

FUNGI AND THEIR ROLE IN NATURE AND HUMAN LIFE

Yu. T. DYAKOV

Although fungi are the most abundant species on the planet except insects, only 5% of predicted fungi species have been described to date. The fungal biomass in soil accounts for about 90% of the total mass of all microorganisms and invertebrates. Fungi have greatly affected evolution and irradiation of plants, as well as modern phytocenoses and development of the civilization.

По численности группа организмов, относимых к грибам, занимает второе место после насекомых, однако описано примерно 5% прогнозируемых видов. Биомасса грибов в почве составляет около 90% массы всех микроорганизмов и беспозвоночных животных. Грибы оказывают значительное влияние на эволюцию и иррадиацию биоты (главным образом растений), современные фитоценозы и развитие цивилизации.

© Дьяков Ю.Т., 1997

ГРИБЫ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ЖИЗНИ ПРИРОДЫ И ЧЕЛОВЕКА

Ю. Т. ДЬЯКОВ

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

МЕСТО ГРИБОВ В СИСТЕМЕ ОРГАНИЗМОВ

Когда Линней создавал свою знаменитую классификацию, грибы вместе с некоторыми другими организмами он поместил в категорию, которой дал название “хаос”. В самом деле, грибы ведут прикрепленный образ жизни, как растения, их клетки покрыты оболочками, как у растений, но в состав оболочек входит хитин, который есть у животных, но отсутствует у растений (табл. 1).

В табл. 1 указана одна особенность грибов, которая отличает их как от растений, так и от животных, — осмотрофный способ питания. В отличие от других эукариотных организмов грибы питаются, всасывая питательные вещества из окружающей среды. Поэтому грибам можно дать такое определение: грибы — это гетеротрофные эукариотные организмы, питающиеся осмотрофно. На этом основании Уиттейкер в 1969 году предложил систему живой природы из пяти царств (рис. 1), основанную, с

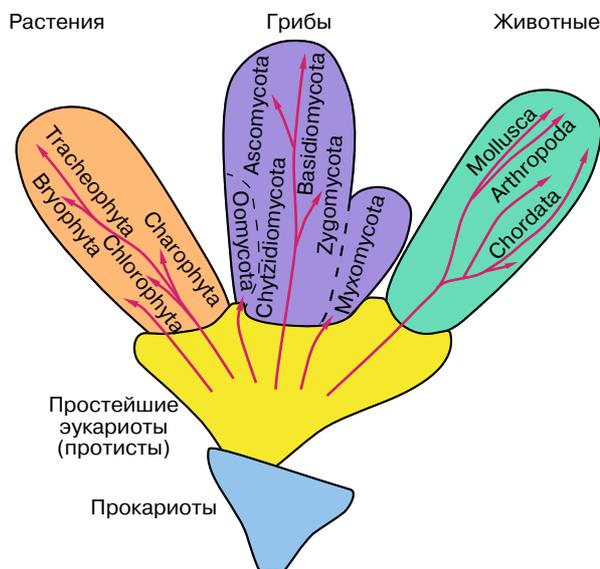


Рис. 1. Эволюционная схема биоты Уиттейкера из пяти царств. Растения, грибы и животные — три эволюционные линии, возникшие из протистов на основании фототрофного, осмотрофного и зоотрофного питания (Science. 1969. Vol. 163. P.150–160)

Таблица 1. Признаки, характерные для растений, животных и грибов

Признаки	Растения	Животные	Грибы
Геном			
Размер ($\times 10^9$) kDa	1000–2000	100–1000	10–30
Процент повторов	Ок. 30	Ок. 40	Ок. 10
Цитология			
Рост клеток	Растяжением изодиаметрический		Апикальный
Цитокinesis	Сопряжен с митозом		Не сопряжен
Клеточная стенка	Есть	Нет	Нет
Центральная вакуоль	В фазе метаболической активности	При старении	
Метаболизм			
Конечный продукт азотного обмена	Аспарагин, глутамин	Мочевина	Мочевина
Запасные углеводы	Крахмал	Гликоген	Гликоген, трегаллеза, сахароспирты
Структурные углеводы	Целлюлоза, гемицеллюлоза, пектин	Хитин	Хитин, глюкан
Синтез меланина	В мертвых клетках	В живых клетках	
Физиология			
Тип питания	Фототрофный	Зоотрофный	Осммотрофный
Способ извлечения энергии	Автотрофный	Гетеротрофный	

одной стороны, на строении клетки (прокариоты, эукариоты), а с другой – на способах получения энергии и способах питания, разделивших эукариотные организмы на царства Plantae (фототрофы), Animalia (зоотрофы) и Fungi (осмотрофы). Три важнейших способа питания, возникшие еще у прокариот, определили морфологическую и физиологическую эволюцию биоты вплоть до высших эукариотных организмов.

Однако трофическая общность вовсе не свидетельствует о филогенетической общности среди осмотрофных организмов. Так, большая и очень важная группа грибов – оомицеты – представляет собой потерявшие хлорофилл гетероконтные водоросли и, по определению альголога Фрича, должна быть отнесена к водорослям. Миксомицеты, конечно, животные, близкие к амебам, к тому же кроме осмотрофного питания они могут питаться зоотрофно, поглощая целиком клетки микроорганизмов, однако они тоже традиционно относятся к грибам. Поэтому определение современного миколога Хуксворта: “Грибы – это организмы, которыми занимаются микологи” – лишь на первый взгляд звучит алогично. На самом деле лучшего определения никто не придумал.

Осммотрофный способ питания наложил существенный отпечаток на морфологию и физиологию грибов.

1. Тело большинства грибов (или таллом) представлено мицелием, или грибницей, состоящей из сильно разветвленных нитей (гиф). Такое строение позволяет грибу максимально оккупировать субстрат для извлечения из него питательных веществ. У грибов нет специальных структур, приспособлен-

ных для питания, они всасывают питательные вещества всем телом.

2. Осмотрофный способ питания заставляет все вегетативное тело гриба максимально погружаться в субстрат, но при этом ему становится трудно распространяться и занимать новые субстраты. Поэтому споры, которыми грибы размножаются, выносятся над субстратом с помощью специальных выростов мицелия. То, что обычно называют грибами, представляет собой лишь органы размножения, несущие внутри или на поверхности споры (рис. 2).

3. Тело грибов не может иметь очень большие размеры, ибо поступление питательных веществ с помощью экзоосмоса в клетки, находящиеся в глубине таллома, затруднительно. Может быть, поэтому грибы не достигли столь высокой и сложной организации, как высшие растения и животные.

4. В качестве источников энергии грибы должны утилизировать сложные органические соединения, которые вследствие большой молекулярной массы не могут проходить в клетку через клеточные покровы. Поэтому грибы выделяют в окружающую среду ферменты, которые разрушают высокомолекулярные полимеры до отдельных кирпичей – мономеров, способных проходить в клетку. Такие ферменты называют гидролазами или деполимеразами. Грибы – источники высокоактивных деполимераз. Таким образом, пищеварительный сок, который у животных выделяется в просвет кишечника, у грибов выделяется наружу, непосредственно в субстрат.

5. Грибы должны создавать в клетках высокое тургорное давление для того, чтобы вода с растворенными в ней питательными веществами поступала из

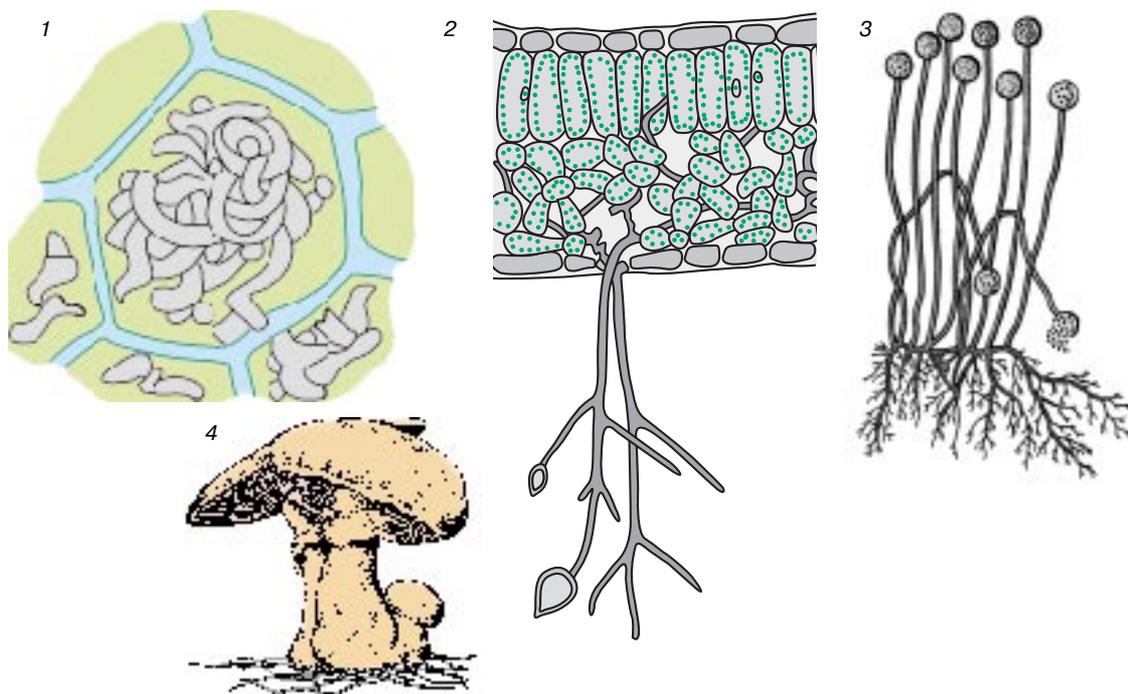


Рис. 2. Мицелии и органы спороношения грибов: 1 – клубочки мицелия эндомикоризного гриба *Ceratobasidium* в клетках корня орхидеи; 2 – эндофитный (внутриклеточный) мицелий паразита картофеля *Phytophthora infestans* и высывающиеся через устьица спорангиеносцы с зооспорами на концах; 3 – плесневой гриб *Mucor*. Мицелий развивается в субстрате (почве), спорангиеносцы со спорангиоспорами поднимаются над субстратом; 4 – культивируемый шампиньон *Agaricus bisporus*: зрелое плодовое тело (после разрыва частного покрывала освобождается пластинчатый гименофор с базидиоспорами)

субстрата в мицелий. Гигантское давление, создаваемое грибами, можно проиллюстрировать частыми случаями разрыва асфальтового покрытия растущими плодовыми телами шампиньонов.

Биологическое разнообразие в царстве грибов – вопрос очень далекий от решения. В последних справочниках приведены сведения о 65 тыс. видов описанных грибов. Однако больше 150 лет назад знаменитый миколог Фриз считал, что грибы являются самой большой группой в *orbis vegetabilia*, как насекомые в *orbis animalia*. Сейчас расчеты показывают его глубокую правоту (табл. 2).

Такое гигантское видовое разнообразие указывает на то, что грибы – процветающая и широко иррадирующая в природе группа, которая не могла не наложить глубокий отпечаток на всю эволюцию биоты, функционирование современных биоценозов, включая агроценозы, и даже на развитие цивилизации.

РОЛЬ ГРИБОВ В ЭВОЛЮЦИИ БИОСФЕРЫ

Осмотрительный способ питания ставит грибы в определенный разряд организмов в пищевой цепи превращения веществ и энергии. Наряду с бактериями грибы – редуценты, разлагающие сложные органические соединения до более простых, причем

Таблица 2. Биологическое разнообразие в различных группах организмов (*Bull et al. // Ann. Rev. Microbiol. 1992. Vol. 46. P. 219–252*)

Группа организмов	Число видов, тыс.		Количество известных видов, %
	известное	расчетное	
Вирусы	5	130	4
Бактерии	4,7	40	12
Грибы	69	1500	5
Водоросли	40	60	67
Мохообразные	17	25	68
Голосеменные	0,75		
Покрытосеменные	250	270	93
Простейшие	30,8	100	31
Нематоды	15	500	3
Насекомые	800	8000	10
Рыбы	19	21	90
Птицы	9,2		Ок. 100
Млекопитающиеся	4,17		Ок. 100

по способам питания их разделяют на сапротрофов, то есть мертвоедов, которые усваивают сложные органические соединения из мертвых субстратов, и паразитов, усваивающих питательные вещества из

живых организмов. И сапротрофы и паразиты связаны в своем питании в основном с растительными тканями. Связь грибов с растениями, по-видимому, сложилась очень давно, вероятно на самых ранних этапах их эволюции. Самые примитивные грибы — хитридиомицеты и оомицеты паразитируют на примитивных растениях — водорослях. Некоторые микологи считают, что грибы вышли на сушу под покровом вышедших на сушу растений, как их паразиты и симбионты. Практически нет грибов, живущих в симбиозе с животными, но огромное число видов грибов находится в постоянных симбиотических связях с растениями. Ферментативный аппарат грибов — гидролитические ферменты, которые выделяются в окружающую среду, — настроены на разложение углеводов — строительного материала и запасных питательных веществ растений. Поэтому не только паразитические грибы избрали объектами нападения в основном растения, но и сапротрофы питаются “трусами” растений, оставляя трупы животных бактериям. Большая группа грибов (копрофилы) питается навозом животных (но опять-таки травоядных), содержащим непереваженные растительные остатки. Почти исключительно грибы участвуют в разложении мертвой древесины.

Конечно, не все грибы — вегетарианцы. Водные оомицеты часто поражают икру и рыбную молодь, нанося большой вред рыбному хозяйству. Есть виды, питающиеся почвенными беспозвоночными (нематодами, амебами). Некоторые из них преобразуют отдельные гифы в ловчие кольца — липкие капканы для нематод, сжимающиеся при контакте с нематодой, а затем высасывающие с помощью выделяемых ферментов содержимое попавшей в капкан жертвы (рис. 3). Большая группа грибов паразитирует на насекомых, часто вызывая у них эпизоотии. Многие грибы (микофилы) паразитируют на других грибах (плодовых телах шляпочных грибов, мицелии микромицетов). Наконец, известны грибы, специализированные в питании к белку кератину, из которого построены покровы млекопитающих: кожа, волосы, ногти, и вызывающие дерматомикозы, от которых страдают дикие и домашние животные и люди. Но среди общей массы грибов все эти группы немногочисленны.

Все больше данных накапливается о том, что важнейшие ароматизаторы биоты связаны с эндосимбиозами. В результате объединения геномов двух и больше прокариотных организмов возникла эукариотная клетка, а ее симбионты превратились в органеллы, причем такие, как центриоли и цитоскелет, митохондрии, хлоропласты и др. В дальнейшем симбиозы между уже эукариотными организмами из разных царств приводили к объединению их свойств и созданию принципиально новых организмов, способных осваивать новые, недоступные каждому симбионту в отдельности ниши. Самый яркий пример — лишайник, получивший в результате объединения гриба с водорослью своеобразную

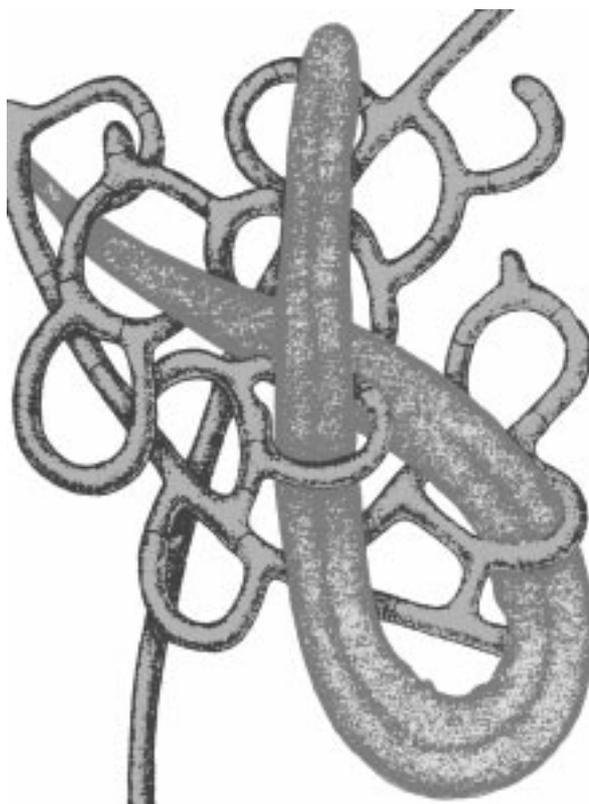


Рис. 3. Мицелиальные “ловчие кольца” хищного гриба *Arthrobotrys*, захватившие нематоду

морфологию, физиологию и образ жизни. Есть гипотезы, что огромная и интересная группа главным образом морских водорослей багрянок — морские лишайники, у которых древние (а красные водоросли найдены в девоне) аскомицетоподобные грибы приобрели в качестве внутриклеточных симбионтов синезеленые водоросли. Более того, накапливается все больше данных, что выход растений на сушу и возникновение наземных сосудистых растений были бы невозможны без симбиоза с грибами. Во всяком случае самые ранние ринофиты из силура и нижнего девона имели в стелющихся стеблях грибной мицелий. Полагают, что мицелий симбиотических оомицетов дал начало сосудам.

Возникновение более поздней эктотрофной микоризы привело к расцвету древесных растений в карбоне. Заражение клеток грибами, как симбиотрофными, так и паразитическими, вызвало эволюцию защитных механизмов растений и привело к формированию лигнина — трехмерного сложного полимера ароматических спиртов, второго по распространенности в природе (после целлюлозы) природного полимера. В свою очередь, у грибов базидиомицетов возникли ферментные системы, разлагающие лигнин: специфические лакказы, пероксидазы и др. Продукты разложения лигнина —

гуминовые соединения стали основой почвенного гумуса. Экотрофная микориза дала возможность в меловом периоде распространиться древесным породам из тропиков в умеренные зоны с неустойчивым климатом и бедными почвами.

Находящийся в зараженных клетках растений мицелий выделяет биологически активные вещества, обладающие гормональной активностью и вызывающие приток питательных веществ к зараженным тканям и их разрастание. Такие болезни, как рак картофеля, кила капусты, пузырчатая головня кукурузы, вызваны грибами. Есть гипотеза, что разрастания подземных органов (корнеплодов, клубней) — результат генетически закрепленного эффекта микоризных грибов. Сейчас доказано, что фитопатогенные микроорганизмы могут с помощью плазмид передавать некоторые свои гены в геном хозяйских клеток.

РОЛЬ ГРИБОВ В ФУНКЦИОНИРОВАНИИ СОВРЕМЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ

Грибы-симбиотрофы. Около 80% видов современных растений имеют на корнях микоризу. Микоризные грибы, во-первых, увеличивают всасывающую поверхность корней, во-вторых, производят многие биологически активные вещества, используемые растениями, в-третьих, переводят трудноусваиваемые соединения фосфора почвы в растворимую форму, доступную растениям, в-четвертых, защищают корни от заражения потенциальными почвообитающими паразитами, наконец, в-пятых, мицелий микоризных грибов, выходящий из корней разных экземпляров растений в почву, сливается и по нему мигрируют от одного растения к другому метаболиты, включая питательные вещества, источники энергии, гормоны, токсины, а возможно, и генетическая информация. Таким образом, микориза не только расширяет экологические ниши растений (например, вересковые благодаря микоризе растут на бедных песчаных, тундровых, горных почвах), но и интегрирует популяции и даже разновидовые сообщества в единый гигантский организм с последствиями, которые пока трудно поддаются анализу.

Недавно в злаках, затем в осоках, а потом и в других растениях нашли грибы, которые являются родственниками хорошо известной спорыньи, названные эндофитами. Они живут в надземных частях растений и, образуя токсичные алкалоиды, защищают хозяев от пожирания травоядными животными — от насекомых и слизней до жвачных. Эндофиты усиливают рост вегетативных органов зараженных растений, но подавляют продукцию семян, тем самым изменяя соотношение вегетативного и семенного способов размножения. О роли эндофитных грибов свидетельствует следующий пример: в тканях тисса обнаружено соединение таксол, излечивающее некоторые формы рака. Интенсивные ис-

следования показали, что таксол продуцирует не только тисс, но и эндофитный гриб, живущий в его тканях.

Грибы-почвообразователи. Огромное значение имеют грибы для самого существования среды обитания 80% наземных организмов, включая почти все высшие растения (табл. 3). Протяженность грибных гиф в почве превышает протяженность корней высших растений, причем, как и в зоне корней — ризосфере, в зоне гиф грибов — гифосфере вследствие выделения метаболитов создается специфическая среда, благоприятная для одних групп микроорганизмов и невыносимая для других.

Грибы (включая лишайниковые) вместе с актиномицетами не только создали почву, но и продолжают активно участвовать в почвообразовательном процессе. Отмершие растения моментально заселяются грибами, которые передавая их, как по кон-

Таблица 3. Воздушно-сухая биомасса (в кг/га) организмов в лесной почве (Satcell, 1970)

Актиномицеты	0,2	Клещи	1
Прочие бактерии	7	Коллемболы	2
Грибы	454	Двукрылые	3
Простейшие	1	Прочие членистоногие	6
Нематоды	2	Общая микрофлора	461
Дождевые черви	12	Общая микрофауна	36
Энхитраиды	4	Общая биомасса	497
Моллюски	5		

вейеру, от одних видов другим осуществляют превращение тел растений в почву.

Грибы — паразиты растений. Им нет числа, и они чрезвычайно разнообразны; могут быть узкоспециализированными, поражающими только близкородственные виды растений или, наоборот, абсолютно неразборчивыми; среди них есть виды, приспособленные к заражению только всходов или, наоборот, стареющих растений; способные извлекать энергию лишь из живых, активно функционирующих клеток, или же они должны прежде убить эти клетки своими токсинами. Все эти паразиты в природных фитоценозах выполняют важные экологические функции. В 50-х годах известный зоолог проф. В.Н. Беклемишев написал статью “Паразиты как члены биоценозов”, в которой определил две важные функции паразитов: увеличение видовой разнообразия, а следовательно, и устойчивости биоценоза и защита сложившегося биоценоза от вторжения новых сочленов. Можно привести множество примеров того, как фитопатогенные грибы выполняют эти функции. И если грибные болезни растений — страшный бич сельского хозяйства во всех странах, то это лишь оттого, что люди в погоне за высокими прибылями разрушили эволюционно сложившиеся

связи между растениями в фитоценозах, заменив сложные многочленные фитоценозы одночленными и, следовательно, неустойчивыми.

Грибы-ксилотрофы. Древние связи грибов с древесными растениями привели к возникновению у грибов уникального комплекса ферментов, разрушающих древесные полимеры: целлюлозу и лигнин. Не будь грибов, леса до макушек были бы покрыты мертвыми ветками, то есть грибы – важнейшие санитары леса. Но поскольку из мертвой древесины делают дома, фонарные столбы, железнодорожные шпалы и т.д., древоразрушающие грибы наряду с полезной экологической функцией наносят огромный урон цивилизации.

РОЛЬ ГРИБОВ В РАЗВИТИИ ЦИВИЛИЗАЦИИ

Быстрое накопление биомассы и продуцирование различных биологически активных веществ сделали грибы важными продуктами питания и объектами микробиологической промышленности.

Грибы были первыми микроорганизмами, которые человек использовал для улучшения питательных свойств растительной и животной пищи. Дрожжи с незапамятных времен дали человечеству два важнейших продукта, без которых развитие цивилизации было бы немислимо: хлеб и вино. С грибами связаны две революции в медицине нового времени. Первая – открытие пенициллина. Этот первый нашедший клиническое применение антибиотик спас от смерти больше людей, чем все остальные лекарства, вместе взятые. С его открытием стало возможно лечить болезни, считавшиеся ранее абсолютно летальными, такие, как перитонит, сепсис. И хотя затем было найдено огромное число антибиотиков из прокариотов, главным образом актиномицетов, грибные антибиотики из группы бета-лактамов – пенициллины и цефалоспорины остаются вне конкуренции. Общая выручка от продажи продуктов биотехнологии в 1990 году составила 16 млрд долларов. Из них свыше 8 млрд было получено от продажи пенициллинов и цефалоспоринов. Таким образом, продукты двух грибов составили половину всего мирового биотехнологического рынка. И это не считая миллионов тонн дрожжей, производимых ежегодно, продуцентов органических кислот, ферментов, фитогормонов и других продуктов.

Вторая фармакологическая революция произошла недавно. Всем известны опыты южноафриканского хирурга Бернара по пересадке органов человека. Еще раньше методы пересадки органов на животных разработал наш хирург профессор Демидов. Но несмотря на то что технически проблема пересадок была давно решена, практически она не находила широкого применения вследствие иммунной некомпетентности пересаженных органов и их отторжения. И только после открытия грибных антибиотиков из группы циклоспоринов, которые оказались высокоактивными иммунодепрессантами, эти

операции стали обычным клиническим приемом, больные перестали умирать.

Наконец, грибоводство – важная отрасль сельского хозяйства. По развитию грибоводства судят об уровне сельскохозяйственного производства, ибо грибоводство – очень сложное производство, требующее условий стерильности, четкого воспроизведения технологических режимов. Грибы – традиционная пища человека, важный источник пополнения его рациона белками. Однако в последние годы собирать грибы, даже людям, умеющим отличать съедобные виды от ядовитых, стало небезопасно. Дело в том, что грибы как осмотротфы активно поглощают из почвы и воздуха вредные вещества. Поэтому во многих развитых странах дикорастущие грибы вообще не собирают. Продолжающееся ухудшение экологической обстановки свидетельствует о том, что в недалеком будущем это произойдет и в России. И единственным грибным продуктом станут грибы, культивируемые в искусственных условиях (табл. 4).

Как видно, чемпионом остается шампиньон, который растет в богатой перегноем почве, выращивают его на специально приготовленных компостах (рис. 4). Производство шампиньона очень дорогое, он никогда не будет дешевым продуктом. Другие широко используемые грибы – это ксилотрофы, растущие в природе на мертвой древесине. Их производство дешевле, чем шампиньона, кроме того, при их выращивании решается еще одна важная хозяйственная задача – утилизация отходов сельского хозяйства, пищевой и деревообрабатывающей промышленности. Для выращивания этих грибов используют солому, опилки, лузгу семечек, хлопковые очесы и другие отходы. Оставшийся после сбора плодовых тел субстрат, во-первых, обогащен грибным мицелием, и, во-вторых, в нем частично или полностью разложены стойкие полимеры – целлюлоза и лигнин, поэтому его можно использовать в качестве удобрений, добавок в корм скоту и для других целей.

Но грибы играли не только положительную роль в истории человечества. Уже говорилось о болезнях полезных растений, разрушении древесных изделий и других вредных воздействиях. Когда болезни растений становились массовыми, это сказывалось

Таблица 4. Производство грибов в мире в 1980 году

Вид	Гриб	Производство, тыс. т	%
<i>Agaricus bisporus</i>	Шампиньон	870	71,9
<i>Lentinus cedodes</i>	Сиитакэ	170	14,0
<i>Flammulina velutipes</i>	Зимний опенок	60	5,0
<i>Pleurotes spp.</i>	Вешенка	32	2,7
<i>Tremmela, Auricularia</i>	Серебряное ухо	10	0,8
<i>Stropharia rugoso-annulata</i>	Кольцевик	2	0,2



Рис. 4. Плантация шампиньона

на судьбе целых народов. Далеко не единственный пример – фитофтороз картофеля в Западной Европе в середине прошлого века. В то время в Ирландии из 4 млн населения около 1 млн питались исключительно картофелем, а для 2 млн человек картофель составлял 70% пищевого рациона. Два неурожайных года свели в могилу более миллиона ирландцев, а полтора миллиона жителей страны эмигрировали в Америку. Хорошо известно, что остров Цейлон (Шри Ланка) – один из центров мирового производства чая, а основные плантации кофе сосредоточены в Южной Америке. Но так было не всегда. В прошлом веке холмы острова были засажены кофейными деревьями, однако эпидемия ржавчины привела к их гибели. Опустевшие плантации были засажены чаем, а кофе укрылось от ржавчины за Атлантическим океаном. Паразитические грибы приводили и к изменениям ландшафтов, как природных, так и созданных человеком. Восточные штаты США почти полностью лишились каштановых лесов, уничтоженных грибом *Ciphopectria parasitica*, вызывающим раковые поражения коры. В некоторых западноевропейских странах погибли от болезни все ильмы.

Нельзя не отметить еще одно чрезвычайно важное воздействие грибов на человека. Заселяя органы растений, особенно во влажную погоду, грибы выделяют в них продукты жизнедеятельности, которые нередко оказываются токсичными для людей и сельскохозяйственных животных. В средние века массовая гибель людей происходила в основном от двух болезней, смертность от которых превышала смертность от всех остальных, вместе взятых: чумы и эрготизма. Эрготизм – это отравление алкалоида-

ми спорыньи, попавшими в муку из зерен ржи, зараженных склероциями (рис. 5, а). Алкалоиды вызывают сокращения мышц. Высокие их дозы приводят к мучительной смерти, низкие – к сильным болям, умственным расстройствам, агрессивному поведению. Интересно, что начало многих войн в средневековой Европе совпадало с массовым отравлением спорыньей. Сейчас в связи с нарушением агротехники, повышением влажности климата в основных зернопроизводящих зонах России огромную угрозу приобрел фузариоз колоса зерновых, возбудитель которого также очень опасный токсигенный гриб (рис. 5, б).



Рис. 5. Токсиногенные грибы: а – склероции спорыньи в колосе ржи; б – колос пшеницы, пораженный фузариозом (виден розовый налет пигментированного мицелия)

ГРИБЫ – МОДЕЛИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Грибы как объекты исследований обеспечили поступательное движение науки во многих направлениях, но прежде всего в генетике.

Это вызвано тем, что грибы, так же как бактерии, можно легко культивировать на питательных средах со стандартным составом и к ним применимы почти все генетические приемы работы с бактериями, такие, как выделение единичных мутантов

или рекомбинантов из неограниченной популяции на селективных средах, воспроизводимость опытов. Геном грибов почти такой же маленький, как и бактериальный. Но в отличие от бактерий грибы — эукариоты, у них есть хромосомы, митоз. Поэтому данные, полученные на грибах, можно с большой долей уверенности экстраполировать и на другие эукариоты, включая человека. Поэтому молекулярной генетикой дрожжей занимается большая лаборатория в Кардиологическом центре в Москве. Поэтому выдающийся генетик, Нобелевский лауреат Макс Дельбрюк ввел в генетику в качестве объекта исследований бактериофаг, а вслед за ним и муконовый гриб *Phycomyces*, у которого спорангиеносцы чрезвычайно чувствительно реагируют на свет, изгибаясь в его направлении. Этот гриб Дельбрюк считал простой моделью для изучения сенсорных ответов на внешние раздражители. Другой известный генетик, Карл Эссер, был избран почетным членом Международного геронтологического общества за работы по молекулярной генетике гриба *Podospora*, живущего в навозе. Мицелий этого гриба после нескольких дней роста начинает стареть — гифы утончаются, вакуолизируются, на их концах образуются вздутия, рост прекращается. Эссер установил причины старения и обнаружил, что в одном из митохондриальных генов участок, вырезаемый перед трансляцией (интрон), покидает митохондрию, замыкается в кольцо, реплицируется и вызывает описанные перерождения.

С грибами как объектами связано много выдающихся открытий. Бидл и Тейтум впервые получили и исследовали биохимические мутанты сумчатого гриба *Neurospora* и на основании своих работ выдвинули важнейшее положение молекулярной генетики: один ген — один фермент. Их работа, заложившая основы нового направления — биохимической генетики, была удостоена Нобелевской премии. На сумчатых грибах Линдгрен разработал блестящий метод генетического анализа — тетрадный анализ, который дает не статистически близкое к расчетному, а абсолютное менделевское расщепление. Использование тетрадного анализа показало, что при внутригенных рекомбинациях часто наблюдаются отклонения от менделевского расщепления, названные конверсией генов. Анализ этого явления привел английского генетика Робина Холлидея к открытию молекулярных механизмов рекомбинации, которые оказались едиными для всех организмов — от бактериофагов до человека. А если клеточный миксомицет *Dictyostelium* тоже гриб, то интереснее его модели клеточной интеграции пока ничего не найдено. В богатой среде (в лаборатории на бактериальном газоне) этот организм существует

в форме амебообразных клеток, размножающихся делением. Но при истощении среды клетки начинают синхронно собираться в центры инициации и, наполняя друг на друга, формировать вертикальную колонку (спорангиеносец) с расширением на конце (спорангием). Амебы в спорангии покрываются оболочками и превращаются в споры, которые прорастают на богатом субстрате, превращаясь в амеб.

В заключение надо объяснить, почему эта тема выбрана для “Соросовского Образовательного Журнала”. Дело в том, что в школе так называемым низшим растениям отведено внимание, совершенно не адекватное их видовому разнообразию и тому месту, которое они занимают в природе. Абитуриенты, сдающие экзамены, о водорослях знают только, что хлорелла служит пищей космонавтов (этот миф кощует из учебника в учебник), из ламинарии готовят морскую капусту. А что касается грибов, то вспоминают трутовик и какую-то болезнь пшеницы — то ли спорынью, то ли головню. Изложенные выше материалы должны вызвать желание сместить акценты в преподавании этого предмета в школе.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. *Гарибова Л.В.* В царстве грибов. М.: Лесн. пром-сть, 1982. 191 с.
2. *Горленко М.В., Гарибова Л.В., Сидорова И.И. и др.* Все о грибах. М.: Лесн. пром-сть, 1985. 287 с.
3. *Даракон О.* Грибной огород — и здоровье и доход. М., 1995. 191 с.
4. *Дудка И.А., Вассер С.П.* Грибы: Справочник миколога и грибника. Киев: Наук. думка, 1987. 535 с.
5. *Дьяков Ю.Т.* О болезнях растений. М.: Агропромиздат, 1985. 219 с.
6. *Жуков А.М., Миловидова Л.С.* Грибы — друзья и враги леса. Новосибирск: Наука, 1980. 190 с.
7. *Каратыгин И.В.* Грибы и их роль в эволюции экосистем // Ботан. журн. 1994. Т. 79, № 2. С. 13—20.
8. *Мазин В.В., Шашкова Л.С.* Грибы, растения, люди. М.: Агропромиздат, 1986. 208 с.
9. *Мюллер Э., Леффлер В.* Микология. М.: Мир, 1995. 341 с.
10. *Хуксворт Д.Л.* Общее количество грибов, их значение в функционировании экосистем, сохранение и значение для человека // Микология и фитопатология. 1992. Т. 26, вып. 2. С. 152—166.

* * *

Юрий Таричанович Дьяков, доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой микологии и альгологии Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. Автор более 200 публикаций (в том числе шести монографий и учебных пособий) в области микологии, фитопатологии и иммунитета растений.