

# ЭКОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГРИБОВ РОДА TRICHODERMA, РАСПРОСТРАНЕННЫХ В РАЗЛИЧНЫХ БИОТОПАХ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ

## ECOPHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF FUNGI FROM THE GENUS TRICHODERMA, SPREAD IN VARIOUS BIOTOPES OF AZERBAIJAN

**G. Aliyeva  
T. Agayeva**

*Summary.* From the result of research were found of 10 species (*Trichoderma album* Preuss, *T. asperellum* Samuels, *T. atroviride* P. Karst., *T. citrinoviride* Bissett, *T. hamatum* (Bonord.) Bainier, *T. harzianum* Rifai, *T. conidia* Oudem, *T. longibrachiatum* Rifai, *T. oblongisporum* Bissett и *T. viride* Pers.) of fungi from the genus of *Trichoderma* spread in different territories of Azerbaijan. The influence of temperature, molecular oxygen, and other environmental factors (pH, humidity, etc.) on the growth rate of the registered fungi are different, and mainly quantitative.

*Keywords:* genus *Trichoderma*, abiotic factors, typical mesophile, frequency of occurrence, aerobic.

**Алиева Гульнар Рахим кызы**

Сотрудник, Сумгаитский Государственный  
Университет; диссертант, Институт Микробиологии  
НАНА, г. Баку  
azmbi@mail.ru

**Агаева Тарана Сафар кызы**

Докторант(SD), Институт Микробиологии НАНА,  
г. Баку  
article\_1@mail.ru

*Аннотация.* В результате проведенных исследований обнаружено распространение на различных территориях Азербайджана 10 видов грибов (*Trichoderma album* Preuss, *T. asperellum* Samuels, *T. atroviride* P. Karst., *T. citrinoviride* Bissett, *T. hamatum* (Bonord.) Bainier, *T. harzianum* Rifai, *T. conidia* Oudem, *T. longibrachiatum* Rifai, *T. oblongisporum* Bissett и *T. viride* Pers.) рода *Trichoderma*. Влияние температуры, молекулярного кислорода и других факторов среды (pH, влажность и т. др.) на скорость роста зарегистрированных грибов различно и в основном носит количественный характер.

*Ключевые слова:* род *Trichoderma*, абиотические факторы, типичный мезофил, частота встречаемости, аэроб.

Известно, что грибы, как постоянный компонент гетеротрофного блока любого ценоза, содержащего органическое вещество, выполняют различные функции (деструкция, продукция, регуляция и индикация) [2, 15, 20]. Хотя и существует достаточное количество исследований, посвященных выяснению их свойств в этом направлении, но они сегодня все еще открыты для исследования и исследования время от времени обнаруживают у них новые свойства. С другой стороны, усиление антропогенного воздействия на окружающую среду приводит как к количественным, так и к качественным изменениям функций, выполняемых грибами [21]. В связи с этим представляет интерес изучение микромицетов [8–9], особенно их сапротрофных видов [12–13], распространенных в природных и агроценозах, а также в различных ценозах, подверженных антропогенным воздействиям, и одними из этих грибов являются виды, принадлежащие роду *Trichoderma*. Так, виды, принадлежащие этому роду, характеризуются большим видовым разнообразием гетеротрофных блоков в основном природных экосистем и участвуют во всех функциях, выполняемых грибами [7]. По этой причине их физиология, биохимия, филогения, экология и т. др. особенности являются одной из проблем, которые все еще всесторонне

изучаются [10–11]. Несмотря на все это, потенциал грибов *Trichoderma* не только не исчерпан, но и полностью не раскрыт. Следует отметить, что сведения об изучении грибов этого рода можно найти в составе общей микобиоты любого биотопа. Однако, изучение этого рода как особого предмета исследований встречается редко, о чем свидетельствуют также микологические исследования в Азербайджане.

Следует отметить, что в зависимости от биологических характеристик генетических и адаптивных изменений отдельных видов, участвующих в формировании грибных сообществ, выживание и функционирование их в тех или иных условиях определяется влиянием факторов окружающей среды [17, 19]. Таким образом, на популяцию каждого вида воздействует комплекс экологических и биотических факторов, в результате чего образуются штаммы, характеризующиеся определенными физиологическими и биохимическими характеристиками.

Учитывая выше сказанное, целью представленной работы явилось выяснение влияния факторов среды, а точнее некоторых абиотических факторов, на распро-

странение грибов рода *Trichoderma*, зафиксированных в ходе исследований.

### Материалы и методы

Образцы для исследования были взяты с почв, подверженных разным уровням антропогенного воздействия и с относительно чистых почв Азербайджана, в первую очередь Апшеронского полуострова. Отбор проб, подготовка их к лабораторным анализам, выделение грибов в чистую культуру проводились по общеизвестным методам, широко применяемым сегодня в микологии [1, 5–6]. Идентификация проводилась согласно созданным на основе культурально-морфологических признаков определителям [14, 16], название и систематизация грибов в соответствии с данными официального сайта Международной Микологической Ассоциации [18].

Для оценки влияния температуры на рост выделенных штаммов грибов использовали различные температурные режимы, а культивирование проводилось на СА. Температурный режим при культивировании приводился в 5 интервалах: 10–15, 15–20, 20–25, 25–30 и 30–35 °С.

Частоту встречаемости видов грибов рода *Trichoderma* определяли по формуле  $P = (n / N) \times 100$ , где  $P$  — частота встречаемости грибов в образцах (в%),  $n$  — количество обнаруженных грибов (в ед.),  $N$  — общее количество образцов. (в ед.).

Все эксперименты проводились как минимум в 4-х повторностях, а полученные результаты были статистически обработаны [3]. Достоверными считались только результаты, соответствующие формуле  $m / M = P \leq 0,05$  (где  $M$  — среднее значение повторений,  $m$  — среднее квадратичное отклонение,  $P$  — критерий Стьюдента).

### Результаты и их обсуждения

Анализ образцов, взятых из различных экосистем Азербайджана, а также Апшеронского полуострова, выявил распространение 10 видов грибов, относящихся к роду *Trichoderma*, включающего такие виды как *Trichoderma album* Preuss, *T. asperellum* Samuels, *T. atroviride* P. Karst., *T. citrinoviride* Bissett, *T. hamatum* (Bonord.) Bainier, *T. harzianum* Rifai, *T. koningi* Oudem, *T. longibrachiatum* Rifai, *T. oblongisporum* Bissett и *T. viride* Pers. По результатам лабораторных исследований чистых культур этих видов было выявлено, что все грибы рода *Trichoderma*, распространенные в разных частях Азербайджана, относятся к типичным мезофилам, но отличаются друг от друга благоприятными для их жизнедеятельности минимальными и максимальными значениями температуры, и среди них встречаются

даже виды, для которых оптимальной температурой является 30–32 °С (табл. 1). Например, для роста грибов *T. asperellum* и *T. harzianum* оптимальная температура среды составляет 32 и 30 °С соответственно, в то время как аналогичный показатель для таких видов, как *T. atroviride*, *T. citrinoviride*, *T. coningi*, *T. longibrachiatum* и *T. oblongisporum*. Contane составляет 26 °С. Для остальных 3 видов оптимальная температура роста составила 28 °С.

Надо отметить, что существует некоторая разница между минимальным и максимальным значениями температуры, обеспечивающей жизнедеятельность грибов рода *Trichoderma*. Так, даже если рост грибов на минимальных значениях приостанавливается, то повышение температуры до оптимума приводит к возобновлению роста, но при максимальных значениях такого явления не наблюдается, т.е. процессы, происходящие при высоких температурах являются необратимыми, а при низких температурах носят обратимый характер.

Следует отметить, что виды, принадлежащие к роду *Trichoderma*, особенно *T. viride*, являются важными перспективными грибами как продуценты ферментов с литической [4] и целлюлолитической активностью [22], но принадлежность их к типичным мезофилам обуславливает низкую термостабильность синтезируемых ими целлюлолитических ферментов. Это расценивается как недостаток препаратов целлюлолитических ферментов, полученных из грибов этого рода. Так, период полуинактивации синтезируемого данными грибами фермента эндоглюканазы составляет 12–15 минут.

Одним из абиотических факторов, влияющих на рост живых организмов, в том числе грибов, является наличие в окружающей среде свободного кислорода, влияние которого на живой организм характеризуется по-разному. Так, для некоторых живых организмов присутствие кислорода в окружающей среде является жизненной необходимостью, а для других — основанием для их гибели. По этой причине очередной задачей исследования явилось изучение влияния этого фактора. Результаты проведенных исследований показали, что все виды этого рода истинные аэробы, а виды этого рода обитают на той глубине почвы, где циркулирует нормальный воздушный поток. Это охватывает 0–40 см глубины почвы (Таблица 2).

Надо отметить, что фактор глубины, а точнее влияние кислорода, также оказывает серьезное влияние на морфологию грибов, так у грибов рода *Trichoderma*, обнаруженных в образцах почв глубоких слоев (20–40 см) образование фиалид не наблюдается, тогда как грибы образцов верхнего слоя почвы образуют большое количество фиалид. Аналогичные различия наблюдаются

Таблица 1. Влияние температуры на распространение грибов рода *Trichoderma*

N	Виды	Показатели температуры для жизнедеятельности грибов		
		минимальная	оптимальная	максимальная
1	<i>T.album</i>	4	28	36
2	<i>T.asperellum</i>	5	32	40
3	<i>T.atroviride</i>	4	26	35
4	<i>T.citriniviride</i>	4	26	35
5	<i>T.harzianum</i>	5	30	38
6	<i>T.hamatum</i>	5	28	37
7	<i>T.koningi</i>	4	26	35
8	<i>T.longibrachiatum</i>	4	26	35
9	<i>T.oblongisporum</i>	4	26	35
10	<i>T.viride</i>	4	28	38

Таблица 2. Частота встречаемости видов грибов рода *Trichoderma* в зависимости от глубины(%)

N	Виды	Глубина, см		
		0–20	20–40	40–60
1	<i>T.album</i>	93	36	0
2	<i>T.asperellum</i>	96	34	0
3	<i>T.atroviride</i>	95	37	0
4	<i>T.citriniviride</i>	90	35	0
5	<i>T.harzianum</i>	94	32	0
6	<i>T.hamatum</i>	95	35	0
7	<i>T.koningi</i>	90	34	0
8	<i>T.longibrachiatum</i>	89	28	0
9	<i>T.oblongisporum</i>	88	33	0
10	<i>T.viride</i>	92	31	0

и в ферментативной активности и процесса конидиогенеза штаммов грибов, причем по мере увеличения глубины ферментативная активность грибов снижается, а образование конидий ослабевает.

Хотя исследования других факторов, в первую очередь pH и влажность, и показали в некоторой степени различия грибов рода *Trichoderma*, для их широкого распространения значение pH среды должно быть ниже нейтрального, т.е. значение благоприятное для роста всех грибов (4,0–6,0), а влажность почвы не менее 3–5%. Этот факт неоднократно подтвержден как нашими, так и литературными данными.

В целом следует отметить, что коэффициент влажности является одним из важных факторов в жизни живых организмов хотя бы потому, что все процессы, протекающие в живых организмах, происходят в водной среде, а естественная влажность воздуха является одним из основных источников проникновения воды в орга-

низмы, особенно в грибные. Однако низкая влажность среды, в частности 3–5%, как отмечалось выше, дает возможность развиваться грибам. Однако, для других живых организмов эта цифра не считается благоприятной для роста. Причину этого, на наш взгляд, следует искать в особенностях питания грибов. Так, хотя грибы, как и животные, питаются гетеротрофно, вода и водорастворимые вещества попадают в их тела не с одной области, а со всей поверхности тела. Это позволяет им лучше использовать даже малейшее количество влаги в окружающей среде. Неслучайно на сегодняшний день среди живых организмов грибы считаются самыми засухоустойчивыми.

Таким образом, в результате исследований выявлено, что в экологически различных районах Азербайджана распространены 10 видов грибов рода *Trichoderma*, которые под влиянием абиотических факторов (температура, молекулярный кислород, pH и др.) обладают различными особенностями.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М., 1997, 416с.
2. Звягинцев Д.Г., Бабьева И. П., Зенова Г. М. Биология почв. М.: Изд-во МГУ, 2005, 447 с.
3. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006, 816 с.
4. Маркович Н.А., Кононова Г.Л. Литические ферменты *Trichoderma* и их роль при защите растений от грибных болезней (обзор)// Прикладная биохимия и микробиология, 2003, том 39, № 4, с. 389–400
5. Методы экспериментальной микологии/Под. ред. Билай В. И. Киев: Наукова думка, 1982, 500с.
6. Нетрусов А.И., Егорова М. А., Захарчук Л. М. и др. Практикум по микробиологии. -М.: Издательский центр «Академия», 2005, 608с.
7. Садыкова В.С., Третьякова И. Н., Носкова Н. Е., Бондарь П. Н. Антагонистическая и ростстимулирующая активность штаммов родов *Trichoderma* и перспективы их использования в биоконтроле // Иммунопатология, аллергология, инфектология, 2009, № 2, с. 71–72;
8. Терехова В. А. Микромицеты в экологической оценке водных и наземных экосистем. М.: Наука, 2007, 215 с.
9. Широких А.А., Колупаев А. В. Грибы в биомониторинге наземных экосистем// Теоретическая и прикладная экология, 2009, № 3, с. 4–14.
10. Araújo, J.P.M. & Hughes, D.P. (2016). Diversity of entomopathogenic fungi: which groups conquered the insect body? *Advances in Genetics* 94, 1–39.
11. Bakshaliyeva K. F. Namazov N. R. Jabrailzade S. M. Yusifova A. A., Rzaeva A. L. Ecophysiological Features of Toxigenic Fungi Prevalent in Different Biotores of Azerbaijan.// *Biointerface Research in Applied Chemistry(ROMANIA)*, 2020, v. 10, is. 6, p.6773–6782
12. Bills G.F., Christensen M., Powell M. J., Thorn G. Saprobic soil fungi. In: Mueller G. M., Bills G. F., Foster M. S. (eds) *Biodiversity of fungi: inventory and monitoring methods*// Elsevier Academic Press. — San Diego, CA., 2004, p. 271–302.
13. Boddy, L. & Hiscox, J. Fungal ecology: principles and mechanisms of colonization and competition by saprotrophic fungi. In *The Fungal Kingdom, Edition* (eds J. Heitman, B. J. Howlett, P.W. Crous, E. H. Stukenbrock, T. Y. James and N. A. R. Gow), 2016, p.293–308
14. Domsh K.H., Gams W., Andersen T. H. *Compendium of soil fungi*. London: Acad. Press., 1993, v. 1, 859p.
15. Frąc, M., Hannula, S.E., Beřka, M., Jędryczka M. Fungal Biodiversity and Their Role in Soil Health.//*Front Microbiol.*, 2018; 9: 707.
16. Kirk P.M., Stalpers J. A. *Dictionary of the fungi*, 10th edn. CABI publishing / P. M. Kirk, P. F. Cannon, D. W. Minter. — Wallingford(UK), 2008, 600 p.
17. Klironomos J. The Actions of Fungi in Ecosystems.// *BioScience*, 2007, v.57, is. 11,, p. 981–982
18. <https://www.mycobank.org/quicksearch.aspx>
19. Naranjo-Ortiz M.A., Gabaldó T. Fungal evolution: major ecological adaptations and evolutionary transitions. *Biological Reviews*, 2019, v. 94, is. 4, p.1443–1476
20. Newbound M, Mccarthy MA, Lebel T. Fungi and the urban environment: a review. *Landsc Urban Plann.*, 2010, v.96, p.138–145.
21. Ruete A., Snäll T. and Jönsson M. Dynamic anthropogenic edge effects on the distribution and diversity of fungi in fragmented old-growth forests. *Ecological Applications*, 2016, Vol. 26, No. 5, p. 1475–1485
22. Zapata Y.M., Galviz-Quezada A., Osorio-Echeverri V. M. Cellulases production on paper and sawdust using native *Trichoderma asperellum*// *Universitas Scientiarum*, 2018, v.23 (3), p.419–436.