

# ИЗУЧЕНИЕ ГРИБНОГО БИОРАЗНООБРАЗИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ АЗЕРБАЙДЖАНА И ОЦЕНКА ИХ ФИТОТОКСИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

## STUDY OF FUNGAL BIODIVERSITY OF OIL-POLLUTED SOILS OF AZERBAIJAN AND ASSESSMENT OF THEIR PHYTOTOXIC ACTIVITY

A. Ahmedli  
G. Seyidova

**Summary.** Due to the diversity of climate and physical and geographical position, the Republic of Azerbaijan has unique biocenoses in its ecosystems, both pure and exposed to anthropogenic impact, including pollution. This uniqueness is also reflected in the fungal biodiversity that is found in oil-polluted soils. Although the biodiversity of micromycetes in oil-contaminated soils of the Absheron Peninsula, the region where oil was extracted on land for the first time in the world, has been studied by researchers in different years, these studies do not allow us to provide a statistical assessment of this biotope. Based on the latest research, we have identified 38 species of micromycetes belonging to 16 genera. In addition, an assessment of the phytotoxic activity of all species isolated in pure culture was carried out. Weak phytotoxic activity was demonstrated by such fungi as *A. pullulans*, *T. herbarum* and *P. circinan*, and strong phytotoxic activity was demonstrated by *F. oxysporum*, *F. verticillioides* and *P. chrysogenum*. These data also contribute to a better understanding of the relationship between plants and fungi.

**Keywords:** Absheron Peninsula, oil-contaminated soils, fungi, phytotoxicity.

**Ахмедли Агил Адем оглы**

докторант, Институт Микробиологии МНО АР, г.Баку  
akil.ahmedli99@gmail.com

**Сеидова Гюлар Мирджафар кызы**

д.б.н., Азербайджанский  
Медицинский Университет, г. Баку  
seyidova\_gular@mail.ru

**Аннотация.** Благодаря разнообразию климата и физико-географическому положению, Азербайджанская Республика имеет в своих экосистемах уникальные биоценозы, как чистые, так и подверженные антропогенному воздействию, в том числе загрязнению. Эта уникальность также отражается в грибном биоразнообразии, которое встречается на нефтезагрязненных почвах. Хотя биоразнообразие микромицетов нефтезагрязненных почв Апшеронского полуострова — региона, где впервые в мире была добыта нефть на суше, — изучалось исследователями в разные годы, эти исследования не позволяют дать статистическую оценку данного биотопа. На основе новейших исследований нами выявлено 38 видов микромицетов, принадлежащих к 16 родам. Кроме того, была проведена оценка фитотоксической активности всех видов, выделенных в чистую культуру. Слабая фитотоксическая активность проявлялась у таких грибов, как *A. pullulans*, *T. herbarum* и *P. circinan*, а сильная — у видов *F. oxysporum*, *F. verticillioides* и *P. chrysogenum*. Эти данные также способствуют лучшему пониманию взаимоотношений между растениями и грибами.

**Ключевые слова:** Апшеронский полуостров, нефтезагрязненные почвы, грибы, фитотоксичность.

Почва является источником природных ресурсов, она содержит не только ценные подземные ресурсы, такие как нефть, газ и минеральные вещества, но также хранит биоразнообразие почвы, которое, в свою очередь, считается в современную эпоху более ценным, чем первые перечисленные [18]. Достаточно сложная почвенная экосистема как среда обитания представляет собой комплексную структуру. Физико-химические свойства её состава, различие в распределении питательных веществ и концентрации газа (а также газосодержания) приводят к многоликости биоразнообразия почвы. Это позволяет обитающему здесь живому разнообразию менять размеры от нескольких  $\mu\text{m}$  до см [17].

Разнообразие животных, обитающих в почве — это многообразие микроорганизмов, нематод, беспозвоночных разной величины (червей, насекомых), млекопитающих и растений, которые, в свою очередь, приводят к резкому различию биомассы и видового разнообра-

зия, образуемого ими в разных типах почв [8, 12]. Это, в основном, объясняется экологическими факторами различных типов почв: водоемкостью, пористостью, изменением количества необходимых органических и минеральных веществ, загрязняющих веществ и антропогенным влиянием человека [14].

С другой стороны, изучение экосистем, подверженных антропогенному загрязнению в современное время, влияние загрязнения на биоту в этой среде также является серьезной темой исследований, и, без сомнения, если речь идет о почвенной экосистеме, то в центре внимания должно быть изучение организмов, распространенных в нефтезагрязненных почвах. Как известно, нефтяное загрязнение считается негативным для всех живых групп, населяющих почвенную экосистему. Хотя большинство растений и животных уничтожаются даже небольшим количеством загрязнения, этого нельзя сказать о микроорганизмах [9, 11, 16].

Азербайджанская Республика исторически страдала от этой экологической проблемы, поскольку является территорией, где нефть была впервые добыта на суше. Республика сохраняет собственное биоразнообразие микромицетов на своей территории. Только на Апшеронском полуострове имеется 22,6 га загрязненных нефтью почв, что свидетельствует о глубине проблемы [1]. Эта идея, то есть распространение в сильнозагрязненных нефтью почвах микроскопических грибов и бактерий, в отличие от растений и животных, нашла отражение как в местном [6], так и в мировом опыте [9–10], но исследования, направленные на выяснение этих вопросов до сих пор вполне актуальны.

Поэтому целью представленной работы является анализ грибной биоты почв Апшеронского полуострова с разной степенью нефтезагрязнения и выяснение характера влияния загрязнения на биологическую активность почвы.

**Материалы и методы**

Для исследований были взяты почвы Апшеронского полуострова с различной степенью нефтяного загрязнения. С этой целью возле нефтяных скважин в Бинагадинском, Сураханском, Сабаильском, Балаханском районах Апшеронского полуострова было взято 24 почвенных проб. Из каждой нефтяной скважины было отобрано по четыре пробы, одна проба взята из части слива нефти, а остальные три пробы отобраны с глубины 0–20 см на расстоянии 1–1,5 м, 25 м и 100 м от скважины. Отбор проб, выделение грибов и выведение их в чистую культуру проводили по классическим методам, принятым в микробиологии и микологии [3]. В качестве питательных сред использовали агаризованное солодовое сусло (СА), агар Сабура, агаризованный Чапек и картофельный агар. Приготовление питательных сред, посев взятых проб, инокуляцию и инкубацию проводили по соответствующим методикам [4].

Для определения видов выделенных в исследовании грибов были использованы их морфолого-культуральные и микроскопические изображения. Определение проводили на основании таких характеристик как ширина, длина, форма конидий (conidia) и конидиеносца, а также различных характеристик колоний в чашке Петри [5, 13, 20].

Фитотоксическую активность микромицетов оценивали по влиянию на всхожесть семян растений, применяя методы и подходы, использованные в работах различных авторов [2].

**Результаты и их обсуждение**

В результате анализа отобранных из исследуемых территорий образцов в чистую культуру выделе-

но 129 штаммов, принадлежащих к натошим грибам (*Mycota* или *Fungi*). Согласно классическим подходам при определении видового состава этих культур установлено, что они относятся к 16 родам и 38 видам. Как видно из табл. 1, более 45 % штаммов, выделенных в чистую культуру, относятся к трем родам — *Aspergillus*, *Penicillium* и *Mucor*. Представители других родов имеют соответствующую долю в 55 %. Кроме того, из нефтезагрязненных почв в чистую культуру были выделены виды, принадлежащие родам *Orbilia*, *Pirella*, *Talaromyces*, которые не представлены в таблице. Первые три рода с долей 45 % являются доминирующими видами на территории, формируют ядро микромицетной биоты и сохраняют свою жизнедеятельность на фоне высоких концентраций нефти (табл. 1).

Таблица 1.

Распределение штаммов по родам

N	Роды	Количество	%
1	<i>Aspergillus</i>	25	19,3 %
2	<i>Penicillium</i>	19	14,7 %
3	<i>Mucor</i>	16	12,5 %
4	<i>Fusarium</i>	13	10 %
5	<i>Rhizopus</i>	11	8,5 %
6	<i>Cladosporium</i>	9	6,9 %
7	<i>Alternaria</i>	9	6,9 %
8	<i>Trichoderma</i>	8	6,2 %
9	Другие роды	19	14,7 %
	Общее количество	129	100 %

Выявленные роды грибов различаются по культурально-морфологическим и физиологическим особенностям, а также по числу видов, что подтверждается нижеприведенными данными.

Род — ***Penicillium***. При определении видового разнообразия установлено, что виды этого рода широко распространены на нефтезагрязненных землях Азербайджана. Нами было идентифицировано 12 видов, принадлежащих этому роду. Это виды *P. aurantiogriseum* var. *aurantiogriseum*, *P. canescens*, *P. chrysogenum*, *P. citrinum*, *P. cyclopium*, *P. decumbens*, *P. glabrum*, *P. janthinellum*, *P. jensenii*, *P. lanosum*, *P. oxalicum* и *P. restrictum*.

Род — ***Aspergillus***. Виды этого рода, широко распространенные в почвах территории исследования, приспособлены к обитанию даже в районах с высоким уровнем загрязнения и являются доминирующими видами. В результате наших исследований установлено, что виды этого рода, широко распространены на нефтезагрязнен-

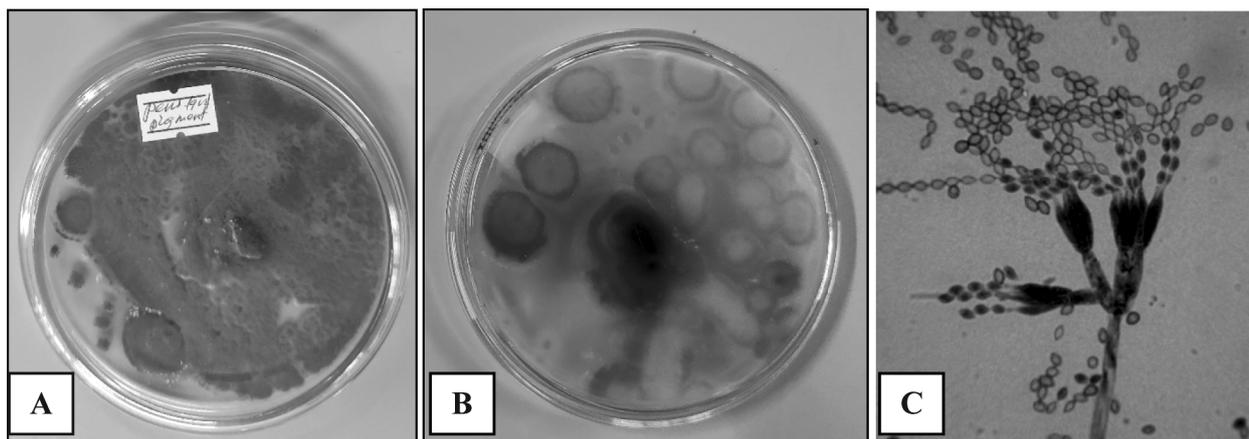


Рис. 1. *Talaromyces purpureogenus*  
Вид колонии: А — сверху, В — снизу С — микроскопическое изображение

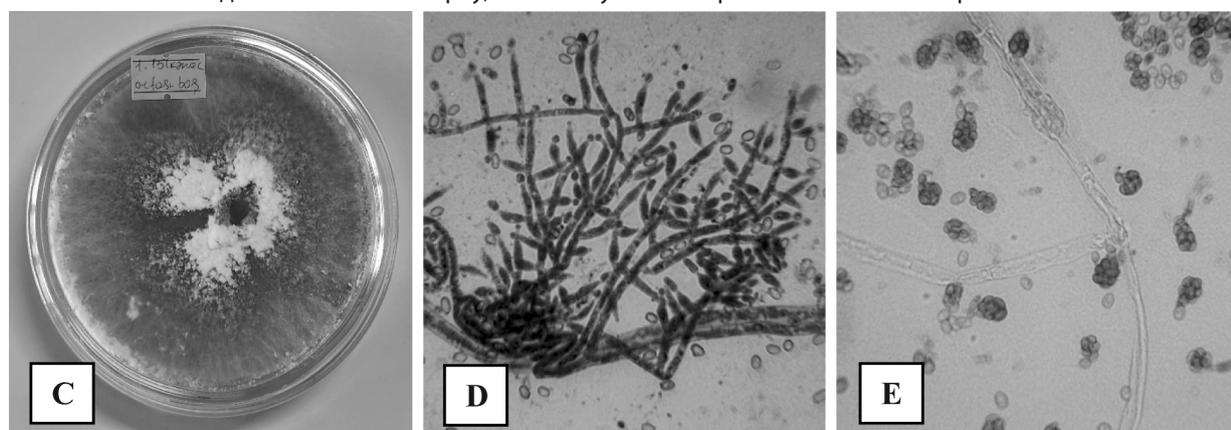


Рис. 2. *Trichoderma longibrachiatum*  
С — макроскопическое изображение колонии, D, E — конидии и фиалиды

ных почвах нашей республики. Этот род представлен пятью видами: *A. flavus*, *A. niger*, *A. ochraceus*, *A. versicolor*, *A. ustus* и *A. terreus*. Виды, принадлежащие данному роду, также обладают сильной фитотоксической активностью.

Род — ***Mucor***. Идентифицировано три вида этого рода. Это виды *M.circinelloides*, *M.hiemalis* и *M.indicus*. По литературным данным, первые два вида были выделены как из нефтезагрязненных почв, так и из различных субстратов разных территорий республики. Однако не встречались сведения о распространении вида *M.indicus* на территории республики. Большинство штаммов, принадлежащих указанным выше всем трем видам, было выделено из участков с высоким уровнем нефтяного загрязнения. Это указывает на толерантность данных видов к загрязнению.

Род — ***Talaromyces***. Идентифицированы два вида этого рода (*Talaromyces funiculosus* и *Talaromyces purpureogenus*) (рис. 1). Этот тип грибов обладает мощной способностью выделять красный пигмент. Фитотоксическая активность наблюдалась у всех видов, принадлежащих к этому роду.

Род — ***Fusarium***. Оба вида этого рода характеризуются высокой фитотоксической активностью. К этому роду относятся виды *F. oxysporum* и *F. verticillioides*. Кроме того, эти виды толерантны к нефтезагрязнению.

Род — ***Trichoderma***. Из видов этого рода, распространенных на слабозагрязненных нефтью почвах республики, получены стимулирующие биопрепараты, используемые при выращивании различных растений как в мировом сельском хозяйстве, так и в сельском хозяйстве нашей республики. Оба вида этого рода впервые выделены нами из почвы, слабо загрязненной нефтью. Эти виды, распространенные преимущественно в чистых и относительно чистых почвах, считаются видами-биоиндикаторами чистых почв. Это виды *T.koningii* и *T. ongibrachiatum*.

Род — ***Rhizopus***. Из нефтезагрязненных почв Баку и Апшеронского полуострова выделено в чистую культуру 11 штаммов микромицетов, принадлежащих к этому роду. Они сохраняют способность жить в участках как со слабым, так и с сильным загрязнением. Они характеризуются высокой ростовой и спорообразующей способностью на питательной среде СА. Выделенные в чистую

культуру 11 штаммов принадлежали к 2 видам, которые идентифицировали как *Rhizopus arrizus* и *Rhizopus stolonifer*. Кроме того, в предыдущих исследованиях *Rhizopus stolonifer* был идентифицирован как обладающий высокой липолитической активностью микромицетный штамм, но поскольку этот штамм не был идентифицирован до вида, он был отмечен как *Rhizopus sp.*-81.

Все оставшиеся 9 родов представлены одним видом. В таблице приведен итоговый список все родов и видов (табл. 2).

Относительно высокими показателями (35–60 %) фитотоксической активности характеризуются такие виды, как *F.oxysporum*, *F.verticillioides*, *P.chrysogenum*, *P.citrinum* и *P.cyclopium*. У таких грибов, как *A.pullulans*, *T.herbarum* и *P.circinan*, фитотоксическая активность практически не наблюдается. Фитотоксическая активность остальных варьируется в пределах 7–28 %. При оценке грибов на липолитическую активность выявлено, что в данном случае активность наблюдалась у всех грибов, но липолитическая активность таких грибов, как *A.niger*, *M.hiemalis* и *Rh.stolonifer*, проявлялась относительно более высокими показателями. Поэтому, данные грибы были выбраны как активные продуценты для следующего этапа с целью определения возможностей использования их в будущих исследованиях по очистке нефтезагрязненных почв и воды.

Умеренная липолитическая активность и высокий биостимулирующий эффект на прорастание семян наблюдались у обоих грибов рода *Trichoderma*, выделенных из нефтезагрязненных почв. Таким образом, выделено,

что показатели выделенных нами штаммов практически не отличаются от штаммов того же вида, распространенных в чистых и относительно чистых почвах. Это объясняется участием данных грибов, распространенных в нефтезагрязненных почвах республики, в биологическом восстановлении почвы и биостимуляции роста растений на этой почве. Предполагается, что использование этих штаммов в биоремедиации слабозагрязненных нефтью почв даст эффективные результаты.

## Выводы

В результате анализа почвенных проб, взятых из нефтезагрязненных почв Баку и Апшеронского полуострова в период с 2022 по 2024 год, идентифицировано 38 видов микромицетов, принадлежащих к 16 родам. Видовая идентификация была проведена согласно классическим методам и установлено, что на исследуемой территории широко распространены 12 видов грибов, принадлежащих к роду *Penicillium*. Выявлено 6 видов, принадлежащих к роду *Aspergillus*, и 3 вида — к роду *Mucor*, которые вместе с видами рода *Penicillium*, составляют 55,2 % общей микобиоты. В результате исследования фитотоксической активности 38 идентифицированных видов у грибов *A.pullulans* (3 %), *T.herbarum* (2 %) и *P.circinan* (3 %) проявлялась слабая, а у *F.oxysporum* (56 %), *F.verticillioides* (48 %), *P.chrysogenum* (44 %) — высокая фитотоксическая активность. У обоих видов, принадлежащих к роду *Trichoderma*, фитотоксическая активность не наблюдалась. Напротив, у принадлежащего к этому роду гриба *T.koningii* стимулирующая активность составила 105,6 %, а у вида *T.longibrachiatum* — 102,3 %.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ализаде К.С., Алекперли Г.Я., Гусейнова З.Ф. Краткая характеристика нефтезагрязненных серо-бурых почв Апшеронского полуострова//Экология И Охрана Жизнедеятельности: Достижения и Проблемы, 2020, с.177–179).
2. Бахшалиева К.Ф., Гусейнова Г.Н., Гудратова Ф.Р. и др. Видовое разнообразие распространенных в Азербайджане грибов и их фитотоксическая активность// Серия: Естественные и технические науки, 2023, №4/2, с.7–13
3. Билай В.И. Методы экспериментальной микологии. Киев: Наукова думка, 1982, — 500 с.
4. Нетрусов, А.И., Егорова, М.А. Захарчук, Л.М. и др.. Практикум по микробиологии. М.: Изд-во «Академия». 2005, — 608 с.
5. Саттон Д., Фотергил А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно патогенных грибов. М.: Мир. 2001, — 468 с.
6. Bakshaliyeva K.F., Namazov N.R., Jabrailzade S.M. и др. Ecophysiological Features of Toxicogenic Fungi Prevalent in Different Biotopes of Azerbaijan.//Biointerface Research in Applied Chemistry (Romania), 2020, 10 (6), p.6773–6782
7. Bandh, S.A., Kamili, A.N., & Ganai, B.A. Identification of some *Penicillium* species by traditional approach of morphological observation and culture.// Afr. J. Microbiol. Res, 2011, v.5(21), p.3493–3496.
8. Bardgett, R.D. Causes and consequences of biological diversity in soil.//Zoology, 2002, v.105(4), p.367–375. <https://doi.org/10.1078/0944-2006-00072>
9. Dong, Z.L., Wang, B. S., & Li, J. Effects of petroleum hydrocarbon contamination on soil bacterial diversity in the permafrost region of the Qinghai-Tibetan Plateau. Soil and Sediment Contamination: An International Journal, 2020, v.29(3), p.322–339.
10. Galitskaya, P., Biktasheva, L., Blagodatsky, S., & Selivanovskaya, S. (2021). Response of bacterial and fungal communities to high petroleum pollution in different soils.//Scientific Reports, 2021, 11(1), 164. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-80631-4>
11. Gao, H., Wu, M., Liu, H. et al. Effect of petroleum hydrocarbon pollution levels on the soil microecosystem and ecological function. Environmental Pollution, 2022, 293, 118511. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118511>
12. Guerra, C.A., Bardgett, R.D., Caon, L et al. (2021). Tracking, targeting, and conserving soil biodiversity. *Science*, 2021, v.371(6526), p.239–241.
13. <https://www.mycobank.org/>

14. Köninger, J., Lugato, E., Panagos, P. et al. Manure management and soil biodiversity: Towards more sustainable food systems in the EU.// *Agricultural Systems*, 2021, 194, 103251. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103251>
15. Liu, S., Zhu, L., Jiang, W. et al. Research on the effects of soil petroleum pollution concentration on the diversity of natural plant communities along the coastline of Jiaozhou bay. *Environmental Research*, 2021, 197, 111127. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111127>
16. Remelli, S., Rizzo, P., Celico, F., & Menta, C. Natural surface hydrocarbons and soil faunal biodiversity: A bioremediation perspective.// *Water*, 2020, 12(9), 2358. <https://doi.org/10.3390/w12092358>
17. Thakur, M.P., Phillips, H.R., Brose, U. et al. Towards an integrative understanding of soil biodiversity. *Biological Reviews*, 2020, v. 95(2), p.350–364. <https://doi.org/10.1111/brv.12567>
18. Tibbett, M., Fraser, T.D., & Duddigan, S. (2020). Identifying potential threats to soil biodiversity.// *PeerJ*, 2020, 8, e9271. <https://doi.org/10.7717/peerj.9271>
19. Varejão, E.V., Demuner, A.J., Barbosa, L.C., & Barreto, R. W. (2013). The search for new natural herbicides—Strategic approaches for discovering fungal phytotoxins.// *Crop Protection*, 2013, v.48, p. 41–50.
20. Visagie, C.M., Houbraeken, J., Frisvad, J.C. et al. Identification and nomenclature of the genus *Penicillium*.// *Studies in mycology*, 2014, v.78(1), p.343–371.

---

© Ахмедли Агил Адем оглы (akil.ahmedli99@gmail.com); Сеидова Гюлар Мирджафар кызы (seyidova\_gular@mail.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»