

ВИДОВОЙ СОСТАВ БАЗИДИАЛЬНЫХ ГРИБОВ, РАСПРОСТРАНЕННЫХ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ, И ОЦЕНКА ИХ ПОТЕНЦИАЛА КАК ПРОДУЦЕНТОВ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

THE SPECIES COMPOSITION OF BASIDIOMYCETES SPREAD IN AZERBAIJAN AND ASSESSMENT OF THEIR POTENTIAL AS PRODUCERS OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES

S. Nagiyeva
S. Karaeva
B. Alyeva
N. Akhundova
Ya. Yusifova

Summary. In the carried out of study characterized the species composition, eco- trophic relationships and some indicators of the biotechnological potential of xylomycobiota inherent to the nature of Azerbaijan.

As a result of studies, was found that 93 species take part in the formation of xylomycobiota of trees in natural and artificial forests, parks of the studied territories, as well as the Central Botanical Garden of ANAS, 88,2% of which are causative agents of white decay under the natural conditions. Among the registered fungi, there are many strains that are promising both in terms of their ability to form biomass and the production of certain biologically active substances (enzymes, polysaccharides, etc.), which will allow in the near future on their basis to organize the production of biologically active substances in the country.

Keywords: xylomycobiota, species composition, eco-trophic relationship, type of decay, biologically active substances.

Нагиева СевильЭхтибар кызы

Ассистент, Азербайджанский Аграрный
Университет, г. Гянджа
sevil_murqzova@mail.ru

Караева Севиндж Джамаледдин кызы

М.н.с., Институт микробиологии НАНА, г. Баку
qarayevasevinc80@mail.ru

Алыева Бести Низами кызы

Докторант, Институт микробиологии НАНА, г. Баку
azmbi@mail.ru

Ахундова Назиля Абдул кызы

Старший преподаватель, Азербайджанский
Государственный Экономический Университет, г. Баку
nazilya.akhundova@mail.ru

Юсифова Ягут Ахмед кызы

Институт Ботаники НАНА, г. Баку
yaquty@list.ru

Аннотация. В проведенных исследованиях охарактеризованы видовой состав, эко-трофические связи и некоторые показатели биотехнологического потенциала ксиломикобиоты, свойственной природе Азербайджана.

В результате исследований обнаружено, что в формировании ксиломикобиоты деревьев естественных и искусственных лесов, парков исследованных территорий, а также Центрального Ботанического сада НАНА принимают участие 93 вида, 88,2% из которых в природных условиях являются возбудителями белой гнили. Среди зарегистрированных грибов много штаммов перспективных как по способности образования биомассы, так и продуцированию тех или иных биологически активных веществ (ферментов, полисахаридов и т.д.), что позволит в ближайшем будущем на их основе организовать в стране производство БАВ.

Ключевые слова: ксиломикобиота, видовой состав, эко-трофическая связь, тип гнили, биологически активные вещества.

Как известно, все живые организмы, включая грибы, обладают биоресурсным потенциалом и их использование восходит к очень древним временам, когда люди еще не знали об их существовании. Тем не менее, основа научного использования грибов связана с появлением микробиологии как области науки, то есть физиологического периода, связанного с именем Л. Пастера и с бродильными свойствами дрожжевых грибов. Область использования грибов расширяется день ото дня, что связано с практическим ис-

пользованием различных и многосторонних функций, которые они выполняют в природе, но их потенциал все ещё не используется должным образом [12], и тот факт, что они по-прежнему имеют большой потенциал для использования, является одной из реалий, которую сегодня однозначно принимает научное сообщество. Поэтому, одной из важных задач при обнаружении и реализации этого потенциала грибов является поиск наиболее эффективных способов их защиты, восстановления и оценки.

В связи с этим, поиск продуцентов биологически активных веществ (БАВ), которые обычно характеризуются как органические соединения, получаемые из живых организмов и оказывающие даже в малом количестве существенное влияние на различные биологические процессы [8] и разработка научной и практической основ создания на их базе производственного процесса является одним из важнейших направлений исследований современной эпохи.

Одним из приоритетных исследовательских направлений современной микологии и биотехнологии является разработка технологий получения из базидиальных грибов биологически активных веществ (БАВ), имеющих также лечебные свойства [10]. Проведенные до сих пор исследования показали, что базидиальные грибы, в первую очередь, их ксилотрофные виды, обладают способностью синтезировать БАВ-ы с различными свойствами, такие как белки, липиды, полисахариды, органические кислоты, ферменты, витамины и др. [2, 15, 17]. Многие из этих веществ имеют также фармакологическую активность [16, 18], отличаются меньшей токсичностью, чем аналогичные вещества, полученные химическим синтезом и большей эффективностью при применении их в современной медицине.

Результаты исследований, проведенные в этом направлении, подтвердили, что в течение относительно короткого периода времени грибы, включая их ксилотрофные виды, стали перспективными объектами биотехнологии [11, 14]. Однако, оценка их биоресурсного потенциала находится всё ещё не на желаемом уровне. Этот факт находит свое подтверждение и в условиях Азербайджана. Так, ксилотрофные грибы широко распространены в Азербайджане, и число видов, зарегистрированных в результате исследований, превышает 210 видов [7]. Как продуценты биологически активных веществ подробно изучена лишь незначительная часть этих грибов, и не случайно, что сегодня в Азербайджане, за исключением получения из базидиальных грибов пищевых продуктов (получение плодовых тел грибов *Pleurotus ostreatus* и *Agaricus bisporus* методом интенсивного выращивания), нет производства других продуктов грибного происхождения.

Поэтому представленная работа посвящена оценке видового состава, скорости роста в вегетативной фазе, фитотоксичности и биологической активности метаболитов базидиальных грибов, распространенных на территории Азербайджана.

Материалы и методы

Учитывая большое разнообразие видового состава, экологических групп базидиальных грибов в качестве

объектов исследования были выбраны ксилотрофные виды базидиальных грибов.

Исследования проводились на крупных геоморфологических единицах Азербайджана, а именно, в естественных и искусственных лесах Большого Кавказа, Малого Кавказа, Кура-Аракской низменности, Ленкорань-Астаринской зоны.

Плодовые тела (ПТ) ксилотрофных макромицетов, выбранных в качестве объекта исследования, были отобраны по общеизвестным методам [3–5], паспортизованы на месте и подготовлены для лабораторных анализов. В первичных лабораторных исследованиях проводили выделение чистой культуры из отобранных ПТ, используя для этого процесса стандартные питательные среды, а точнее, сусло агар (2–3⁰B). Культивирование проводили при 26–28⁰C в течение 3–5 дней и после того, как наблюдался рост, визуально схожие мицелии переносили в новую питательную среду и этот процесс продолжался до получения чистой культуры. Контроль чистоты культур осуществляется с помощью микроскопа (OMAX 40X-2500X LED Digital Lab Trinocular Compound Microscope).

Идентификация грибов проводилась согласно известным определителям [1, 9].

Для получения вегетативного мицелия использовали чистую культуру грибов, и проводили глубинное культивирование (ГК) (100 циклов / мин) при 26–28 °C в течение 5–7 дней на глюкозо-пептонной среде. После завершения культивирования полученную биомассу (ВМ) отделяют от культуральной жидкости (КЖ) центрифугированием (5000 циклов / мин, 10 мин). В качестве источников БАВ в исследованиях наряду с ПТ используются и ВМ и КЖ.

Результаты и их обсуждения

Как известно, начальный этап микологического исследования заключается в получении информации, необходимой для определения и характеристики объекта исследования. Первичные данные о ксилотрофных макромицетах, выбранных в качестве объекта исследования, должны отображать их видовой состав, и именно с этого были начаты наши исследования. В связи с этим, за годы проведения исследования было отобрано и идентифицировано 785 ПТ ксилотрофных макромицетов, распространенных на деревьях естественных и искусственных лесов, расположенных на территории Большого Кавказа, Кура-Аракской низменности, Малого Кавказа и Талышских гор Азербайджана. Было установлено, что большинство зарегистрированных ПТ относятся к роду *Fomes*, *Fomitopsis*, *Ganoderma*, *Inonotus*, *Phellinus*

Таблица 1. Распределение по родам собранных в ходе исследований ПТ

№	Роды	Плодовые тела		Количество видов	Цвет гнили, вызываемой в естественных условиях
		Кол-во(шт)	Удельный вес(%)		
1	Abortoporus	3	0,54	1	Белая
2	Armillaria	5	0,90	1	Белая
3	Cerrena	4	0,72	1	Белая
4	Climacodon	2	0,36	1	Белая
5	Collybia	2	0,36	1	Белая
6	Coniophora	3	0,54	1	Бурая
7	Crepidotus	2	0,36	1	Белая
8	Daedalea	3	0,54	1	Белая
9	Daedaleopsis	2	0,36	1	Белая
10	Fibroporia	2	0,36	1	Белая
11	Fistulina	1	0,18	1	Бурая
12	Flammulina	3	0,54	1	Белая
13	Fomes	15	2,68	1	Белая
14	Fomitopsis	78	13,91	6	Бурая(5), белая(1)
15	Funalia	2	0,36	1	Белая
16	Ganoderma	32	5,71	4	Белая
17	Gloeophyllum	2	0,36	1	Белая
18	Heteroporus	5	0,90	1	Белая
19	Hirschioporus	5	0,90	1	Белая
20	Hyphoderma	3	0,54	1	Белая
21	Hypholoma	3	0,54	1	Белая
22	Inonotus	25	4,46	5	Белая (4), бурая(1)
23	Irpex	2	0,36	1	Белая
24	Kuehneromyces	3	0,54	1	Белая
25	Laetiporus	10	1,80	1	Бурая
26	Lentinus	10	1,80	2	Белая
27	Lenzites	12	2,14	2	Белая
28	Lepiota	2	0,36	1	Белая
29	Marasmiellus	5	0,90	1	Белая
30	Marasmius	3	0,54	1	Белая
31	Micromphale	2	0,36	1	Белая
32	Mycena	3	0,54	1	Белая
33	Oxyporus	5	0,90	2	Белая
34	Panus	4	0,72	1	Белая
35	Paxillus	2	0,36	1	Белая
36	Peniophora	5	0,90	2	Белая
37	Phellinus	93	16,58	10	Белая
38	Phlebia	5	0,90	2	Белая
39	Piptoporus	4	0,72	1	Белая
40	Pleurotus	25	4,46	3	Белая
41	Pluteus	5	0,90	1	Белая
42	Polyporus	18	3,21	3	Белая
43	Psathyrella	5	0,90	2	Белая
44	Pseudotrametes	6	1,08	1	Белая
45	Psilocybe	3	0,54	1	Белая
46	Psynoporus	4	0,72	1	Белая
47	Rigidoporus	1	0,18	1	Белая
48	Schizophyllum	12	2,14	1	Белая
49	Spongipellis	2	0,36	1	Белая
50	Stereum	10	1,80	2	Белая

Таблица 1 (продолжение). Распределение по родам собранных в ходе исследований ПТ

№	Роды	Плодовые тела		Количество видов	Цвет гнили, вызываемой в естественных условиях
		Кол-во(шт)	Удельный вес(%)		
51	Trametes	87	15,51	7	Белая(6), бурая(1)
52	Tricholomopsis	2	0,36	1	Белая
53	Tyromyces	3	0,54	1	Бурая
54	Volvariella	3	0,54	1	Белая
55	Xerula	3	0,54	1	Белая
Итого		561	100	93	82/11

Таблица 2. Оценка грибов по количеству биомассы в жидкой питательной среде

Группа по скорости роста	Количество образуемой биомассы (5 дней, г/сухого веса)	
Быстрорастущие	5,1–7,5	25
Среднерастущие	3,2–4,7	194
Медленнорастущие	1,6–2,8	131

и *Trametes* (таблица 1). Как видно, зарегистрированные плодовые тела относятся к 93 видам базидиальных грибов, что составляет 64,4% из числа ксилотрофных макромицетов (212 видов), которые были зарегистрированы в исследованиях [7], проведенных в Азербайджане до настоящего времени.

Следует отметить, что в 1926 году Бавендам разделил ксилотрофные макромицеты на 2 группы, а именно, на возбудителей белой и бурой гнили [6]. Основой такого разделения, которое используют и в настоящее время, служит особенность деградации основных полимеров древесных растений ксилотрофными макромицетами. Поэтому, было сочтено целесообразным охарактеризовать зарегистрированные грибы в данном аспекте. Это важно, поскольку устраняет необходимость первичного отбора при использовании ксилотрофных макромицетов, особенно, при определении их эффективности в биоконверсии соединений лигноцеллюлозы. Так, в ферментной системе грибов бурой гнили отсутствуют ферменты, осуществляющие деградацию лигнина, который содержится в древесных растениях. При характеристике зарегистрированных грибов с этой точки зрения было выявлено, что грибы возбудители белой гнили имеют больший удельный вес, и 120 видов зарегистрированных грибов вызывают белую гниль именно в природных условиях.

Следует отметить, что более высокий удельный вес грибов, вызывающих белую гниль, обусловлен как большим количеством видов, распространенных в природе, так и легкостью получения ими питательных веществ, необходимых для жизнедеятельности, ввиду более мощной и разнообразной ферментной системы, включающей ферменты, которые разрушают лигнин,

занимающий по запасам второе место. С практической точки зрения этот факт, т.е. более высокий удельный вес грибов белой гнили, оценивается как положительное явление. Каждый год образуется большое количество растительных отходов и их сложный полимерный состав [13] вызывает определенные трудности в применении. С точки зрения их эффективной утилизации ксилотрофные грибы, как выгодные объекты, привлекают особое внимание.

При характеристике эколого-трофических связей ксилотрофных грибов было обнаружено, что удельный вес грибов, как истинных сапротрофов, так и биотрофов, относительно невелик. Так, сапротрофность и биотрофность большинства зарегистрированных грибов носит факультативный характер, а точнее, из зарегистрированных грибов 5 относятся к истинным биотрофам, 7 — к истинным сапротрофам, а остальные — к политрофам.

Следует отметить, что зарегистрированные грибы различаются погифальными системами. Так, среди них есть грибы, имеющие как мономитическую, димитическую и тримитическую гифальные системы.

Следующим этапом исследований было получение чистых культур зарегистрированных ксилотрофных грибов и выяснение возможности использования их в качестве продуцентов биологически активных веществ. С этой целью из зарегистрированных грибов было выделено и охарактеризовано по выходу биомассы более 350 штаммов. Этот процесс основывался на учёте сухой биомассы, образуемой грибами в течение 5 дней при росте в жидкой питательной среде. По этому показателю культуры грибов были разделены на группы с быстрым, средним и медленным ростом, причем к наиболее бы-

стро растущим штаммам были отнесены грибы, продуцирующие в течение 5 дней более 5 г/л биомассы. Штаммы, продуцирующие в течение 5 дней биомассу менее 3 г/л, охарактеризованы как медленнорастущие. Штаммы грибов с выходом биомассы более 3 г/л и менее 5 г/л в течение 5 дней были описаны как штаммы, имеющие средний уровень роста. Числовые показатели такого разделения отражены в таблице № 2.

Как видно, только 7,1% исследованных штаммов характеризуются как быстрорастущие штаммы, и эти штаммы как продуценты БАВ были отобраны для следующего этапа исследования.

Следует отметить, что штаммы, отобранные для заключительной стадии исследования и характеризующиеся быстрым ростом таксономически отнесены к видам *Armillaria mellea* (2 штамма), *Bjerkandera adusta* (2), *Cerrena unicolor* (1), *Fomitopsis pinicola* (2), *G.lucidum* (2), *Heteroporus bienus* (1), *Laetiporus sulphureus* (2), *Panus tigrinus* (1), *Pleurotus ostreatus* (3), *Phellinus igniarius* (1), *Polyporus agariceus* (1), *Schizophyllum commune* (3) *Trametes hirsuta* (1) и *T.versicolor* (3).

На следующем этапе исследования были изучены фитотоксичность продуцируемой биомассы и культуральной жидкости (КЖ) отобранных перспективных штаммов и синтезируемые ими БАВ. Выявлено, что биомасса и культуральная жидкость (КЖ) этих штаммов не обладают токсичностью (таблица 3). Как видно, биомасса штаммов грибов *G.applanatum*, *H.bienus* и *Ph.igniarius* обладает некоторой фитотоксичностью по сравнению с другими грибами, и хотя это также наблюдается и в КЖ, активность здесь характеризуется относительно низкими количественными показателями. У остальных

штаммов фитотоксическая активность не наблюдается, и даже у некоторых наблюдается увеличение всхожести семян по сравнению с контролем, что также может указывать на присутствие биологически активных соединений среди их метаболитов.

В ходе заключительного этапа исследования выявлены области применения отобранных штаммов и установлено, что для микологической конверсии лигно-целлюлозных субстратов перспективно использовать штаммы грибов *A. mellea*, *B.adusta*, *P.ostreatus* и *P.agariceus*, в качестве активных продуцентов оксидаз — штаммы грибов *C.unicolor*, *T.hirsuta* и *T.versicolor*, как активные продуценты полисахаридов — штаммы грибов *G.lucidum*, *L.sulphureus* и *Sch.commune*. Штаммы грибов *F.pinicola*, *G.applanatum*, *H.bienus*, *P. tigrinus* и *Ph.igniarius*, также способны синтезировать те или иные БАВ, однако проводимые нами исследования не позволили полностью выяснить аспекты их перспективности, т.е. их статус будет установлен в последующих исследованиях.

Биотехнологические показатели штаммов, отобранных в качестве продуцента БАВ, не уступают известным штаммам, и позволят в ближайшем будущем реализовать организацию в Азербайджанской Республике на их основе производства БАВ различного назначения.

Таким образом, проведенные исследования показали, что в лесных экосистемах Азербайджана распространено 93 вида ксилотрофных макромицетов, а зарегистрированные грибы различаются по гифальной системе, количеству биомассы в вегетативной фазе роста, цвету вызываемой ими в естественных условиях гнили, а так же по фитотоксической активности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондарцева М. А. Определитель грибов России. Порядок афиллофоровые. СПб.: Наука, 1998, вып. 2, 391с.
2. Курашов Е.А., Ананьева Е. П., Крылова Ю. В. Компонентный состав низкомолекулярных органических веществ мицелия грибов *Trametes* и *Flammulina velutipes*//Микология и фитопатология, 2012, т. 46, в.2, с. 145–153.
3. Методы экспериментальной микологии/Под. ред. Билай В. И. Киев: Наукова думка, 1982, 500с.
4. Мухин В. А. Биота ксилотрофных базидиомицетов Западно-Сибирской равнины. Екатеринбург, 1993, 231 с.
5. Мухин В. А. Полевой определитель трутовых грибов. Екатеринбург, 1997, 104 с.
6. Рипачек В. Биология дереворазрушающих грибов. М.: Лес. пром., 1967. 275 с.
7. Akhundova N., Orucova S., Bahshaliyeva K., Muradov P. and Rahimov E. Evaluation by the Oxidase Activity of Xylotropic Macromycetes Causing White Decay. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 2019, v.10, p.179–18
8. Běhal, V. Alternative sources of biologically active substances.// *Folia Microbiol.*, 2003, v.48, p.563–571
9. Bernicchia, A. *Polyporaceae s. Fungi Europaei*, 2005, 10, 808p.
10. Elkhateeb W.A., Daba G. M., Thomas P. W., Wen T. C. Medicinal mushrooms as a new source of natural therapeutic bioactive compounds. *Egypt Pharmaceut J* 2019, v.18, p.88–101
11. Grienke U., Zoll M., Peintner U., Rolling J. M. European medicinal polypores — a modern view on traditional uses // *J. Ethnopharmacol*, 2014, v. 154, № 3, p.564–583.
12. Hyde, K.D., Xu, J., Rapier, S. et al. The amazing potential of fungi: 50 ways we can exploit fungi industrially.// *Fungal Diversity*, 2019, v. 97, p.1–136
13. Jarvis M. J. Plant cell walls: supramolecular structures.// *Food Hydrocolloid.*, 2011, v. 25, p. 257–262.

14. Katarzyna Sułkowska-Ziaja, Agnieszka Szewczyk, Agnieszka Galanty, Joanna Gdula- Argasińska and Bożena Muszyńska). Chemical composition and biological activity of extracts from fruiting bodies and mycelial cultures of *Fomitopsis betulina*.//Molecular Biology Reports, 2018, v. 45(6), p.2535–2544.
15. Liang Z., Yi Y., Guo Y. et. al Chemical characterization and antitumor activities of polysaccharide extracted from *Ganoderma lucidum* // Int. J. Mol. Sci., 2014, v. 15, № 5, p. 9103–9116.
16. Ren L., Perera C., Hemar Y. Antitumor activity of mushroom polysaccharides: a review.// Food Funct., 2012, v. 3, № 11, p.1118–1130.
17. Ruthes, A.C., Smiderle, F.R., Iacomini, M. Mushroom heteropolysaccharides: A review on their sources, structure and biological effects.//Carbohydr. Polym., 2016, 136, 358–37
18. Wu H. T., Lu F. H., Su Y. C. et. Al. In vivo and in vitro anti-tumor effects of fungal extracts// Molecules, 2014, v. 19, № 2, p. 2546–2556.

© Нагиева СевильЭхтибар кызы (sevil_murquzova@mail.ru), Караева Севиндж Джамаледдин кызы (qarayevasevinc80@mail.ru),
Алыева Бести Низами кызы (azmbi@mail.ru), Ахундова Назилия Абдул кызы (nazilya.akhundova@mail.ru), Юсифова Ягут Ахмед кызы (yaquty@list.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Баку