

12

Роль грибов в жизни современного человека



Роль грибов в жизни современного человека

- + Пищевой ресурс (дикорастущие и культивируемые виды);
- + кормовая добавка для животных;
- + применение в пищевых производствах (хлебопечение, сыроварение, приготовление продуктов и напитков брожения);
- + продуценты лекарственного сырья и витаминов;
- + продуценты ферментов, органических кислот и другого промышленного сырья;
- + применение в производстве биотоплива;
- + применение в биоремедиации (биологической утилизации отходов, в том числе, полимеров антропогенного происхождения);
- + применение в биоконтроле (борьбе с вредителями и возбудителями болезней сельскохозяйственных растений путем внесения в сообщество их естественного врага);
- + модельные объекты в исследованиях.

Роль грибов в жизни современного человека

- Причина отравлений (за счет образования собственных токсинов, токсинов сопутствующих микроорганизмов или путем накопления токсичных веществ из окружающей среды);
- причина пастбищных токсикозов животных;
- аллергены;
- возбудители заболеваний (микозов) человека и животных;
- причина порчи продуктов и непродовольственных материалов;
- причина биоповреждений памятников архитектуры, предметов искусства и архивных материалов;
- причина авиакатастроф;
- возбудители болезней культурных растений, наносящие значительный экономический ущерб.

Грибы как пищевой ресурс в современном мире

В настоящее время дикорастущие съедобные грибы имеют пищевое, включая экономическое, значение более, чем в *80 странах* мира. Используется *свыше тысячи видов* грибов (Вoa, 2004). Сбор грибов с целью продажи, в том числе, экспорта, играет важную роль в Зимбабве, Турции, Польше, США, КНДР, Бутане. Локальный рынок грибов экономически значим во всех регионах, где наблюдается недостаток продовольствия.



*Женщина-продавец грибов
на рынке в Мехико*



Коммерческий сбор сморчков в США

Грибы как пищевой ресурс в современном мире:
виды, имеющие наибольшее значение в
торговле и экспорте в мировых масштабах



Agaricus bisporus –
двуспоровый шампиньон –
культивируемый



Lentinula edodes – шиитаке
– культивируемый

Грибы как пищевой ресурс в современном мире: виды, имеющие наибольшее значение в торговле и экспорте в мировых масштабах



Cantharellus – лисичка –
дикорастущий +
культивируемый



Morchella – сморчок –
дикорастущий + культивируемый

Грибы как пищевой ресурс в современном мире: виды, имеющие наибольшее значение в торговле и экспорте в мировых масштабах



Boletus edulis – белый гриб –
дикорастущий +
культивируемый



Tricholoma matsutake –
матсутаке – дикорастущий

Грибы как пищевой ресурс: культивируемые грибы

Техники культивирования грибов известны с античных времён.

Коммерческое культивирование грибов в Европе началось около 1650 г. в окрестностях Парижа (заброшенные каменоломни) и постепенно широко распространилось по всей Западной Европе.

Во второй половине XX в. набор культивируемых в Европе и Северной Америке грибов существенно расширился: кроме *шампиньонов* (род *Agaricus*) и *вешенок* (род *Pleurotus*) стали появляться такие «экзотические» грибы как *шиитаке* (*Lentinula edodes*), *вольвариелла* (*Volvariella volvacea*), *древесные ушки* (*Auricularia auricula*), а так же ряд других, причем некоторые из них имеют многовековую историю культивирования в странах Азии.



Agrocybe aegerita –
тополевый гриб. Первые
сведения о культивировании
относятся к античной
Греции

Грибы как пищевой ресурс: культивируемые грибы

Локальные народные практики культивирования грибов (в основном на древесных субстратах) со временем трансформировались в коммерческие технологии.

Грибы, исходно культивируемые в Азии, обрели популярность в Европе и Америке.



Вольвариелла
(*Volvariella volvacea*)



Древесные уши
(*Auricularia auricula*)



Грибная капуста
(*Sparassis crispa*)

Грибы как пищевой ресурс: культивируемые грибы

Культивирование грибов ведётся *экстенсивными* и *интенсивными* (в помещениях с поддерживаемым микроклиматом) методами. Первая методика более древняя, сложно установить, когда она появилась впервые.



*Юго-Восточная Азия:
экстенсивное культивирование
шумакэ (*Lentinula edodes*).*



*Стеллажная система для
выращивания шампиньона
(*Agaricus bisporus*)*

Грибы как пищевой ресурс: культивируемые грибы

В настоящее время в пищевых целях культивируют около **100** видов грибов – сапротрофов и некоторые микоризообразователи.

В коммерческом культивировании преобладают шампиньон двуспоровый, шиитаке и вешенка, они составляют более половины общей годовой продукции (*Chang, 1999*).

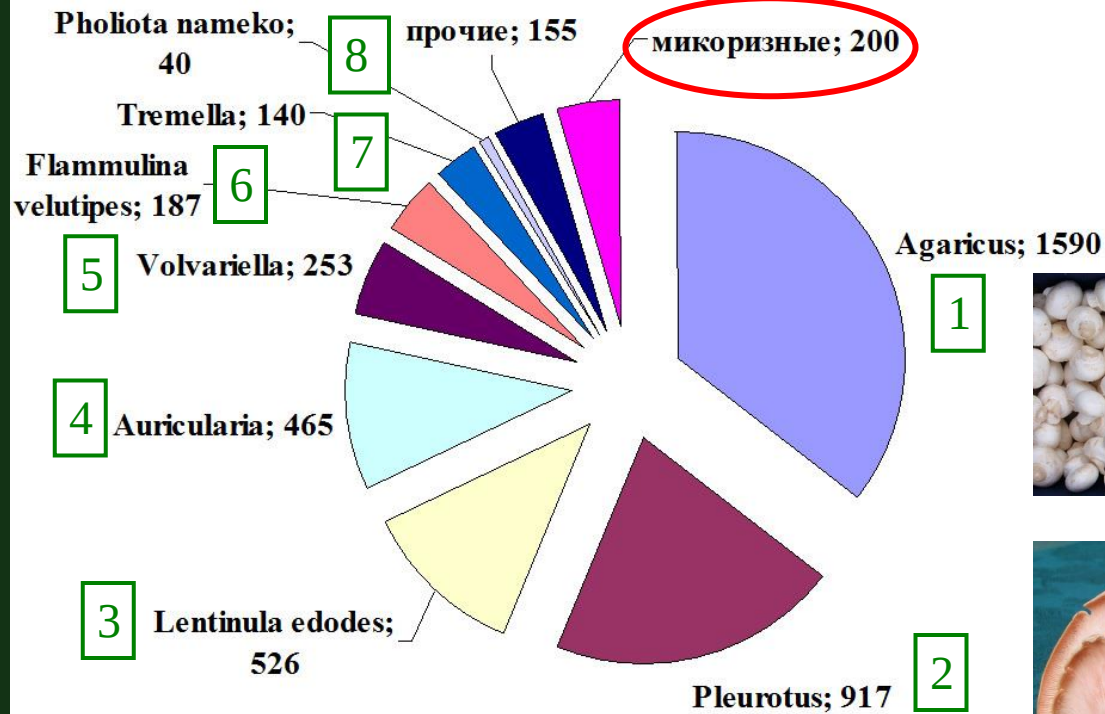


Agaricus bisporus –**двуспоровый шампиньон, портобелло** – лидер мирового производства съедобных грибов, объект экспорта.

Культивируется более чем в 70 странах мира, лидируют США, объем производства на 1990-е гг. – более **1,5 млн. тонн**, продажи – более **2 млрд. долл.**

В настоящее время ведётся селекция, выращивают искусственные сорта, а не дикорастущий вид.

(no Hall et al.,
1994)



Мировой объем производства
грибов, тыс. тонн в год

Грибы как пищевой ресурс: культивируемые грибы



*Пакетная система
для выращивания вешенки*



***Pleurotus** – вешенка –
второе (третье) место
по объему производства
(25 – 30 %), лидирует
Китай*



Грибы как пищевой ресурс: культивируемые грибы

Lentinula edodes – **шитаке** – около 25 - 30 % мирового производства съедобных грибов (страны Азии), объект экспорта, применяется в медицине.

Первые свидетельства о культивировании – 1209 г., Китай, 1796 г. – первая книга о выращивании, Япония.



Грибы как пищевой ресурс: культивируемые грибы



«Опята»: намеко (*Pholiota nameko*, сверху) и зимний гриб (*Flammulina velutipes*, справа)



Грибы как пищевой ресурс: культивируемые микоризообразующие грибы

Культивирование ведется *экстенсивными* методами путем заложения посадки из древесных пород, с которыми данный вид состоит в симбиозе.



Boletus edulis - *порcini*



Cantharellus cibarius - *лисичка*



Morchella - *сморчок*

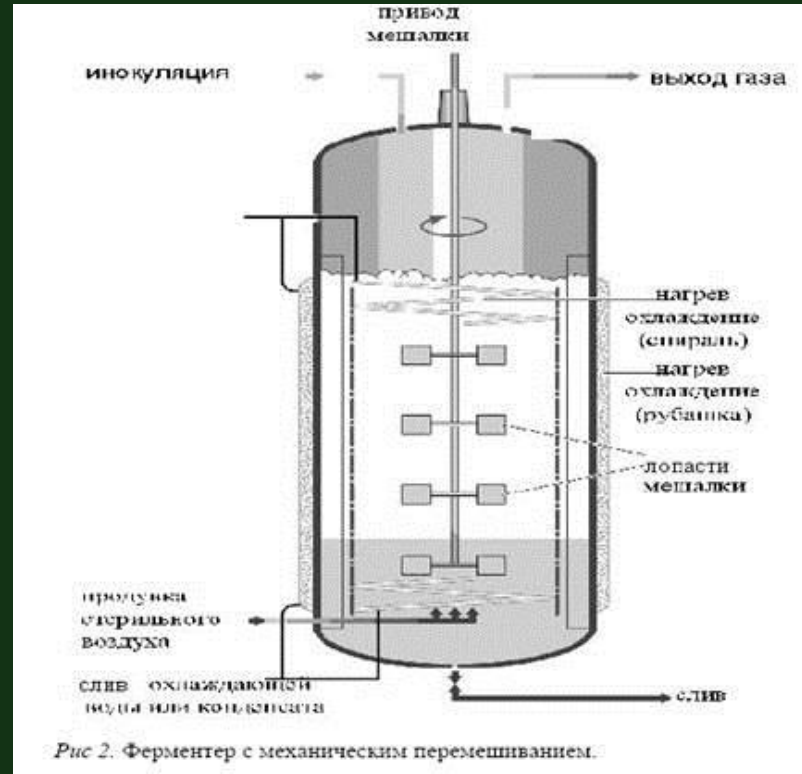
Удобным объектом *биотехнологий* грибы делают:

- относительная легкость получения чистой культуры многих видов и ее поддержания в мицелиальной форме (преимущественно, микромицеты) или в виде дрожжевых клеток;
- высокая скорость роста и наращивания биомассы;
- относительно низкая стоимость производства.

Ферментёр (биореактор) – камера для выращивания микроорганизмов в стерильных условиях на жидкой или твёрдой среде. Обычно **Ф.** – цилиндрический резервуар, в котором механически перемешиваются среда и микроорганизмы.

Получаемым *продуктом* может быть собственно **биомасса микроорганизмов** или некоторый образуемый ими **метаболит**.

Грибы в биотехнологиях

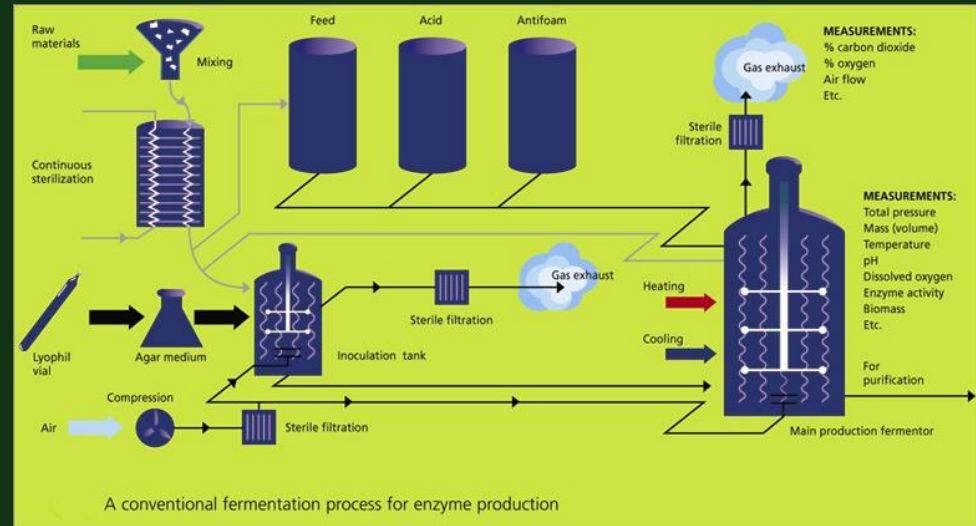


Грибные биотехнологии направлены на получение:

- аминокислот и белков,
- органических кислот,
- витаминов,
- липидов,
- полисахаридов,
- спиртов,
- ферментов,
- пигментов,
- вторичных метаболитов медицинского назначения,
- вторичных метаболитов – промышленных фунгицидов.

Самые **древние грибные биотехнологии** – использование бродильных процессов и ферментации в пищевых производствах (хлебопечение, пивоварение, виноделие).

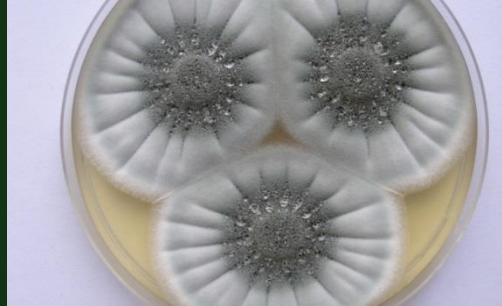
Методы генетической инженерии (создание **рекомбинантных**, т.е., собранных из различных источников молекул ДНК) позволили использовать дрожжи и некоторые другие грибы для производства **рекомбинантных белков**, в т.ч., пищевых, их рынок в 2000 г. составил 2 млрд. долл., большая часть приходится на грибные (*Agrio, Demain,*



Грибы в пищевых производствах

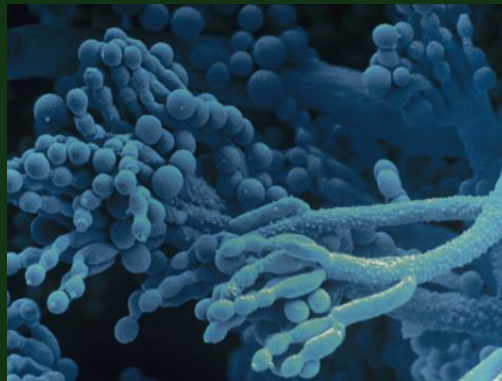
В пищевых производствах применяются способные к брожению и ферментации грибы, а также грибы – продуценты пищевого белка.

Реннин – сычужный фермент, применяемый в сыроварении, сейчас получают с применением *Aspergillus niger var awamori*.



Penicillium roquefortii
– производство сыров
рокфор, дор блю,
горгонзола

Penicillium camemberti –
производство сыров камамбер, бри.
В сырах содержится живая
культура, способная к размножению,
необходим строгий
микробиологический контроль



Грибы в пищевых производствах: источник пищевого белка



***Fusarium venenatum** – один из штаммов промышленно применяется для получения грибного белка для замены мяса, жира в молочных продуктах и злаков в «хлопьях на завтрак» (торговая марка Quorn, с 1985 г.)*



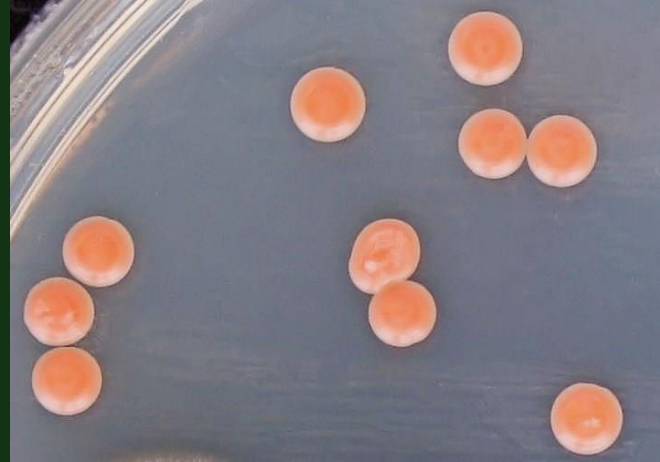
***Polyporus squamosus** – трютовик чешуйчатый – мицелий применяется как наполнитель в колбасе и для придания продуктам грибного аромата*

Грибы в пищевых производствах: источник пигментов

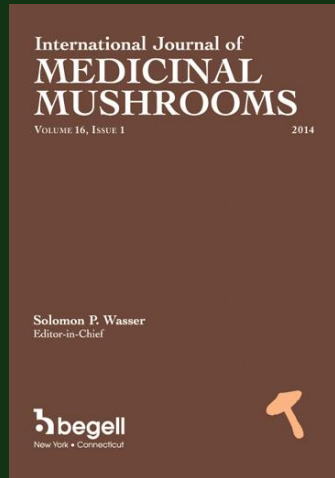
Monascus purpureus – продуцент пигментов монаскорубрамина и рубропунктамина (традиционный китайский красный рис койдзи или анг-как и другие продукты и напитки)



Phaffia rhodozyma – дрожжи, продуцент каротиноидных пигментов (астаксантин), обеспечивающих цвет красной рыбы и варёных ракообразных; подкормка для рыбы для усиления цвета мяса



Грибы как источник лекарственного сырья



The
International
Journal of
Medicinal
Mushrooms –
выпускается с
1999 г.

Грибы применяются в современной медицине:

- в противоопухолевой терапии (в т.ч., противораковой),
- как антибактериальные (антибиотические) средства (на 1995 г. известно 12000 соединений, 22 % - грибные),
- для снижения уровня холестерина (**статины**),
- как противогрибные препараты,
- как иммуномодуляторы,
- в терапии малярии (противоамёбные),
- в терапии диабета (**тернатин** – подавление гипергликемии).



Monascus purpureus
7 dní kultivace na škrobovém agaru

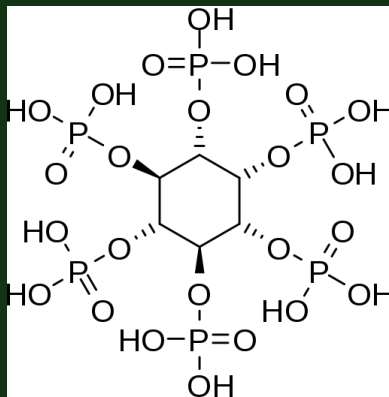
Monascus purpureus – продуцент
ловастатина, мевастатина и
предшественника симвастатина

Грибы как источник лекарственного сырья

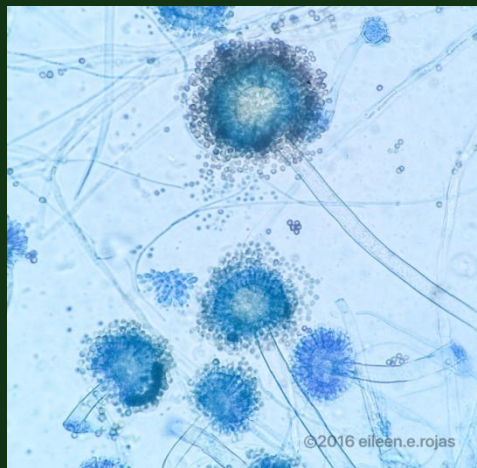
Грибы применяются в современной медицине:

- в психиатрии (в т.ч., для лечения алкогольной и наркотической зависимостей).

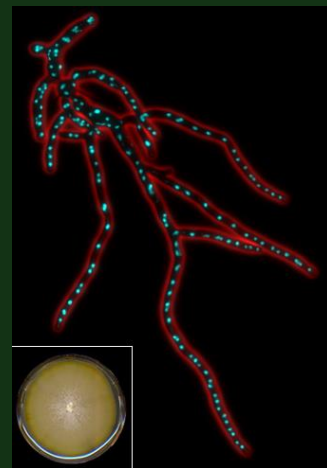
Околомедицинское и ветеринарное применение: получение биодобавок, витаминов и **фитазы** (фермента, помогающего травоядным животным усваивать фосфор из растительных кормов).



Фуминовая кислота



Aspergillus niger – продуцент
фитазы

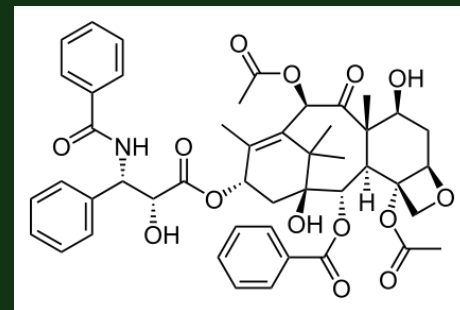


Eremothecium gossypii –
продуцент рибофлавина

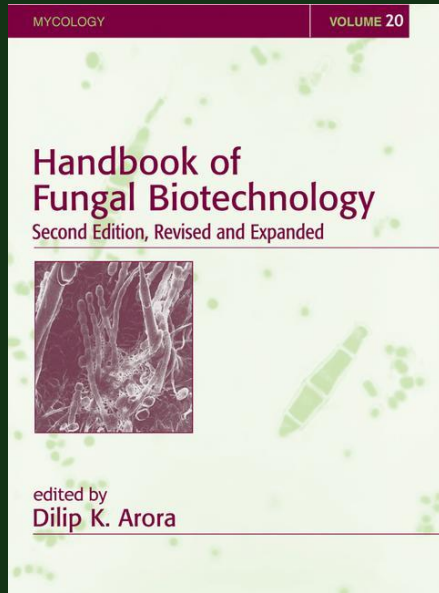
Паклитаксел (Таксол) – противоопухолевое средство, действующее на белок тубулин цитоскелета и процессы клеточного деления, применяется в онкологической химиотерапии с 1970-х гг.

Природный продуцент – *мис* (*Taxus brevifolia*), из коры и хвои которого вещество было получено впервые.

Stierle et al., 1993: продуцентом является гриб-эндофит *Taxomyces andreanae*. Сейчас известен целый ряд продуцентов из зигомицетов и аскомицетов.

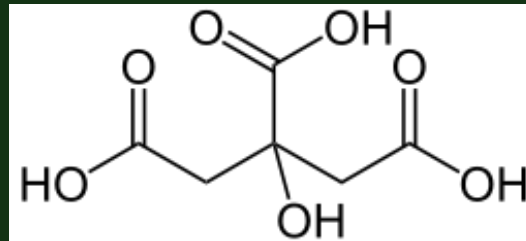


Грибы как продуценты промышленного сырья



Arora D.P. (ed.). 2003.
*Handbook of Fungal
biotechnology.*
Mycology. Vol. 20.
ISBN 9780824740184

Лимонная кислота – регулятор кислотности и консервант в пищевой промышленности, буфер при бурении нефтяных и газовых скважин, добавка к цементу и гипсу в строительстве для замедления схватывания раствора. Получают путём синтеза из сахара или кормовой патоки, продуцент – *Aspergillus niger*. На твёрдой среде синтез проходит за 90 ч.



Грибы как продуценты промышленного сырья



Aspergillus oryzae – первый коммерческий продуцент *амилаз* (ферментов, разлагающих крахмал, одних из наиболее промышленно значимых)



Mucor – один из коммерческих продуцентов *протеаз* (ферментов, разлагающих белки, применяются в производстве детергентов и проч.)

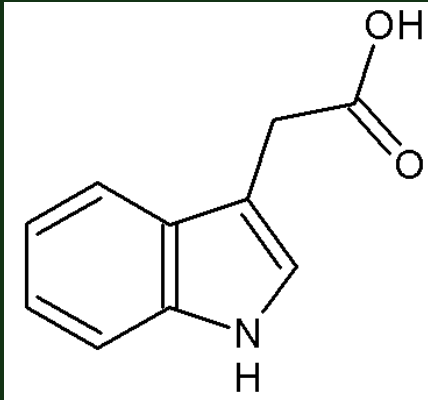


Strobilurus – продуцент популярных коммерческих фунгицидов *азоксистробина* и *манкоцеба* (производство с 1996 г.)

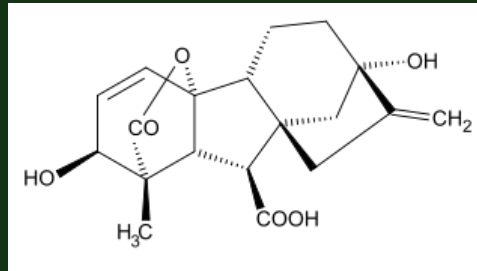
Грибы как продуценты фитогормонов

Фитогормоны – гормоны растений, регулирующие физиологические и морфологические изменения.

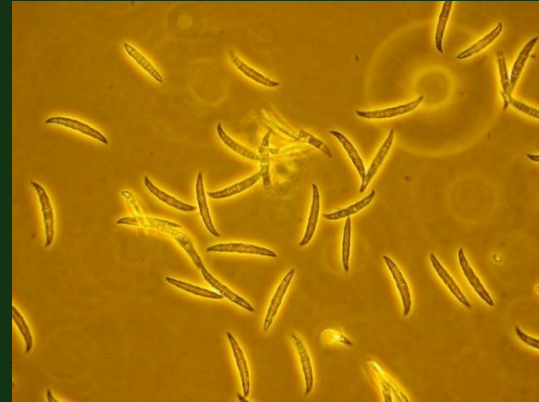
Гиббереллины и **ауксины** стимулируют рост растений и могут быть применены в сельском хозяйстве. Многие фитопатогенные грибы образуют сходные соединения для увеличения биомассы своего растения-хозяина путем учащения клеточных делений и увеличению размеров клеток, что ведет к опухоловидным разрастаниям.



гетероауксин



гибберелловая к-та

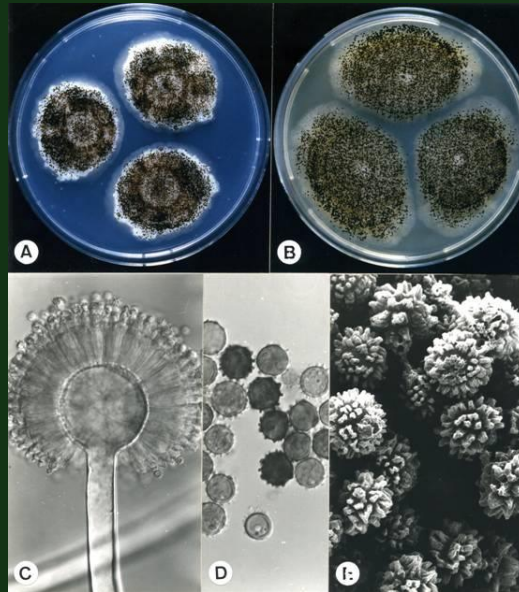


Gibberella fujikuroi – продуцент
гиббереллинов

Грибы в производстве биодизеля

Биодизель – разновидность биотоплива на основе липидов животного, растительного или микробного происхождения, а также продуктов их этерификации.

Продуценты: рапс, подсолнечник (растения), диатомовые водоросли, грибы из зигомицетов. Грибы способны накапливать в клетках до 70% липидов от общей биомассы в условиях стресса, однако пока технология не получила широкого распространения.



Gliocladium roseum (слева) и *Aspergillus carbonarius* (справа) – продуценты углеводов, аналогичных входящим в состав дизельного топлива и авиатоплива

Грибы в биоремедиации



Gadd G.M. (ed.). 2001.
*Fungi in
Bioremediation.*
[https://doi.org/10.1017/
/CBO9780511541780](https://doi.org/10.1017/CBO9780511541780)

Биоремедиация – биологическая утилизация отходов посредством живых организмов, используются преимущественно грибы и бактерии – активно развивающееся современное направление прикладной биологии. Благодаря наличию обширного комплекса ферментов грибы способны **усваивать**:

- **лигноцеллюлозные** остатки (отходы деревообрабатывающей промышленности и пищевых производств, основанных на растительном сырье – жмых сахарной свеклы и тростника, яблочные выжимки и проч.);
- **углеводородные** соединения (нефть и нефтепродукты);
- **полимерные** соединения (пластики и проч. промышленные отходы).

Грибы в биоремедиации

Первый искусственно созданный *полимер* на основе обработки природного сырья (*целлулоид*) был создан в середине XIX в., *первый синтетический* (бакелитовая смола на основе конденсации фенола и формальдегида) получен в 1906 г.

Синтетические полимеры имеют широкое промышленное применение, но переработка и сжигание их отходов ведет к загрязнению окружающей среды и гибели животных, также в продуктах переработки содержатся канцерогенные соединения.

Пластики составляют до 30 % объема городских отходов и создают опасные для биоты мусорные пятна в океанах.



***Pestalotiopsis** –
эндофитный
аскомицет,
способный
разлагать
полиуретан*

Грибы в биоконтроле

Биоконтроль (биометод) – биологический метод борьбы с вредителями посредством применения их естественных врагов, как самих живых организмов, так и продуктов их жизнедеятельности.

Грибы применяются в биоконтроле:

- насекомых-вредителей,
- нематод,
- фитопатогенных грибов.



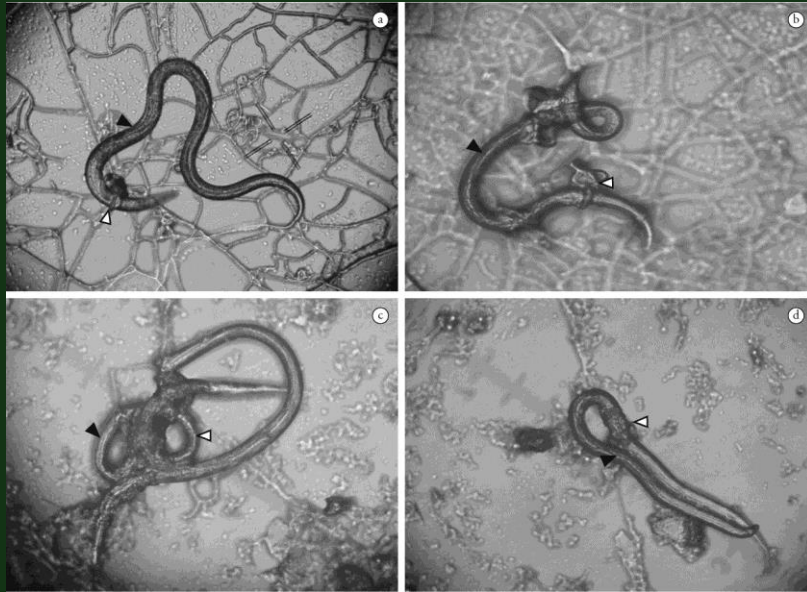
Препарат для борьбы с вредителями
на основе гриба **Beauveria**



Metarhizium anisopliae – источник
биологического инсектицида для
борьбы с вредителями

Грибы в биоконтроле

Хищные и паразитические нематофаговые грибы применяются для борьбы с нематодами, повреждающими корневую систему растений, а также с нематодами – паразитами животных.



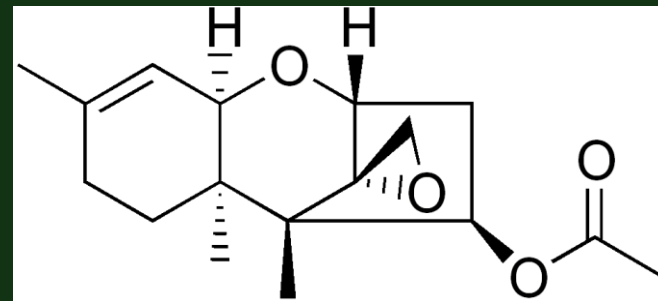
Duddingtonia flagrans и *Monacrosporium thaumasium* образуют ловчие кольца в условиях культуры.

Эффективность применения показана только против паразитов растений при внесении препарата в теплицах, а не в открытом грунте, и в высоких дозах, в отношении паразитов животных ведутся разработки (da Silva et al., 2013).

Грибы в биоконтроле

Противогрибная активность характерна для грибов микофилов.

Триходермин – препарат на основе трихотеценового токсина *Trichoderma* для борьбы с фитопатогенными грибами. Создан в середине XX в., широко применялся в СССР, но впоследствии темпы его применения снизились в силу губительного действия на всю микобиоту почвы в целом, включая необходимые для растения симбиотические грибы.



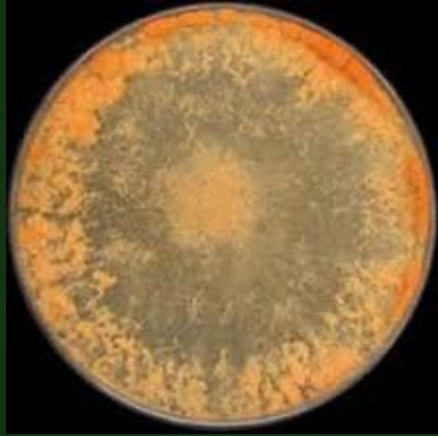
Грибы как модельные объекты в исследованиях

Многим революционным открытиям в биологии способствовал верный выбор модельного объекта. Так развитие *генетики* в некотором роде определили горох *Грегора Менделя* и дрозофила *Томаса Моргана*.

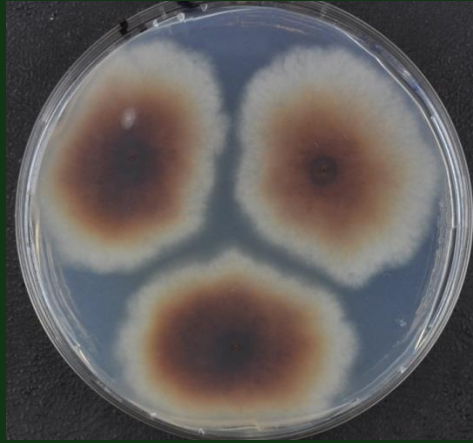
Удобство грибов как модельных объектов:

- возможность *поддержания на средах* в стандартных лабораторных условиях,
- типичное *эукариотное* строение клетки, что позволяет некоторую экстраполяцию на клетки растений и животных,
- сравнительно небольшой геном (дрожжи – 15 хромосом), что облегчает генетические исследования,
- гаплоидность ядер, позволяющая легче отслеживать и получать мутации,
- используются и дрожжевые (одноклеточные) и мицелиальные (многоклеточные) формы.

Грибы как модельные объекты в исследованиях



Neurospora crassa —
изучение формирования
аскоспор привело к
внедрению в генетику
нового метода анализа;
изучение циркадных
ритмов

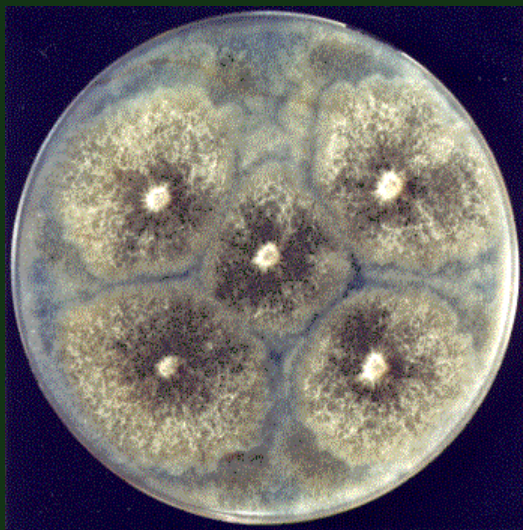


Aspergillus — обнаружение
обмена генетической
информацией в отсутствие
полового процесса

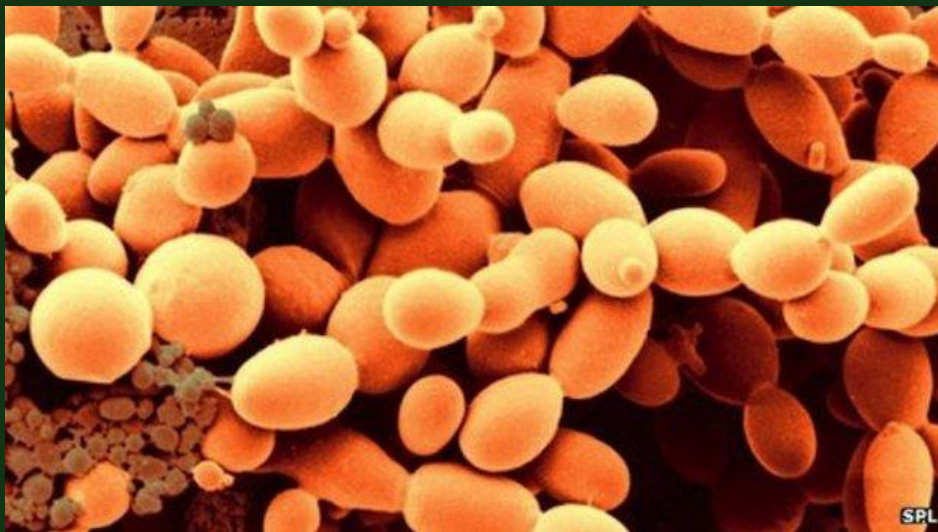


Coprinopsis cinerea —
исследование ядерного
мейотического деления
(оно происходит
синхронно у множества
клеток)

Грибы как модельные объекты в исследованиях



Podospora anserina – изучение процессов старения, роли в нем митохондрий и активных форм кислорода



Saccharomyces cerevisiae – изучение процессов старения, генетической рекомбинации, первый секвенированный эукариотный геном, изучение функций отдельных генов, космические исследования

Грибы как причина отравлений

Отравления, вызываемые грибами, можно разделить на две категории: 1. отравления *макромицетами* при употреблении в пищу плодовых тел; 2. отравления токсинами *микромикетов* при употреблении продуктов питания, заселённых грибами.

Во втором случае причиной всегда является *образование грибами токсинов*, но в первом, помимо собственных токсинов гриба (*подробно рассмотрены в лекции №2*), отравления могут вызвать также:

- *токсины микофильных* (развивающихся на плодовых телах съедобных грибов) *бактерий и микромикетов*;
- *токсины микроорганизмов*, попадающих в съедобные грибы при мариновании и засолке;
- *внешние интоксиканты* (тяжелые металлы и проч.), а также *радионуклиды*, попадающие в плодовые тела из окружающей среды;
- кроме того, возможна *индивидуальная непереносимость*.

Грибы как причина отравлений: отравления ядовитыми грибами макромицетами



***Amanita phalloides** – бледная поганка – основная причина смертельных отравлений при употреблении в пищу дикорастущих грибов в мировых масштабах*

Невзирая на активную пропаганду, предрассудки об отличиях ядовитых грибов от съедобных продолжают сохраняться, и регулярно происходят случаи отравлений. *Единственно возможная профилактика – хорошо знать виды грибов и не собирать незнакомые или сомнительные виды.*

Количество отравлений ядовитыми грибами напрямую связано с урожайностью съедобных и колеблется в широких пределах: в США **700 – 1000**, в Восточной Европе **2500 – 3000**, в России **300 – 1500** случаев в год, наблюдаются заметные различия по регионам (по Мусселиус, Рык, 2002).

Грибы как причина отравлений: отравления ядовитыми грибами макромицетами

Кроме того, возможны отравления у маленьких детей от употребления грибов в сыром виде и у людей, приехавших в другую страну и плохо знакомых с разнообразием местных видов грибов, ядовитые представители которых могут быть сходны со съедобными из родных мест приезжего.

Количество отравлений грибами растет в периоды нехватки продовольствия, когда люди вынуждены есть все подряд.

Наиболее масштабные известные случаи отравлений грибами:

Китай, 2000 г., 1700 чел. – грибы, купленные на рынке;

Польша, 1953 - 1962 гг., 553 чел. – бледная поганка, 54 летальных исхода;

Россия (центральные регионы), 2000 г., 2470 чел. – преимущественно бледная поганка, около 300 летальных исходов;

Украина, 1992 г., 400 чел. – вид грибов неизвестен, 40 летальных исходов (по Воа, 2004).

Отравления съедобными грибами макромицетами - токсины микроорганизмов

Помимо ядовитых грибов, *отравления* могут вызывать также и *съедобные* виды. Одна из причин: развитие *сопутствующих микроорганизмов*, микофильных микромицетов и бактерий. После заселения основного вида-микобиота возможна вторичная инфекция токсичными видами.

Не следует собирать заметно «заплесневелые» грибы, а также хранить собранные грибы в пластиковых пакетах. Собранные грибы следует обработать как можно скорее, т.к. *микроорганизмы могут развиваться на плодовых телах в условиях хранения.*



*Осенний опенок,
пораженный
микофильным
микромицетом
Hypomyces aurantius*

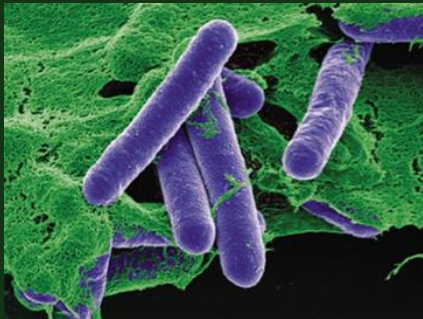
*Подберезовик,
пораженный
микофильным
микромицетом
**Hypomyces
chrysospermus***



Отравления съедобными грибами макромицетами – токсины микроорганизмов

Токсинообразующие микроорганизмы могут содержаться и в приготовленных грибах. Наиболее часто встречающимся и опасным является бактерия-палочка *Clostridium botulinum*, продуцент *ботулотоксина* и возбудитель *ботулизма*.

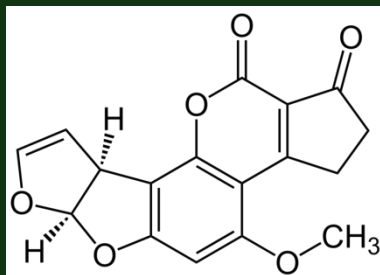
Действует на нервную систему, затрагивая глазодвигательный и черепные нервы. В наиболее тяжелых случаях – острая дыхательная недостаточность. Опасность представляют различные герметически закрытые консервы, в особенности вздутые банки или содержащие помутневшую жидкость.



Грибы как причина отравлений: ТОКСИНЫ МИКРОМИЦЕТОВ



Aspergillus flavus



Афлатоксины – смертельно опасные для человека поликетиды, содержащиеся в зерне, орехах (арахис), в залежалом чае и пр., особенно при хранении во влажном и жарком климате. Термоустойчивы и являются *самыми сильными биологическими гепатоканцерогенами*.

Изучение началось в 1960-е гг. после случая массовой гибели индюшек в Британии. До сих пор причина массового рака печени в странах Африки.

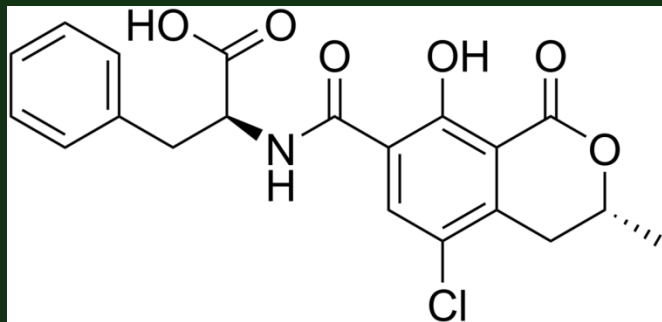
Грибы как причина отравлений: токсины микромицетов



Aspergillus ochraceus



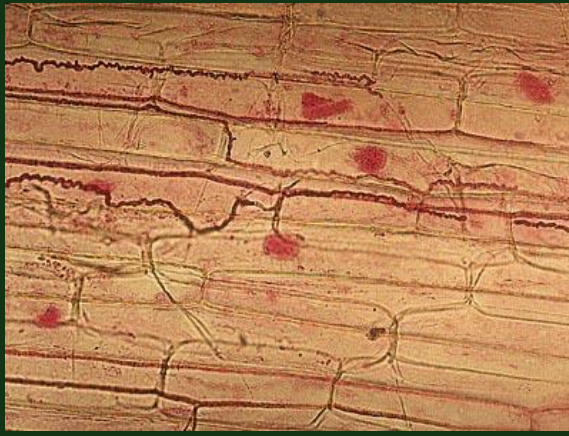
Aspergillus niger



Охратоксины – производные кумарина, содержатся в зерне и других растительных продуктах, могут накапливаться в мясе домашних животных. Высокотоксичны для почек, поражают также печень и желудочно-кишечный тракт. Обладают тератогенным эффектом и, предположительно, канцерогенным.

Грибы как причина пастбищных (кормовых) токсикозов

Токсины грибов-эндофитов могут вызывать отравления скота.



Lolium perenne *Neotyphodium lolii* –
– *плевел* *эндофит, заселяющий*
многолетний *надземную часть до 90*
 % растений

Гриб развивается в межклеточниках растения и не вредит хозяину и даже улучшает его состояние. Вырабатывая эрголиновые алкалоиды, эндофит защищает растение от выедания. У животных вызывает конвульсии («вертячка») и может привести к гибели.

Грибы как аллергены

Споры грибов являются аллергенами для человека, вызывая риниты и астму. 20-30 % предрасположенных к аллергии людей имеют респираторную аллергию на грибы (*Horner et al., 1995*). В ряде случаев опасны не только споры, находящиеся в воздухе, но и те, что попадают в организм со съедобными грибами.



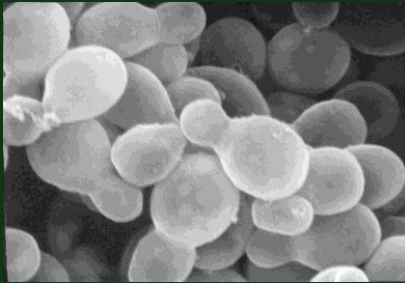
Armillaria – осенний опенок – не рекомендуется людям с заболеваниями дыхательных путей



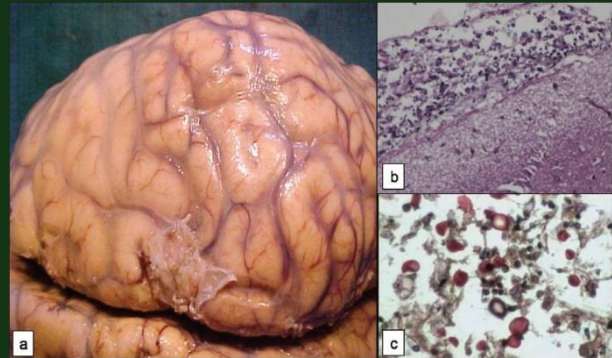
Calvatia – дождевик – известна аллергия у собак вплоть до летального исхода

Грибы как возбудители микозов

Микозы — заболевания, вызываемые грибами у человека и животных. Могут быть вызваны *облигатными патогенами* или *оппортунистами* (сапротрофами, проникающими в организм при ослаблении иммунитета). Микозы могут затрагивать только *кожные покровы* или быть *глубокими*, т.е., развиваться в различных системах органов. Полное излечение, как правило невозможно, глубокие микозы часто ведут к летальным исходам.



Malassezia furfur — возбудитель отрубевидного (цветного) лишая



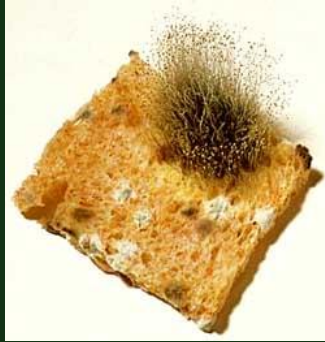
Cryptococcus neoformans — возбудитель грибкового менингита

Грибы как причина порчи продуктов

Плесень представляет большую опасность потенциальным наличием микотоксинов, диффундирующих в субстрат, и потенциальной аллергенностью.



Penicillium



Rhizopus



Neurospora



Botrytis



Fusarium

Грибы как причина биоповреждений непродовольственных материалов

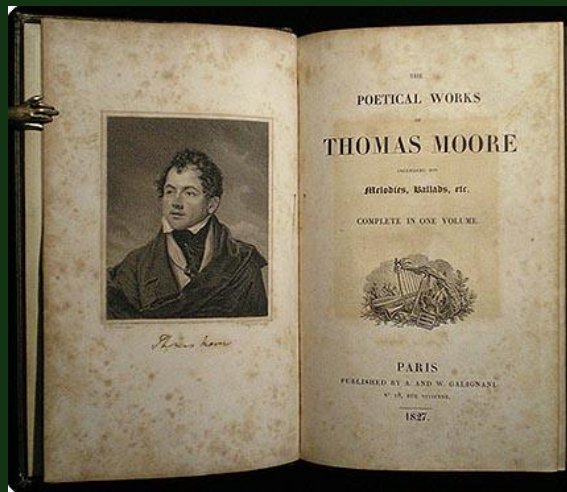
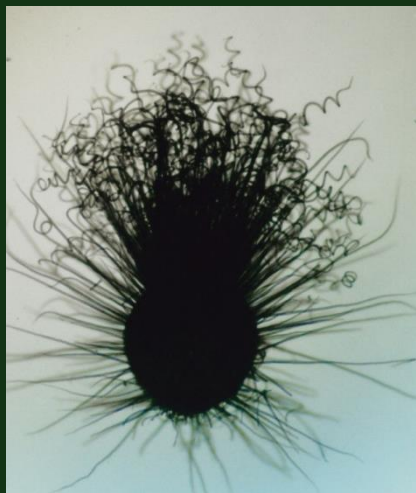
Микромицеты способны заселять самые *различные непродовольственные материалы*, вызывая их *биокоррозию* путем *выделения органических кислот и других метаболитов*, а также механического разрушения растущим мицелием.

Грибы являются причиной разрушения предметов искусства и памятников архитектуры, все *строительные материалы* сейчас уже при изготовлении обрабатывают соединениями фунгицидного и фунгистатического свойства.



Serpula, Leucogyrophana и др. – домовые грибы, разрушают древесину в постройках с постоянной температурой и, обычно, повышенной влажностью. Причина обрушения несущих конструкций, а также дыхательных заболеваний находящихся поблизости людей.

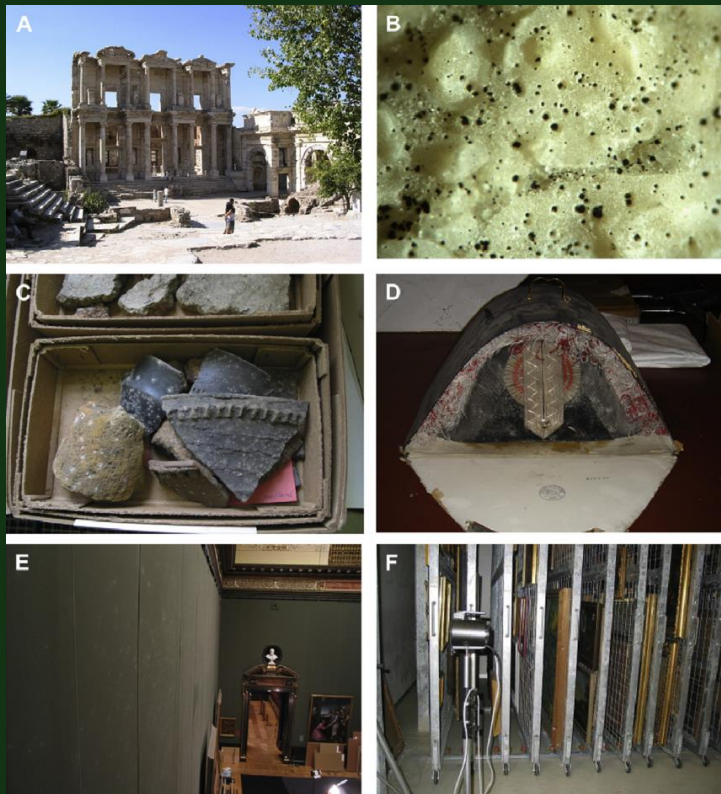
Грибы как причина биоповреждений непродовольственных материалов



***Chaetomium** – целлюлозолитики, разрушают бумагу. Наносят ущерб архивам и библиотекам, а также заселяют текстиль*

Грибы как причина биоповреждений непродовольственных материалов

Грибы вызывают разрушение памятников архитектуры, археологических артефактов и современных каменных зданий



(из Sterflinger, 2010; Gadd, 2017)

Грибы как причина биоповреждений непродовольственных материалов



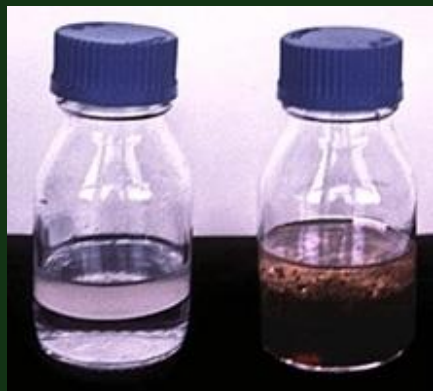
В условиях тропиков микромицеты заселяют даже оптические линзы, приводя технику в негодность из-за снижения светопропускания и увеличения светорассеяния.

Выделяемые грибами органические кислоты способствуют коррозии стекла.

Грибы как причина авиакатастроф

Monascus floricola (колония слева) и *Hormoconis resinae* (мицелий в топливном баке, справа) – "керосиновые" грибы, способны к активному росту на углеводородах авиационного топлива.

Присутствие грибов в авиационном топливе отрицательно сказывается на работе техники, мицелиальные грибы забивают клапаны и фильтры, что может приводить к серьезным авариям, а кислоты и ферменты грибов ведут к усилению коррозии металлических баков.



Грибы как возбудители болезней культурных растений

Грибы фитопатогены, поражая культурные растения, наносят колоссальный ущерб.

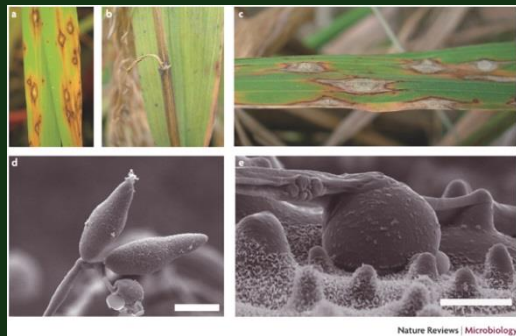
14 % общемировых потерь урожая приходится на болезни растений, преимущественно грибные.

Многие фитопатогены – продуценты микотоксинов (до 25 % зерна в мире содержит грибные токсины).

Основные меры борьбы – селекция устойчивых сортов и химическая обработка.

10 наиболее вредоносных грибных фитопатогенов в мировых масштабах (*no Dean et al., 2012*):

(1) *Magnaporthe oryzae* – паразит риса



Грибы как возбудители болезней культурных растений



- (2) *Botrytis cinerea* – разные растения;
- (3) *Puccinia* spp. – разные растения;
- (4) *Fusarium graminearum* – паразит злаков;
- (5) *Fusarium oxysporum* – разные растения;

Грибы как возбудители болезней культурных растений



6



7



8



9



10

(6) *Blumeria graminis* – паразит злаков; (7) *Mycosphaerella graminicola* – паразит злаков; (8) *Colletotrichum* spp. – разные растения; (9) *Ustilago maydis* – паразит кукурузы; (10) *Melampsora lini* – паразит льна