будут объектами дальнейших исследований с целью отбора наиболее эффективного и создания отечественного биофунгицида Триходермин-KZ.

Материалы и методы

В исследовании применяются коллекционные штаммы грибов рода *Trichoderma*, выделенные из темно-каштановых почв и черноземов Северного Казахстана в рамках проекта «Создание биологических препаратов на основе антагонистов и азотфиксирующих бактерий для повышения иммунитета к грибным болезням и урожайности сельскохозяйственных культур в условиях Северного Казахстана». В ходе реализации данного проекта были изучены распространение, физиолого-биохимические и антагонистические свойства грибов-антагонистов. Наиболее перспективные штаммы T.350, T.115, T.134 и T.124, идентифицированные как *Tr. lignorum* и *Tr. Album* и обладающие высокими антагонистическими и гиперпаразитическими свойствами, были рекомендованы для использования препаратов Триходермин, применяющихся в защите растений.

Вышеуказанные штаммы-антагонисты гриба рода *Trichoderma* применялись для создания 6 видов консорциумов. Полученные консорциумы были исследованы на формирование прочных симбиотических взаимоотношений без угнетения роста какого-либо штамма, входящего в состав консорциума методом встречных культур на трёх питательных средах при 24°C на 7-е сутки их культивирования [13]. В исследованиях применялись следующие питательные среды: среда Чапека-Докса, овсяной агар и отрубной агар [14]. Схема создания консорциумов представлена ниже в таблице 1.

Таблица 1

Схема создания консорциумов на основе коллекционных штаммов-антагонистов гриба рода *Trichoderma*

Консорциумы	Штаммы гриба рода <i>Trichoderma</i>	Свойства
1	T124, T340, T100	Антагонистические, гиперпаразитические, ростостимулирующие и целлюлозоразрушающие
2	T134, T115, T200	
3	T17, T90, T350	
4	T134, T340, T100	
5	T124, T115, T200	
6	T14, T90, T350	

Результаты и обсуждение

Большинство хозяйств в Казахстане продолжают использовать синтетические препараты и пестициды в борьбе с вредителями, нарушая тем самым почвенную экосистему и со временем приводя к устойчивости патогенов. Внедрение в производство биофунгицидов на основе микроорганизмов позволит не только защитить урожай от вредителей, но также позволит природным способом восстановить и улучшить почвенную среду, насытив ее полезными микроорганизмами. В данной работе были использованы грибы рода *Trichoderma* отличаются

высокой антагонистической активностью по отношению к грибным патогенам сельскохозяйственных культур для создания эффективных консорциумов (Таблица 1).

Результат роста штаммов в созданных консорциумах №1-3 на встречающих культурах представлен в таблице 2. Согласно полученным данным, штамм Т124 в консорциуме 1 показал слабый рост, что, возможно, связано с его подавлением штаммами Т300 и Т100. Таким образом, было принято решение заменить штамм Т124 на Т134, в результате чего был создан консорциум №4 (Рисунок 1). Анализ данных показал обильное спороношение всех трех штаммов в составе консорциума 4 на всех питательных средах без видимого угнетения роста отдельного штамма (Таблица 2).

Рост отдельных штаммов в составе консорциума №2 был равномерным и без признаков угнетающих действий какого-либо из штаммов (Таблица 2). Однако следует отметить слабое спороношение всех трех штаммов на питательной среде Чапека-Докса по сравнению с овсяной и отрубной питательными средами. Замена штамма Т134 на Т124 и получение консорциума №5 не дала желаемого роста штамма Т124, что свидетельствует о неспособности штамма Т124 расти в составе консорциумов №1 и 2.

Таблица 2

Рост штаммов грибов рода *Trichoderma* в составе консорциумов 1-6 на встречающих культурах на 7 сутки культивирования на разных питательных средах

Консорциум	Штамм	Спороношение			Примечание
		Среда Чапека-Докса	Овсяной агар	Отрубной агар	
№1	Т124	--+	--+	--+	Медленный рост
	Т340	++-	+++	+++	
	Т100	+++	+++	+++	
№2	Т 134	--+	+++	++-	Заступает на Т200 на 1 см
	Т 115	++-	+++	+++	
	Т200	++-	+++	+++	
№3	Т17	---	++-	++-	Не равномерный рост
	Т90	++-	+++	+++	Заступает на Т350 и Т17
	Т350	+++	+++	+++	Заступает на Т17
№4	Т134	+++	+++	+++	
	Т340	++-	+++	+++	
	Т100	+++	+++	+++	
№5	Т 124	+--	--+	+--	Слабый рост, мицелий редкий
	Т 115	++-	+++	+++	
	Т200	++-	+++	+++	
№6	Т14	-	+--	+--	Нет роста
	Т90	++-	+++	++-	
	Т350	++-	+++	++-	

Разработка консорциума №3 с применением штаммов Т17, Т90 и Т350 показал слабый рост Т17 на среде Чапека-Докса, хотя и показал хороший рост на двух других средах. Дополнительно

был создан консорциум №6, аналогичный консорциуму №3, но заменой штамма T17 на T14. Как показали данные, спороношение штамма T14 было крайне слабым, либо вообще отсутствовало на изучаемых питательных средах (Таблица 2).

Стоит отметить, что воздушный мицелий исследуемых штаммов имел более насыщенный и темный окрас, а также штаммы отличались обильным спороношением и ростом на овсяной и отрубной питательных средах, чем на среде Чапека-Докса. Таким образом, результаты исследований позволили отобрать три консорциума, консорциумы №2, 3 и 4, где входящие в них штаммы показали достаточное спороношение без угнетения роста какого-либо из входящих в консорциум штаммов.

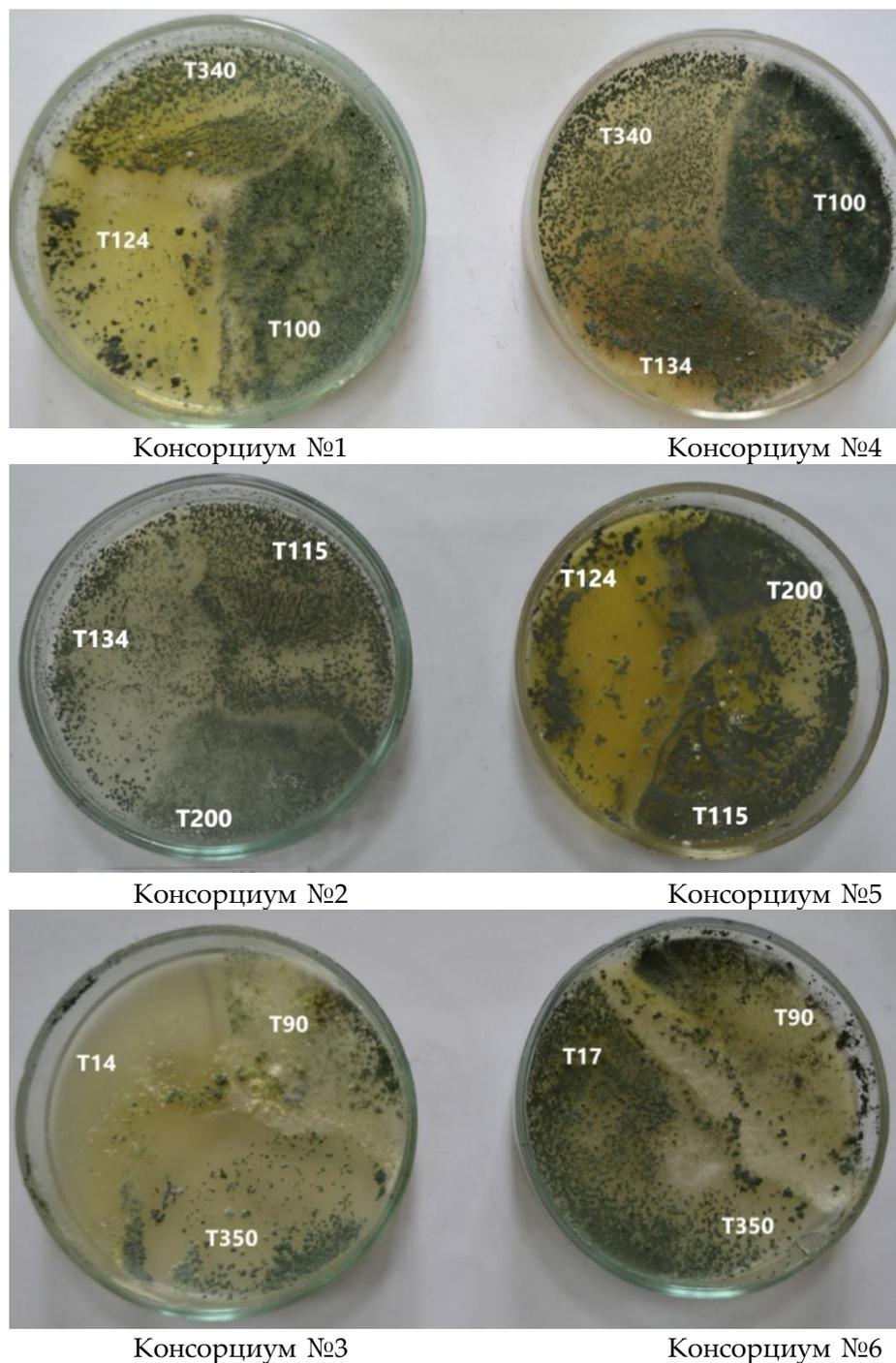


Рисунок 1. Рост штаммов *Trichoderma* в составе консорциумов на отрубном агаре на 7-е сутки культивирования

Создание комплексных микробных препаратов, включающих несколько различных штаммов позволяет добиться большей эффективности в защите растений, по сравнению с препаратами, содержащими в своем составе только один штамм микроорганизма [15]. Таким образом, повышается шанс эффективности консорциума, где в случае неэффективности одного штамма защита растений обеспечивается другими штаммами, входящими в составы комплексных микробных препаратов.

Многочисленными исследованиями была показана эффективность применения консорциумов, состоящих как из различных штаммов гриба рода *Trichoderma*, так и совместно с бактериальными культурами для защиты растений [16, 17, 18].

В целом грибы рода *Trichoderma* широко применяются в качестве биологических агентов защиты растений и стимуляции их роста. Например, исследование показало положительный эффект от применения гриба *Tr. Lignorum* совместно с *B. Bassiana* в борьбе с сельскохозяйственными вредителями [19]. В других работах *Tr. Album* применялся совместно с другими микроорганизмами в качестве инсектицида для защиты сельскохозяйственных культур [20, 21]. Объединение же штаммов или микроорганизмов, обладающих различными полезными свойствами и при этом не конкурирующих между собой, позволяет создать биопрепарат, имеющий аддитивный эффект в защите культур и увеличении урожайности растений. Например, эффективность консорциума, включающего в себя виды *T. viride* и *T. harzianum*, в защите кукурузы была выше, чем когда данные штаммы применялись по отдельности [22]. Таким образом, используемые в создании данных консорциумов виды *Trichoderma* имеют высокий потенциал в защите растений, а также адаптированы к местным почвенно-климатическим условиям.

Заключение

Биопрепараты на основе грибов рода *Trichoderma* ценятся в качестве биофунгицидов как крупными сельхозпроизводителями, так и локальными теплицами благодаря их природной способности подавлять развитие патогенных микроорганизмов, вызывающих серьезные потери урожайности. Создание консорциумов на основе нескольких штаммов позволяет добиться комплексного эффекта в защите сельскохозяйственных культур. На основе проведенных исследований для дальнейшей работы были отобраны консорциумы №2, 3 и 4, так как данные варианты показали хороший рост на всех питательных средах без угнетения роста какого-либо из штаммов. Для производства биопрепаратов на основе триходермальных грибов наиболее приемлемы питательные среды с добавлением овсяной муки и отрубей, где отмечено обильное спороношение.

Финансирование. Данная статья была подготовлена в рамках реализации проекта 1ВГФ/21 «Разработка биотехнологии производства отечественного биофунгицида Триходермин-KZ для защиты сельскохозяйственных культур от болезней», финансируемого по бюджетной программе внутреннего грантового финансирования научно-исследовательских работ молодых ученых НАО «Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина».

Список литературы

1. van Bruggen A.H.C., Gamliel A., Finckh M.R. Plant disease management in organic farming systems //Pest Management Science. – 2016. – Vol. 72. – №. 1. – С. 30-44.
2. Григорук В.В., Климов Е.В. Развитие органического сельского хозяйства в мире и Казахстане. – Анкара: ФАО, 2016. – С. 3-5.
3. Цык В.А. Применение химических средств защиты растений в условиях защищенного грунта [Электронный ресурс]. – URL: <http://gigiena.minsk-region.by/ru/obraz/statyi?id=2516> (дата

обращения: 07.10.2020 г.).

4. Корсак И.В., Сенаторова Н.Н. Испытание биопрепаратов против корневых гнилей огурца в защищенном грунте // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2010. – №. 3. – С. 115-122.

5. Jahan N. et al. Evaluation of the growth performance of *Trichoderma harzianum* (Rifai.) on different culture media // J. Agri. Vet. Sci. – 2013. – Т. 3. – С. 44-50.

6. Woo S.L., Ruocco M., Vinale F., Nigro M., Marra R., Lombardi N., Lorito M. *Trichoderma*-based products and their widespread use in agriculture // The Open Mycology Journal. – 2014. – Vol.8. – №.1. – С. 71-126.

7. Harman G.E. et al. *Trichoderma* species—opportunistic, avirulent plant symbionts // Nature reviews microbiology. – 2004. – Т. 2. – №. 1. – С. 43-56.

8. Федоренко В.П., Ткаленко А.Н., Конверская В.П. Достижения и перспективы развития биологического метода защиты растений в Украине // Защита и карантин растений. – 2010. – №. 4. – С. 12-15.

9. Тилляходжаева Н. Р., Автономов В. А., Хайтбаева Н. С. Иммуностимулирующее действие биопрепарата на хлопчатник в Бухарской области // Наука и мир. – 2020. – Т. 1. – №. 3. – С. 47-49.

10. Kandula D.R.W., Jones E.E., Stewart A., McLean K.L., Hampton J.G. *Trichoderma* species for biocontrol of soil-borne plant pathogens of pasture species // Biocontrol science and technology. – 2015. – Vol. 25. – №. 9. – С. 1052-1069.

11. Kottb M., Gigolashvili T., Großkinsky, D. K., Piechulla, B. *Trichoderma* volatiles effecting *Arabidopsis*: from inhibition to protection against phytopathogenic fungi // Frontiers in microbiology. – 2015. – Vol.6. – С.995.

12. Verma M., Brar S., Tyagi R., Surampalli R., and Valero J. Antagonistic fungi, *Trichoderma* spp.: panoply of biological control // Biochem. Eng. J. – 2007. – Vol. 37, – P. 1-20.

13. Рудаков О.Л. Микофильные грибы и их биология и практическое значение. – Москва: Наука, 1981. – 98 с.

14. Нетрусов А.И., Егорова М.А., Захарчук Л.М. и др. Практикум по микробиологии: Учеб. Пособие для студ. высш. Учеб. Заведений – Москва: Издательский центр «Академия», 2005. – 608с.

15. de Boer M., Bom P., Kindt F., Keurentjes J.J., van der Sluis I., Van Loon L.C., Bakker P. A. Control of *Fusarium* wilt of radish by combining *Pseudomonas putida* strains that have different disease-suppressive mechanisms // Phytopathology. – 2003. – Vol. 93. – №. 5. – P. 626-632.

16. Raguchander T., Saravanakumar D., Balasubramanian P. Molecular approaches to improvement of biocontrol agents of plant diseases // Journal of Biological Control. – 2011. – Vol.25. – №. 2. – P. 71-84.

17. Kumar S., Upadhyay J. P. Compatibility of *Rhizobium* and *Trichoderma* in vitro and in vivo // RAU J. Res. – 2003. – Vol.13. – №. 1-2. – P. 61-64.

18. Rao Y. et al. Management of brown spot (*Drechslera oryzae*) of Rice // Annals of Plant Protection Sciences. – 2013. – Vol.21. – №. 2. – P. 450-452.

19. Fernandez-Daza F.F. et al. Spores of *Beauveria bassiana* and *Trichoderma lignorum* as a bioinsecticide for the control of *Atta cephalotes* // Biological research. – 2019. – Vol. 52. №. 1. – P. 1-8.

20. Ali S.A.M., Saleh A.A.A., FM S. Bioefficacy of plant extracts and entomopathogenic fungi (*Trichoderma album*) in controlling *myzus persicae* and *bemisia tabaci* // plant archives. – 2020. – Vol. 20. – №. 1. – P. 1450-1459.

21. Xiong H. et al. Xylanase production by *Trichoderma reesei* Rut C-30 grown on L-arabinose-rich plant hydrolysates // Bioresource technology. – 2005. – Т. 96. – №. 7. – С. 753-759.

22. Jha M.M., Kumar S., Hasan S. Response of bioagents against maydis leaf blight of maize // Annals of Biology (India). – 2004.-Т.20 (2). – С. 177-179.

Д.М. Ерпашева, Н.Ж. Шуменова, М.Б. Бостубаева, М.М. Макенова, А.П. Науанова
С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

Биофунгицид жасау үшін *Trichoderma* туысы саңырауқұлағының тиімді штамдарының негізінде консорциумдарды таңдау

Аңдатпа. Қазақстан аграрлық ел болғандықтан, отандық және сыртқы нарықта сұранысқа ие және бейорганикалық аналогтармен салыстырғанда жоғарырақ бағамен сатылатын, сапалы органикалық өнімдерді өндіруге жеткілікті ресурстарға ие. Өсімдіктерді қорғаудың биологиялық шараларын өндіріске енгізу шығарылған органикалық өнімдердің сапасын жақсартады, топырақты қалпына келтіруге жағымды әсер етеді. *Trichoderma* туысының саңырауқұлақтары – ауылшаруашылық дақылдарының көптеген саңырауқұлақ аурулары қоздырғыштарының тиімді антагонистері және арзан қоректік орталарда тез өсуімен ерекшеленетін химиялық фунгицидтердің табиғи аналогтары. Әлемдік зерттеулер көрсеткендей, микроағзалардың бірнеше түрінен немесе штамдарынан құрылған консорциумдар бір микробтық түр немесе штаммы бар препараттарға қарағанда өсімдіктерді қорғаудың биологиялық шарасы ретінде жоғары тиімділікке ие. Осылайша, әрбір жеке консорциумда қарсы келетін культуралар әдісі бойынша үш түрлі *Trichoderma* штамдарын әр жеке штамның өсуі мен дамуын тежемей өсіру мүмкіндігі зерттелді. Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері бойынша әр штамның өсуін елеулі түрде бәсеңдетпей, үйлесімді өскен, 2, 3 және 4 нөмірлі 3 консорциум таңдалды. Сонымен қатар, зерттеулер *Trichoderma* штамдарының Чапек - Докс синтетикалық ортасында емес, кебек пен сұлы ұнының негізінде дайындалған органикалық қоректік орталарда жақсы өсетінін және спораланатындығын көрсетті. Іріктелген консорциумдар ауылшаруашылық дақылдарының әртүрлі ауру қоздырғыштарына қатысты антагонистік қасиеттерді қарастыру үшін кейінгі зерттеу жұмыстарында қолданылады. Сонымен қатар, конидиялардың көп мөлшері мен ұзақ сақтау мерзімін қамтамасыз ететін өсірудің оңтайлы шарттары анықталады.

Түйін сөздер: *Trichoderma* туысы саңырауқұлақтарының антагонистік штамдары, консорциумдар, биофунгицидтер.

D.M. Yerpasheva, N.Zh. Shumenova, M.B. Bostubayeva, M.M. Makenova, A.P. Nauanova
S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Nur-Sultan, Kazakhstan

Selection of consortia based on effective strains of *Trichoderma* fungi to create a biofungicide

Abstract. As an agrarian country, Kazakhstan has sufficient resources to produce high quality organic products which are in demand in foreign markets and can be sold at higher price in comparison with inorganic analogue. The use of biological plant protection measures will improve the quality of produced organic products, as well as will positively effect on soil recovery. Fungi of the genus *Trichoderma* are effective antagonists of many fungal pathogens of crops and natural alternative of chemical fungicides, characterized by rapid growth on cheap nutrient media. Studies all over the world show that consortia consisting of several microbial species or strains are more effective as a biological plant protection measure than preparations comprising a single microbial species or strain. Thus, the possibility of cultivating three different *Trichoderma* strains without inhabiting the growth and development of each individual strain as part of a separate consortium was studied by the method of counter cultures. As a result of the studies performed, three most compatible consortia numbered 2, 3 and 4 were selected, without noticeable suppression of the growth of each strain. Studies have also shown abundant growth and sporulation of *Trichoderma* strains on organic nutrient media based on bran and oat flour, rather than on synthetic Czapek-Dox medium. The selected consortia will be used in further research to identify their antagonistic properties in relation to various pathogens of agricultural

crops. Moreover, the most optimal conditions will be determined, providing many conidia with a long shelf life.

Keywords: antagonistic *Trichoderma* strains, consortia, biofugicide.

References

1. van Bruggen A.H.C., Gamliel A., Finckh M.R. Plant disease management in organic farming systems, *Pest Management Science*, 72(1), 30-44 (2016).
2. Grigoruk V.V., Klimov E.V. Razvitie organicheskogo sel'skogo hozyajstva v mire i Kazahstane [Development of organic agriculture in the world and Kazakhstan], (Ankara: FAO, 2016, 3-5 p.). [in Russian]
3. Tsyk V.A. Primenenie khimicheskikh sredstv zashchity rastenii v usloviakh zashchishchennogo grunta [Application of plant protection chemicals in protected ground conditions]. [Electronic resource]. Available at: <http://gigiena.minsk-region.by/ru/obraz/statyi?id=2516> (Accessed: 7.10.2020).
4. Korsak I.V., Senatorova N.N. Ispytanie biopreparatov protiv kornevykh gnilei ogurtsa v zashchishchennom grunte, *Izvestiia Timiriazevskoi selskokhoziaistvennoi akademii* [Test of biological products against root rot of cucumber in protected ground, *News of the Timiryazev Agricultural Academy*], 3, 115-122 (2010). [in Russian]
5. Jahan N. et al. Evaluation of the growth performance of *Trichoderma harzianum* (Rifai.) on different culture media, *J. Agri. Vet. Sci.*, 3, 44-50 (2013).
6. Woo S.L., Ruocco M., Vinale F., Nigro M., Marra R., Lombardi N., Lorito M. *Trichoderma*-based products and their widespread use in agriculture, *The Open Mycology Journal*, 8(1), 71-126 (2014).
7. Harman G.E. et al. *Trichoderma* species-opportunistic, avirulent plant symbionts, *Nature reviews microbiology*, 2(1), 43-56 (2004).
8. Fedorenko V.P., Tkalenko A.N., Konverskaya V.P., Dostizheniia i perspektivy razvitiia biologicheskogo metoda zashchity rastenii v Ukraine, *Zashchita i karantin rastenii* [Achievements and prospects for the development of the biological methods of plant protection in Ukraine, *Plant protection and quarantine*], 4, 12-15 (2010). [in Russian]
9. Tillyahodzhaeva N.R., Avtonomov V.A., Hajtbaeva N.S. Immunostimuliruyushchee dejstvie biopreparata na hlochatnik v Buharskoj oblasti, *Nauka i mir* [immunostimulatory effect of a biological product on cotton in the Bukhara region, *Science and World*], 1(3), 12-15 (2010). [in Russian]
10. Kandula D. R. W., Jones E.E., Stewart A., McLean K.L., Hampton J.G. *Trichoderma* species for biocontrol of soil-borne plant pathogens of pasture species, *Biocontrol science and technology*, 25(9), 1052-1069 (2015).
11. Kottb M., Gigolashvili T., Großkinsky, D. K., Piechulla, B. *Trichoderma* volatiles effecting *Arabidopsis*: from inhibition to protection against phytopathogenic fungi, *Frontiers in microbiology*, 6, 995 (2015).
12. Verma, M., Brar, S., Tyagi, R., Surampalli, R., and Valero, J. Antagonistic fungi, *Trichoderma* spp.: panoply of biological control, *Biochem. Eng. J.*, 37, 1-20 (2007).
13. Rudakov O.L. Mikofilnye griby i ikh biologiia i prakticheskoe znachenie [Mycophilic fungi and their biology and practical significance] (Moscow: Nauka, 1981, 98 p.). [in Russian]
14. Netrusov A.I., Egorova M.A., Zakharchuk L.M. and others. *Praktikum po mikrobiologii: Ucheb. Posobie dlia stud. vyssh. Ucheb. Zavedenii* [Workshop on microbiology: Textbook. A guide for students] (Moscow: Publishing Center "Academy", 2005, 608 p.). [in Russian]
15. de Boer M., Bom P., Kindt F., Keurentjes J.J., van der Sluis I., Van Loon L.C., Bakker P. A. Control of *Fusarium* wilt of radish by combining *Pseudomonas putida* strains that have different disease-suppressive mechanisms, *Phytopathology*, 93(5), 626-632 (2003).
16. Raguchander T., Saravanakumar D., Balasubramanian P. Molecular approaches to improvement of biocontrol agents of plant diseases, *Journal of Biological Control*, 25(2), 71-84 (2011).

17. Kumar S., Upadhyay J. P. Compatibility of Rhizobium and Trichoderma in vitro and in vivo, RAU J. Res, 13(1-2), 61-64 (2003).
18. Rao Y. et al. Management of brown spot (*Drechslera oryzae*) of Rice, Annals of Plant Protection Sciences, 21(2), 450-452 (2013).
19. Fernandez-Daza F. F. et al. Spores of *Beauveria bassiana* and *Trichoderma lignorum* as a bioinsecticide for the control of *Atta cephalotes*, Biological research, 52(1), 1-8 (2019).
20. Ali S.A.M., Saleh A.A.A., FM S. Bioefficacy of plant extracts and entomopathogenic fungi (*Trichoderma album*) in controlling *myzus persicae* and *bemisia tabaci*, Plant archives, 20(1), 1450-1459 (2020).
21. Xiong H. et al. Xylanase production by *Trichoderma reesei* Rut C-30 grown on L-arabinose-rich plant hydrolysates, Bioresource technology, 96(7), 753-759 (2005).
22. Jha M.M., Kumar S., Hasan S. Response of bioagents against maydis leaf blight of maize, Annals of Biology (India), 20 (2), 177-179 (2004).

Сведения об авторах:

Ерпашева Д.М. – магистр естественных наук (биология), младший научный сотрудник, Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, Казахстан.

Шуменова Н.Ж. – докторант, младший научный сотрудник, Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, Казахстан.

Бостубаева М.Б. – докторант, младший научный сотрудник, Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, Казахстан.

Макенова М.М. – докторант, младший научный сотрудник, Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, Казахстан.

Науанова А.П. – д.б.н., профессор, декан агрономического факультета, Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, Казахстан.

Yerpasheva D.M. – Master of Natural Sciences (Biology), Junior Researcher, S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Shumenova N.Zh. – Ph.D. student, Junior Researcher, S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Bostubayeva M.B. – Ph.D. student, Junior Researcher, S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Makekova M.M. – Ph.D. student, Junior Researcher, S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Naunanova A.P. – Doctor of Biological Sciences, Professor, Dean of the Agronomy Department, S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Nur-Sultan, Kazakhstan.