

В ЛАБОРАТОРИИ УЧЕНОГО

В.А. Мухин

ГРИБЫ И ИХ РОЛЬ В ПРИРОДЕ И В РАЗВИТИИ ЦИВИЛИЗАЦИИ

Микология, или наука о грибах, — область биологии с большой историей и одновременно очень молодая наука. Это объясняется тем, что лишь в конце XX века, в связи с коренным пересмотром существовавших взглядов на природу грибов, микология, которая до этого рассматривалась лишь как раздел ботаники, получила статус отдельной области биологии. В настоящее время она включает целый комплекс научных направлений: систематика грибов, микogeография, физиология и биохимия грибов, палеомикология, экология грибов, почвенная микология, гидромикология и т.д. Однако практически все они находятся в стадии научного и организационного становления, и во многом именно по этой причине проблемы микологии остаются малоизвестными даже для профессиональных биологов.

Современные представления о природе грибов

Что же такое грибы в нашем современном понимании? Прежде всего, это одна из древнейших групп эукариотических организмов*, появившихся, вероятно, 900 млн лет назад, а примерно 300 млн лет назад уже существовали все основные группы современных грибов (Alexopoulos et al., 1996). В настоящее время описано около 70 тыс. видов грибов (Dictionary... 1996). Однако, по мнению Хуксворта (Hawksworth, 1991), это не более чем 5% от числа существующих грибов, оцениваемых им в 1,5 млн видов. Большинство микологов определяют потенциальное биологическое разнообразие грибов в биосфере в 0,5—1,0 млн видов (Alexopoulos et al., 1996; Dictionary ... 1996). Высокое биологическое разнообразие свидетельствует, что грибы — это процветающая в эволюционном плане группа организмов.

*Организмы, клетки которых имеют ядро.

Вместе с тем на сегодняшний день нет единого мнения по вопросу, какие организмы следует относить к грибам? Имеется лишь общее осознание того, что грибы в их традиционном понимании представляют собой филогенетически неоднородную группу. В современной микологии их определяют как эукариотические, спорообразующие, бесхлорофильные организмы с абсорптивным питанием, размножающиеся половым и бесполом способами, имеющие нитчатые, разветвленные талломы, из клеток с жесткими оболочками. Однако признаки, заложенные в приведенное определение, не дают четких критериев, позволяющих уверенно отделить грибы от грибоподобных организмов. Поэтому существует и такое своеобразное определение грибов — это организмы, изучением которых занимаются микологи (Alexopoulos et al., 1996).

Молекулярно-генетические исследования по изучению ДНК грибов и животных показали, что они максимально близки друг к другу — являются сестринскими (Alexopoulos et al., 1996). Отсюда следует парадоксальный, на первый взгляд, вывод — грибы, наряду с животными, являются нашими ближайшими родственниками. Для грибов характерно и наличие признаков, сближающих их с растениями — жесткие клеточные оболочки, размножение и расселение спорами, прикрепленный образ жизни. Поэтому существовавшие ранее представления о принадлежности грибов к растительному царству — рассматривались как группа низших растений — были не совсем лишены оснований. В современной же биологической систематике грибы выделены в одно из царств высших эукариотических организмов — царство Fungi.

Роль грибов в природных процессах

«Одна из главных особенностей жизни — круговорот органических веществ, основанный на постоянном взаимодействии противоположных процессов синтеза и деструкции» (Камшилов, 1979, с. 33). В этой фразе в предельно концентрированном виде обозначено значение процессов биологического разложения органических веществ, в ходе которых происходит регенерация биогенных веществ. Все имеющиеся данные однозначно свидетельствуют, что в процессах биодеструкции ведущая роль принадлежит грибам, в особенности базидиальным — отдел Basidiomycota (Частухин, Николаевская, 1969).

Экологическая уникальность грибов особенно видна в случае процессов биологического разложения древесины, являющейся основным и специфическим компонентом биомассы лесов, которые с полным основанием можно назвать деревянными экосистемами (Мухин, 1993). В лесных экосистемах древесина является основным хранилищем углерода и зольных элементов, накапливаемых лесными экосистемами, и это рассматривается как приспособление к автономизации их биологического круговорота (Пономарева, 1976). Из всего многообразия организмов, существующих в современной биосфере, только грибы обладают необходимыми и самодостаточными ферментными системами, позволяющими им осуществлять полную биохимическую конверсию соединений древесины (Мухин, 1993). Поэтому можно без какого-либо преувеличения сказать, что именно взаимосвязанная деятельность растений и дереворазрушающих грибов лежит в основе биологического круговорота лесных экосистем, играющих исключительную роль в биосфере.

Несмотря на уникальное значение дереворазрушающих грибов, их изучение ведется только в нескольких научных центрах России небольшими коллективами. В Екатеринбурге исследования проводятся кафедрой ботаники Уральского госуниверситета совместно с Институтом экологии растений и животных УрО РАН, а в последние годы и с микологами Австрии, Дании, Польши, Швеции, Финляндии. Тематика этих работ достаточно обширная: структура биологического разнообразия грибов, происхождение и эволюция микобиоты Евразии, функциональная экология грибов (Мухин, 1993, 1998; Mukhin et al., 1998; Mukhin, Knudsen, 1998; Kotiranta, Mukhin, 1998).

Крайне важной экологической группой являются и грибы, вступающие в симбиоз либо с водорослями и фотосинтезирующими цианобактериями с образованием лишайников, либо с сосудистыми растениями. В последнем случае между корневыми системами растений и грибами возникают прямые и устойчивые физиологические связи, и такая форма симбиозов получила название «микоризы». Некоторые гипотезы связывают выход растений на сушу именно с симбиогенетическими процессами грибов и водорослей (Jeffrey, 1962; Atsatt, 1988, 1989). Даже если эти предположения и не изменяют своего фактического подтверждения, то это ни в коем случае не поколеблет того факта, что наземные растения с момента своего появления являются микотрофными (Каратыгин, 1993). К микотрофным относится подавляющая часть современных растений. Например, по оценкам И.А. Селиванова (1981) почти 80 % высших растений России симбиотируют с грибами.

Более всего распространены эндомикоризы (гифы грибов проникают в клетки корня), которые образуют 225 тыс. видов растений, а в качестве грибов-симбионтов выступают чуть больше 100 видов грибов отдела *Zygomycota*. Другая форма микориз — эктомикоризы (гифы грибов располагаются поверхностно и проникают только в межклетники корней) — зарегистрирована приблизительно для 5 тыс. видов растений умеренных и гипоарктических широт и 5 тыс. видов грибов, относящихся в основном к отделу *Basidiomycota*. Эндомикоризы обнаружены у самых первых наземных растений, а эктомикоризы появились позже — одновременно с появлением голосеменных (Каратыгин, 1993).

Микоризные грибы получают от растений углеводы, а растения за счет мицелия грибов увеличивают поглощающую поверхность корневых систем, что облегчает им поддержание водно-минерального баланса. Считается, что благодаря микоризным грибам растения получают возможность использовать недоступные им ресурсы минерального питания. В частности, микоризы — это один из основных каналов, по которым происходит включение фосфора из геологического круговорота в биологический. Это свидетельствует, что наземные растения не являются полностью автономными в своем минеральном питании.

Другая функция микориз — защита корневых систем от фитопатогенных организмов, а также регуляция процессов роста и развития растений (Селиванов, 1981). В самое последнее время экспериментально было показано (Marcel et al., 1998), что чем выше биологическое разнообразие микоризных грибов, тем выше видовое разнообразие, продуктивность и стабильность фитоценозов и экосистем в целом.

Многообразие и значимость функций микоризных симбиозов выводит вопросы их изучения в число наиболее актуальных. Поэтому кафедрой

ботаники Уральского госуниверситета совместно с Институтом экологии растений и животных УрО РАН выполнен цикл работ по оценке устойчивости микориз хвойных к загрязнению окружающей среды тяжелыми металлами и сернистым ангидридом. Полученные результаты позволили поставить под сомнение распространенное среди специалистов мнение о низкой устойчивости микоризных симбиозов к аэротехногенным загрязнениям (Веселкин, 1996, 1997, 1998; Вурдова, 1998).

Не подлежит сомнению и большое экологическое значение лишайниковых симбиозов. В высокогорных и высокоширотных экосистемах они являются одними из эдификаторных организмов и имеют большое значение для экономики этих районов. Просто невозможно себе представить, например, устойчивое развитие оленеводства — базовой отрасли экономики многих коренных народов Севера — без лишайниковых пастбищ. Однако современные тенденции во взаимоотношениях человека и природы ведут к тому, что лишайники стремительно исчезают из экосистем, подверженных антропогенным воздействиям. Поэтому одной из актуальных проблем является изучение адаптивных возможностей лишайников по отношению к данному классу экологических факторов. Исследования, проведенные на кафедре ботаники УрГУ, позволили выяснить, что лишайники, пластичные в морфологическом и анатомическом отношении, а также обладающие устойчивыми системами размножения, преадаптированы к урбанизированным условиям (Пауков, 1995, 1997, 1998, 1998а, 1998б). Кроме того, одним из важных итогов исследований стала лишайноиндикационная карта, отражающая состояние воздушного бассейна Екатеринбурга.

Роль грибов в развитии цивилизации

Возникновение первых цивилизаций связывают с переходом к земледелию и скотоводству. Это произошло около 10 тыс. лет назад (Ebeling, 1976) и коренным образом изменило взаимоотношения человека с природой. Однако становление ранних цивилизаций было связано и с возникновением хлебопечения, виноделия, где, как известно, используются дрожжевые грибы. Конечно, не может быть речи об осознанном одомашнивании дрожжевых грибов в те давние времена. Собственно дрожжи были открыты только в 1680 году А. Левенгуком, а связь между ними и брожением установлена еще позже — во второй половине XIX века Л. Пастером (Стейниер и др., 1979). Тем не менее раннее одомашнивание грибов остается историческим фактом и, скорее всего, этот процесс происходил независимо в разных центрах цивилизации. В пользу этого свидетельствует, на наш взгляд, тот факт, что в странах Юго-Восточной Азии культивируемые дрожжи относятся к зигомикетным, а в Европе — к аскомикетным грибам.

Осознанное искусственное выращивание грибов появляется в Китае 1400 лет назад, в Европе — с середины XVII века (Alexopoulos et al., 1996), в России производство грибов было организовано в 1848 году (Ячевский, 1933). В наши дни ежегодный мировой объем производства грибов составляет уже многие миллионы тонн (Дьяков, 1997).

XX век существенно расширил возможности человека по использованию грибов. Крупным событием, оказавшим заметное влияние на развитие цивилизации, стало открытие А. Флеммингом пенициллина, получае-

мого из сумчатых грибов рода *Penicillium* — *P. chrysogenum*, *P. notatum*. Открытие этого антибиотика не только позволило спасти миллионы жизней, но и стимулировало поиск новых антибиотиков, многие из которых уже включены в арсенал современной медицины. Другое крупное событие в медицине — трансплантация органов — также связано с грибами. Одной из проблем при операциях такого типа, является отторжение пересаженных органов, и для снятия данного эффекта, как известно, применяются иммунодепрессанты. Среди них одним из наиболее эффективных является циклоспорин, который получают из гриба *Tolypocladium inflatum* (Dictionary ... 1996).

Можно уверенно прогнозировать, что в будущем роль грибов в жизни человека будет все более возрастать. Так, весьма заманчивые перспективы открываются в случае широкого использования в сельском хозяйстве методов искусственной микоризации. Немногие знают, что, например, такие привычные для нас сельскохозяйственные культуры, как хлебные и кормовые злаки, бобовые, картофель, подсолнечник, являются микотрофными. При наличии у них микоризных грибов их продуктивность может увеличиваться в 10—15 раз (Селиванов, 1981). Видимо, не случайно за рубежом исследования по микоризам отнесены к приоритетным, хорошо финансируемым проектам. В России работы в этом направлении практически повсеместно свернуты, и лишь на кафедре ботаники УрГУ ведутся исследования в форме нефинансируемого инициативного проекта по изучению эндомикориз растений, в том числе и сельскохозяйственных.

Разумеется, в жизни общества грибы не всегда играли положительную роль. В частности, фитопатогенные грибы, вызывая заболевания растений, подчас наносят настолько огромный ущерб, что это отражается на исторических судьбах наций. Так, в 1845 году *Phytophthora infestans* практически полностью погубила картофельные плантации Ирландии. В результате около 1 млн ирландцев погибли от голода и столько же эмигрировали в Америку, где образовали одну из наиболее крупных и влиятельных национальных групп США. Большое значение на демографические процессы европейских стран оказал *Claviceps purpurea* — спорынья пурпурная. В средние века заболевание, вызываемое алкалоидами спорыньи при ее попадании в пищу (эрготизм) по масштабам не уступало эпидемиям холеры и чумы (Дьяков, 1997).

XX век стал временем подлинного научного открытия грибов, как в плане понимания их биологических и филогенетических особенностей, так и в плане их экологического значения. Более ясными стали и многообразные связи между грибами и обществом. Еще больше «сюрпризов» должен принести XXI век, который обещает стать временем расцвета микологии и широкого практического использования грибов.

Веселкин Д.В. Микоризные грибы как индикаторы техногенных нарушений экосистем // Проблемы общей и прикладной экологии: Материалы молодеж. конф. Екатеринбург, 1996.

Веселкин Д.В. Реакция микоризных симбиозов ели и пихты на техногенное загрязнение // Проблемы лесной микологии и фитопатологии: Тез. докл. IV Междунар. конф. М., 1997.

Веселкин Д.В. Развитие пихты на ранних этапах онтогенеза в техногенно нарушенных местобитаниях и образование микориз // Современные проблемы популяционной, исторической и прикладной экологии: Материалы конф. Екатеринбург, 1998.

Вурдова Е.А. Реакция симбиотрофных грибов на азротехногенное загрязнение // Современные проблемы популяционной, исторической и прикладной экологии: Материалы конф. Екатеринбург, 1998.

- Дьяков Ю.Т. Грибы и их значение в жизни природы и человека // Соров. образов. журн. 1997. № 3: Биология.
- Камишилов М.М. Эволюция биосферы. 2-е изд. М., 1979.
- Каратыгин И.В. Козволюция грибов и растений // Тр. БИН РАН. СПб., 1993. Вып. 9.
- Мухин В.А. Биота ксилотрофных базидиомицетов Западно-Сибирской равнины. Екатеринбург, 1993.
- Мухин В.А. Экология процессов биологического разложения // Эколого-водохозяйственный вестник. Екатеринбург, 1998.
- Пауков А.Г. Сукцессии эпиксилных лишеносинузий в градиенте техногенного загрязнения // Механизмы поддержания биологического разнообразия: Материалы конф. Екатеринбург, 1995.
- Пауков А.Г. Эпифитные лишайники г. Екатеринбурга // Проблемы изучения биоразнообразия на популяционном и экосистемном уровне: Материалы конф. Екатеринбург, 1997.
- Пауков А.Г. Лишеноиндикационное картирование г. Екатеринбурга // Актуальные проблемы биологии: Тез. докл. Сыктывкар, 1998.
- Пауков А.Г. Устойчивость лишайников к антропогенному стрессу // Проблемы ботаники на рубеже XX—XXI веков: Тез. докл. СПб., 1998. Т.2.
- Пауков А.Г. Соредиеобразование у лишайников в условиях антропогенного стресса // Современные проблемы популяционной, исторической и прикладной экологии: Материалы конф. Екатеринбург, 1998.
- Пономарева В. Жизнь леса // Наука и жизнь. 1976. № 7.
- Селиванов И.А. Микосимбиотрофизм как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза. М., 1981.
- Стейниер Р., Эдельберг Э., Ингрэм Дж. Мир микробов. М., 1979. Т. 1.
- Частухин В.Я., Николаевская М.А. Биологический распад и ресинтез органических веществ в природе. Л., 1969.
- Ячевский А.А. Основы микологии / Под ред. Н.А. Наумова. М.; Л., 1933.
- Alexopoulos C.J., Mims C.W., Blackwell M. Introductory Mycology. New York; Toronto, 1996.
- Atsatt P.R. Are vascular plants «inside out» lichens? // Ecology. 1988. Vol. 69, Nr 1.
- Atsatt P.R. The origin of land plants: Inclusion of fungi in the algal paradigm // Amer. J. Bot. 1989. Vol. 76, Nr 6. Suppl. P. 1.
- Dictionary of the Fungi / Ed. D.L. Hawksworth, P.M. Kirk, B.C. Sutton and D.N. Pegler. Cambridge, 1996.
- Ebeling F. Research on boreal forest ecosystems — a necessity for wise and sustained use // Man and boreal forest: Ecol. Bull. 1976.
- Hawksworth D.L. The fungal dimension of biodiversity: Magnitude, significance and conservation // Mycol. Res. 1991. Vol. 95, Nr 6.
- Jeffrey C. The origin and differentiation of the archegoniate land plants // Bot. Notiser. 1962. Vol. 115, Nr 4.
- Kotiranta H., Mukhin V. A. Polyporaceae and Corticiaceae of an isolated forest of *Abies nephrolepis* in Kamchatka, Russian Far East // Karstenia. 1998. Vol. 38.
- Marcel G.A., van der Heijden, Klironomos J.N., Ursic M., Moutoglis P., Streitwolf-Engel R., Boiler T., Wiemken A. & Sanders I.R. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity // Nature. 1998. 5 Nov.
- Mukhin V.A., Knudsen H., Kotiranta H. The biological diversity of the xylophilic basidiomycete biota in the Eurasian Subarctic // Проблемы ботаники на рубеже XX—XXI веков: Тез. докл. II (X) съезда Русского ботанического общества, 26—29 мая 1998 г. СПб., 1998. Т. 2.
- Mukhin V.A., Knudsen H. The evolution of high latitudinal and altitudinal biotas of xylophilic Basidiomycetes // Arctic and Alpine Mycology 5: Proc. of the Fifth Intern. Sympos. on Arcto-Alpine Mycology (Labytnangi, Russia, Aug. 15—27, 1996) / Ed. V.A. Mukhin & H. Knudsen. Yekaterinburg, 1998.