

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 и косметического 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 путём внесения в сообщество их естественного врага);
- + модельные объекты в исследованиях.

Роль грибов в жизни современного человека:

- причина отравлений (за счёт образования собственных токсинов, токсинов сопутствующих микроорганизмов или путём 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 *90 странах* мира.
- ❖ Используется *свыше двух тысяч видов* грибов (Li et al., 2021).
- ❖ 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.
- ❖ Объём мирового рынка съедобных грибов — US \$ 42 млрд. / год (Willis, 2018).



Слева: торговля грибами на рынке в Мехико; справа: коммерческий сбор сморчков, США

Грибы как пищевой ресурс в современном мире: наиболее экономически значимые виды в мировых масштабах



Agaricus bisporus,
двуспоровый шампиньон:
культивируемый



Lentinula edodes,
сиитаке: культивируемый



Morchella, сморчок:
дикорастущий +
культивируемый

Грибы как пищевой ресурс в современном мире: наиболее экономически значимые виды в мировых масштабах



Cantharellus, лисичка:
дикорастущий +
культивируемый



Boletus edulis, белый гриб:
дикорастущий +
культивируемый



Tricholoma matsutake,
матсутакэ: дикорастущий

Грибы как пищевой ресурс: культивируемые грибы

- ❖ Наиболее древние традиции культивирования грибов, в основном на древесных субстратах — в странах Азии, восходят ко II тысячелетию до н.э.
- ❖ Локальные практики со временем трансформировались в коммерческие технологии, азиатские виды во второй половине XX в. стали популярны в Европе и Америке.



Соломенный гриб
(*Volvariella volvacea*)



Древесные уши
(*Auricularia auricula*)



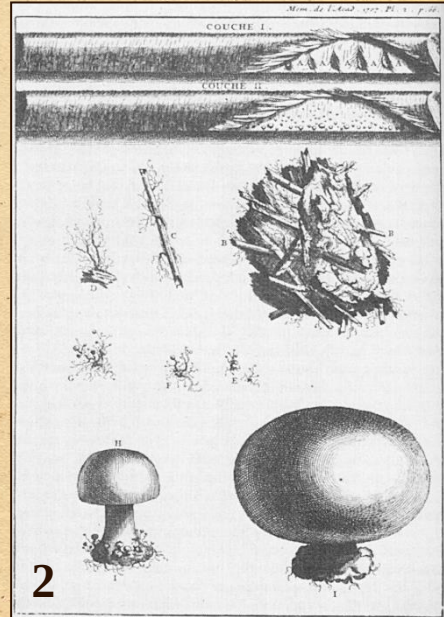
Сиитакэ
(*Lentinula edodes*)



Морской гриб
(*Tremella fuciformis*)

Грибы как пищевой ресурс: культивируемые грибы

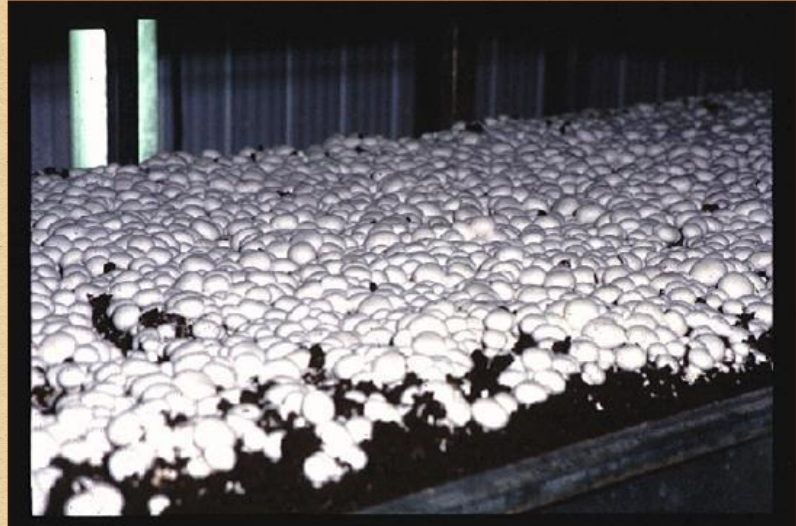
- ❖ В античной Греции на древесине выращивали тополёвый опёнок (*Agrocybe aegerita*, 1).
- ❖ В Европе коммерческое культивирование грибов началось в 1650-е с выращивания шампиньона (*Agaricus*) в заброшенных каменоломнях в окрестностях Парижа и постепенно широко распространилось по всей Западной Европе.
- ❖ В 1707 г. французский ботаник Жозеф Турнефор представил Парижской академии работу о культивировании шампиньонов (2) по методике, сходной с современной.



- ❖ Культивирование грибов ведётся *экстенсивными* и *интенсивными* (в помещениях с поддерживаемым микроклиматом) методами. Первая методика более древняя, в настоящее время для массового производства не применяется.



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



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

- ❖ В настоящее время в пищевых целях культивируют около 100 видов грибов – сапротрофов и некоторые микоризообразователи.
- ❖ 85 % культивируемых съедобных грибов приходится на 5 родов: *Lentinula* (сиитаке), *Pleurotus* (вешенка), *Auricularia* (древесные уши), *Agaricus* (шампиньон) и *Flammulina* (зимний гриб) (Willis, 2018).

Сиитаке: 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.





*Пакетная система для выращивания вешенки
и культивируемые сорта*



Шампиньон двуспоровый
культивируют более чем в 70
странах мира, объём
производства на 1990-е гг. —
более 1,5 млн. тонн, продажи —
более 2 млрд. долл.; ведётся
селекция, выращивают сорта, а
не дикорастущий вид.

Грибы как пищевой ресурс: культивируемые грибы



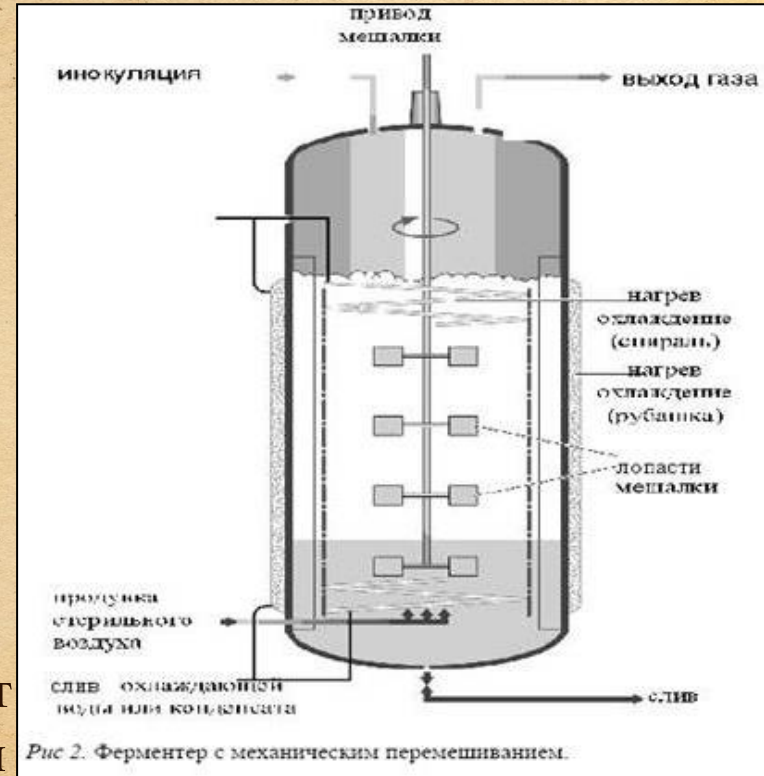
«Опята»: намеко (*Pholiota nameko*,
вверху) и зимний гриб (*Flammulina
velutipes*, справа)

Грибы в биотехнологиях

Удобным объектом *биотехнологий* грибы делает:

- относительная лёгкость получения чистой культуры многих видов и её 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 цилиндрический резервуар, в котором механически перемешиваются среда и микроорганизмы. Получаемым *продуктом* может быть собственно *биомасса микроорганизмов* или некоторый образуемый ими *метаболит*.

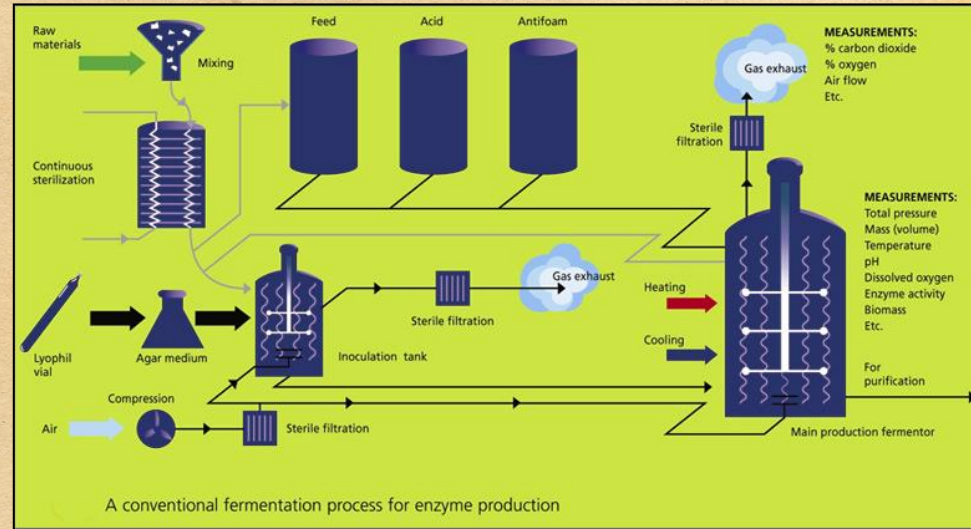


Грибные биотехнологии направлены на получение:

- аминокислот и белков,
- органических кислот,
- витаминов,
- липидов,
- полисахаридов,
- спиртов,
- ферментов (141 на 2018 г.),
- пигментов,
- вторичных метаболитов медицинского назначения,
- вторичных метаболитов – промышленных фунгицидов.

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

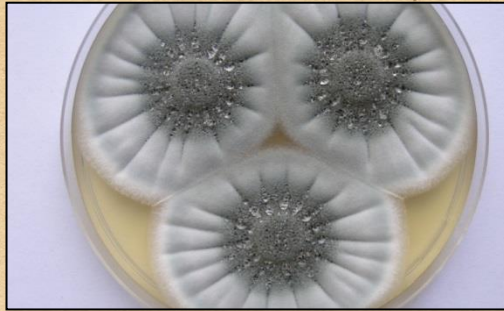
Методы генетической инженерии (создание **рекомбинантных**, т.е., собранных из различных источников молекул ДНК) позволили использовать дрожжи и некоторые другие грибы для производства **рекомбинантных белков**, в т. ч., пищевых, их рынок в 2000 г. составил 2 млрд. долл., большая часть приходится на грибные (Agrio, Demain, 2003).



Грибы в пищевых производствах

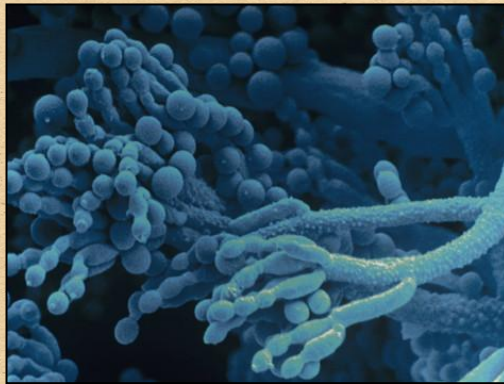
В пищевых производствах применяются способные к брожению и ферментации грибы, а также грибы – продуценты пищевого белка.

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

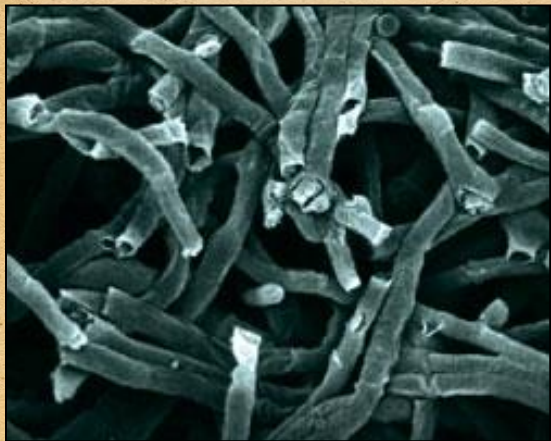


***Penicillium roquefortii*:**
производство сыров
рокфор, дор блю,
горгонзола

***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.)



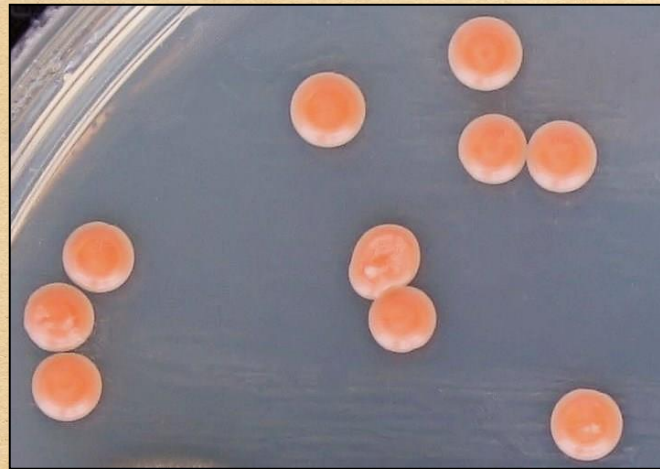
***Polyporus squamosus*, трютовик чешуйчатый**: мицелий применяется как наполнитель в колбасе и для придания продуктам грибного аромата.

Грибы в пищевых производствах: источник ПИГМЕНТОВ

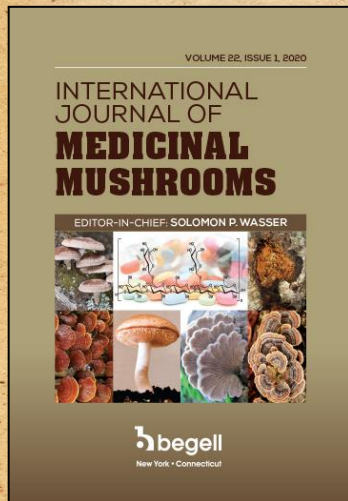
Monascus purpureus — продуцент пигментов монаскорубрамина и рубропунктамина (традиционный китайский красный рис койдзи или анг-как и другие продукты и напитки)



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).



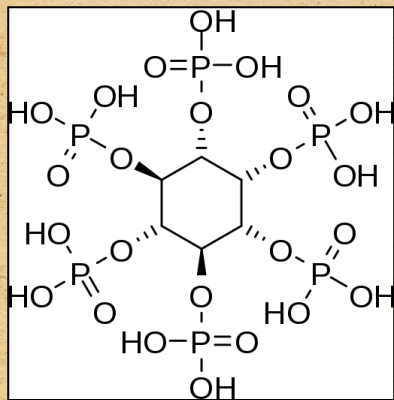
Monascus purpureus: продуцент
ловастатина, мевастатина и
предшественника симвастатина

Грибы как источник лекарственного сырья

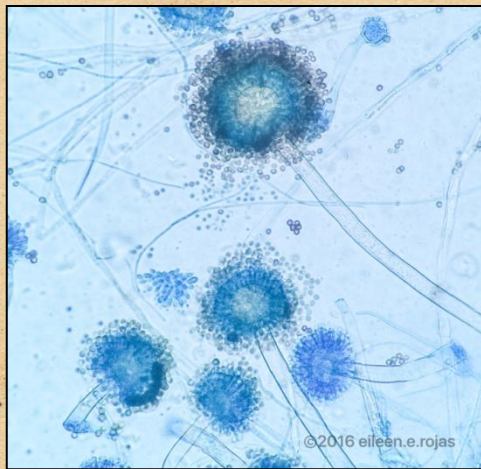
Грибы применяются в современной медицине:

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

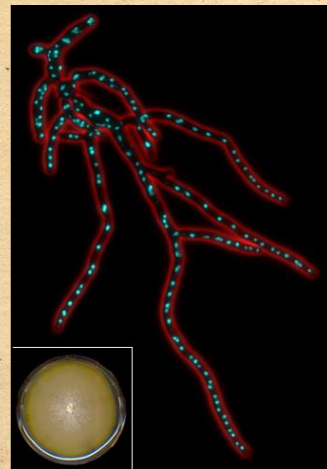
Околомедицинское и ветеринарное применение: получение биодобавок, витаминов и **фитазы** (фермента, помогающего травоядным животным усваивать фосфор из растительных кормов).



Фитиновая кислота



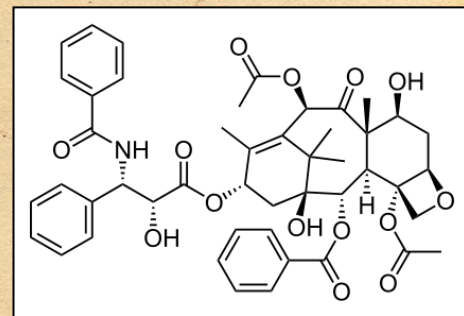
Aspergillus niger, продуцент
фитазы



Eremothecium gossypii,
продуцент рибофлавина
(витамин B₂)

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

Природный продуцент — *muc (Taxus brevifolia)*, из коры и хвои которого вещество было получено впервые. *Stierle et al., 1993*: продуцентом также является и гриб-эндофит *Taxomyces andreanae*, получивший соответствующие гены от растения путём горизонтального переноса. Сейчас известен целый ряд других грибов-продуцентов.

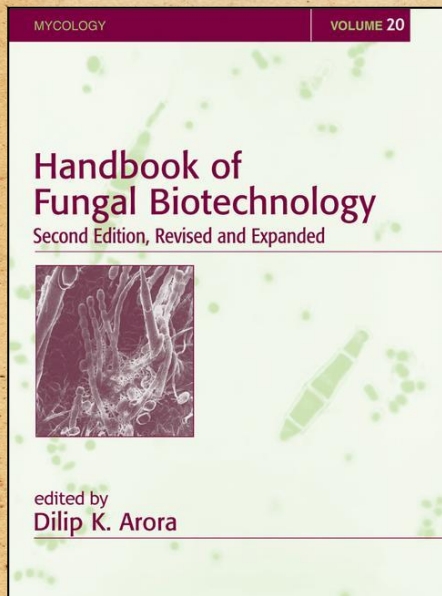


Грибная косметика

- В косметические средства (кремы, шампуни, мази) добавляют экстракты целого ряда видов макромицетов, в основном, с установленными лекарственными свойствами: шампиньон, трюфель, кордицепс, лакированный трутовик, сиитакэ, гриб-баран, чага и пр.).
- Назначение: антиоксиданты, анти-возрастной уход, восстановление кожи и улучшение её цвета.

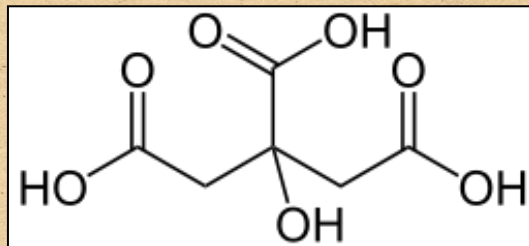


Грибы как продуценты промышленного сырья



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.



Aspergillus Niger (a common household mold)

Грибы как продуценты промышленного сырья



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

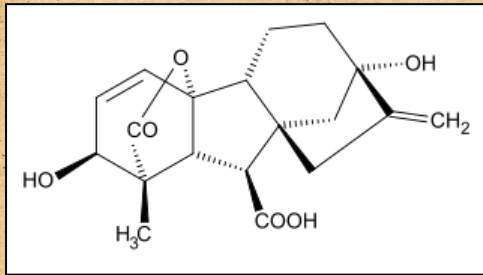
Mucor — один из коммерческих
продуцентов *протеаз*
(ферментов, разлагающих белки,
применяются в производстве
детергентов и проч.)

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

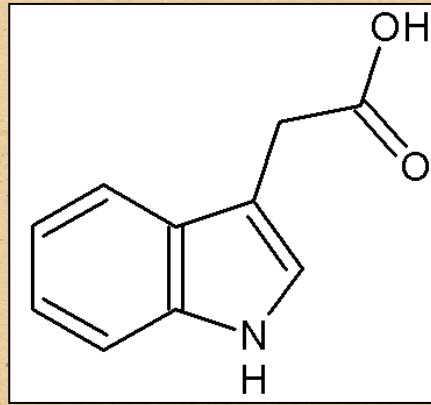
Грибы как продуценты фитогормонов

Фитогормоны — гормоны растений, регулирующие физиологические и морфологические изменения.

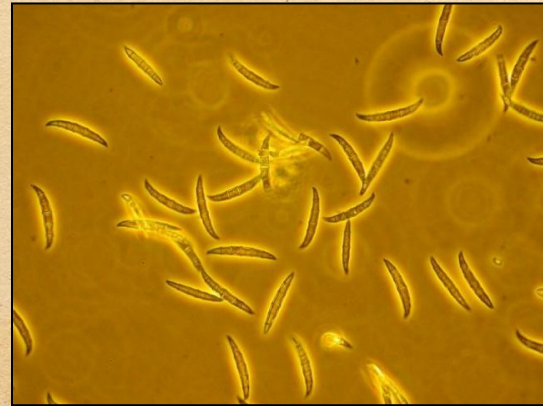
Гиббереллины и **ауксины** стимулируют рост растений и могут быть применены в сельском хозяйстве. Многие фитопатогенные грибы образуют сходные соединения для повышения биомассы своего растения-хозяина путём учащения клеточных делений и увеличения размеров клеток, что ведёт к опухолевидным разрастаниям.



гибберелловая к-та



гетероауксин

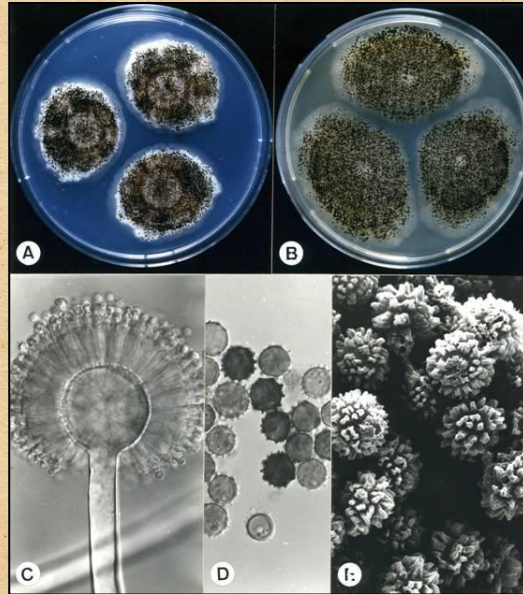
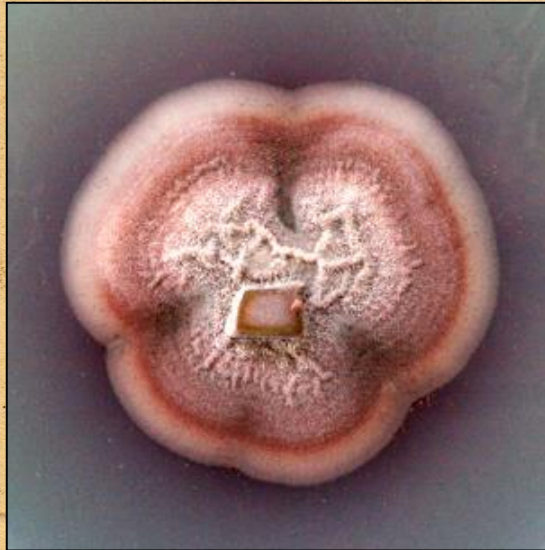


Gibberella fujikuroi – продуцент
гиббереллинов

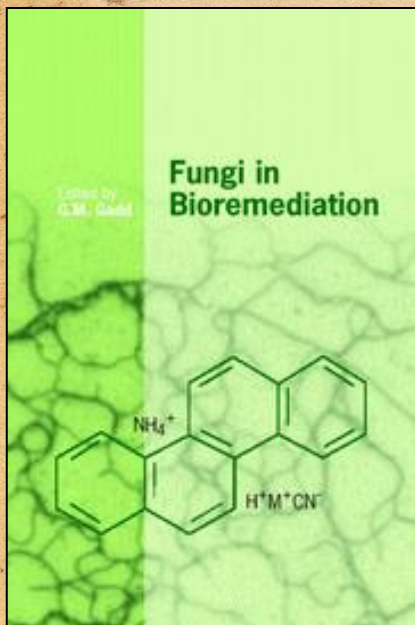
Грибы в производстве биодизеля

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

Продуценты: рапс, подсолнечник (растения), диатомовые водоросли, грибы из мукоромицетов. 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

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).

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

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 ведёт 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



Rhodotorula taiwanensis
существует при очень высокой кислотности (pH 2,3) и переносит высокий уровень γ -излучения

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.



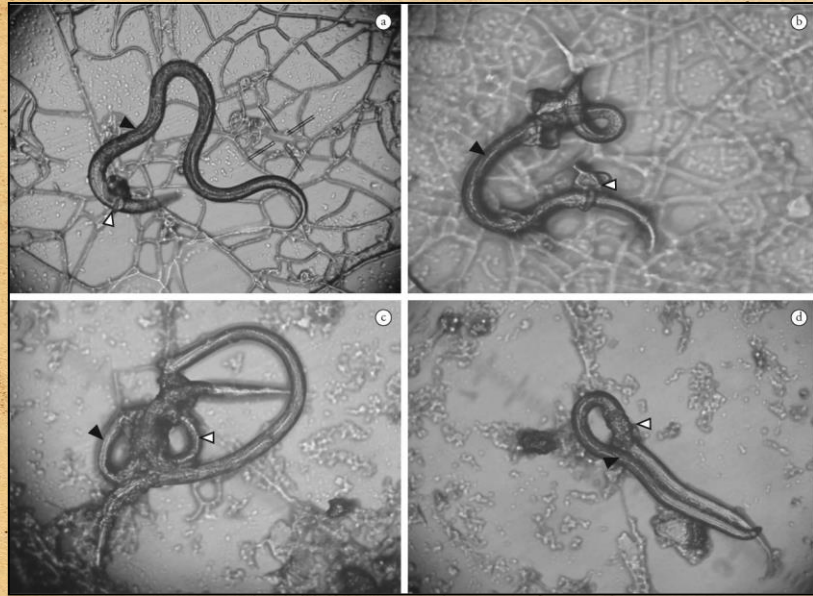
Препарат для борьбы с вредителями
на основе гриба **Beauveria**



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.



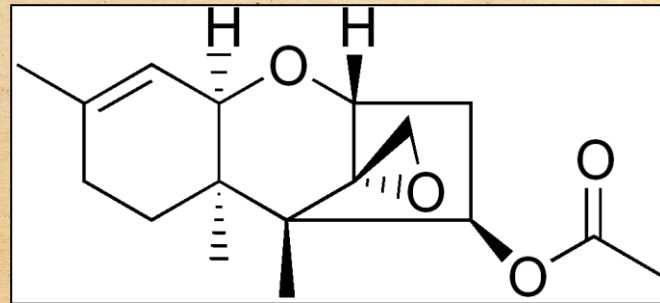
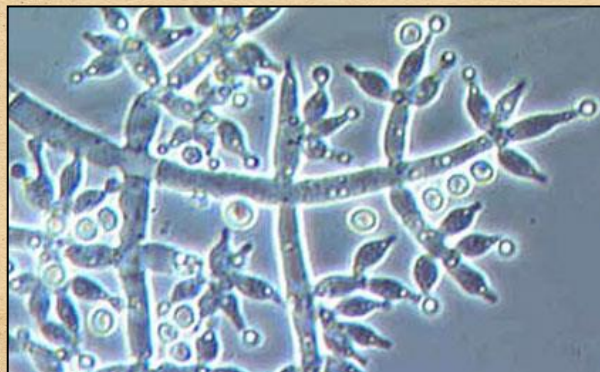
Duddingtonia flagrans и *Monacrosporium thaumasium* образуют ловчие кольца в условиях культуры.

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.



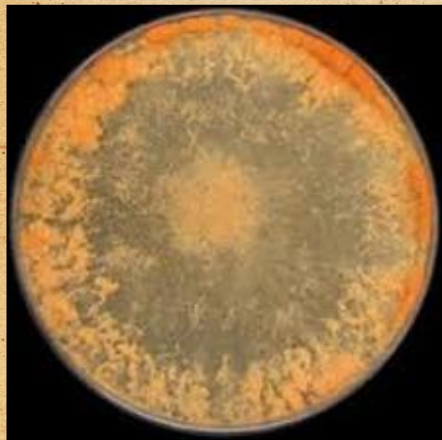
Грибы как модельные объекты в исследованиях

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:

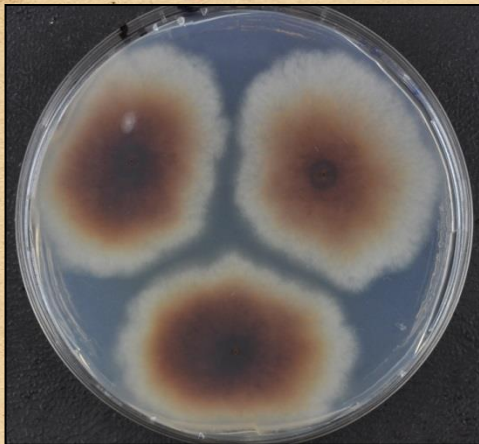
- возможность *поддержания на средах* в стандартных лабораторных условиях,
- типичное *эукариотное* строение клетки, что позволяет некоторую экстраполяцию на клетки растений и животных,
- сравнительно небольшой геном (дрожжи – 15 хромосом), что облегчает генетические исследования,
- гаплоидность ядер, 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



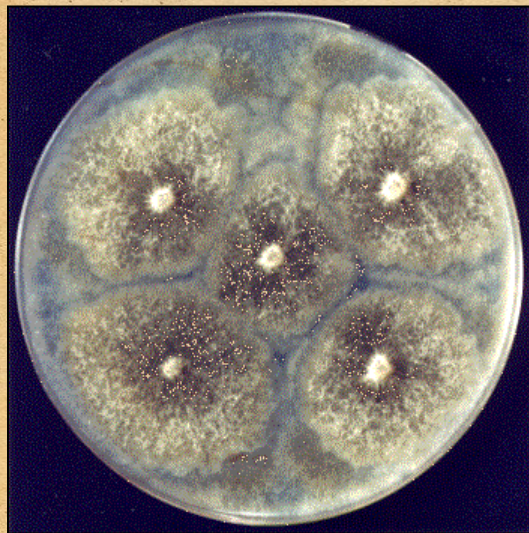
Aspergillus: обнаружение
обмена генетической
информацией в отсутствие
полового процесса



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 нём
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 (*мицетизм*); 2. отравления токсинами *микромикетов* при употреблении продуктов питания, заселённых грибами (*микотоксикоз*).

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* (тяжёлые 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 растёт 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,
поражённый
микофильным
микромицетом
Hypomyces aurantius*

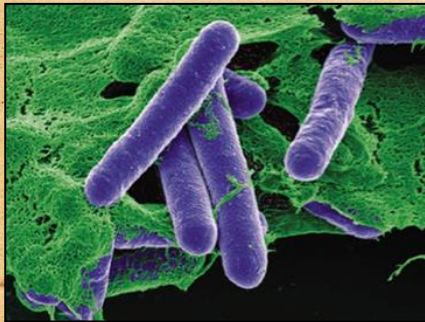
*Подберёзовик,
поражённый
микофильным
микромицетом
**Hypomyces
chrysospermus***



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*.

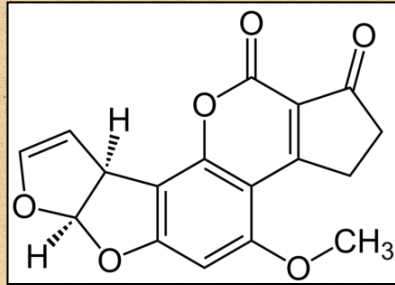
Действует на нервную систему, затрагивая глазодвигательный и черепные нервы. В наиболее тяжёлых случаях — острая дыхательная недостаточность. Опасность представляют различные герметически закрытые консервы, в особенности вздутые банки или содержащие помутневшую жидкость.



Грибы как причина отравлений: токсины микробицетов



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.

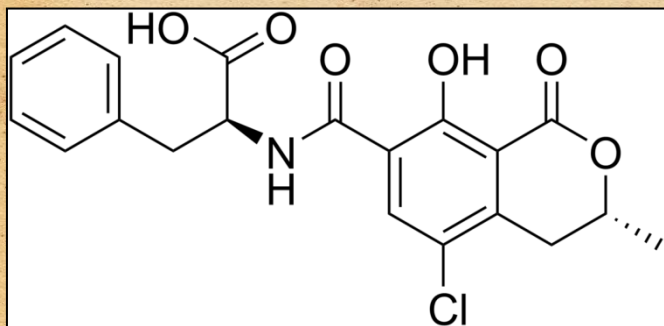
Изучение началось в 1960-е гг. после случая массовой гибели индюшек в Британии. До сих пор причина массового рака печени в странах Африки.



Aspergillus ochraceus



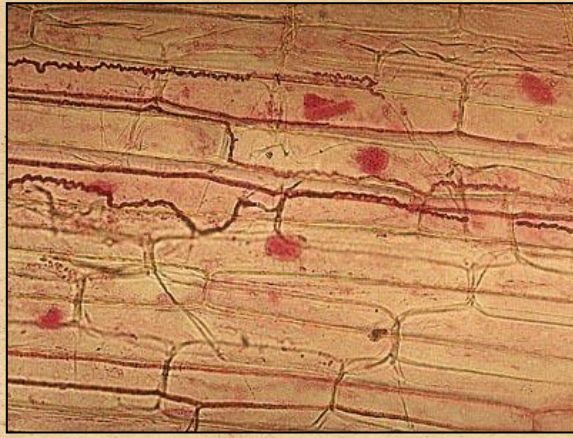
Aspergillus niger



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-эндوفитов могут вызывать отравления скота.



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

Гриб развивается в межклетниках растения и не вредит хозяину, а даже улучшает его состояние. Вырабатывая эрголиновые алкалоиды, эндифит 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.



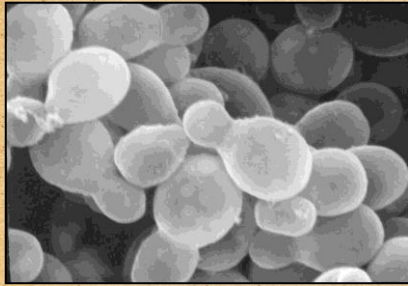
Armillaria , осенний опенок не
рекомендуется людям с
заболеваниями дыхательных путей



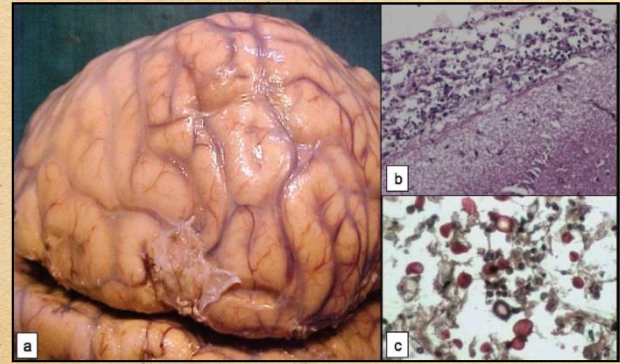
Calvatia, дождевик известна
аллергия у собак вплоть до
летального исхода

Грибы-возбудители микозов человека

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-возбудители микозов человека

- ❖ Микозы — существенная проблема мирового здравоохранения по причинам:
 - трудности диагностики и лечения (устойчивость патогенов, в т. ч., вызванная применением фунгицидов; токсичность лекарств и наличие побочных эффектов);
 - роста числа людей с ослабленным иммунитетом;
 - возрастающей мобильности населения;
 - появления ранее неизвестных оппортунистических патогенов.
- ❖ WHO (World Health Organization, Всемирная организация здравоохранения) *fungal priority pathogens list* (2022): перечень из 19 видов наиболее опасных для здоровья человека грибов, разделённых на 3 категории по степени опасности.

Critical Priority Group



Cryptococcus neoformans



Aspergillus fumigatus



Candida auris



Candida albicans

High Priority Group



Nakaseomyces glabrata
(*Candida glabrata*)



Histoplasma spp.



Eumycetoma
causative agents



Mucorales



Fusarium spp.



Candida tropicalis



Candida parapsilosis

Medium Priority Group



Scedosporium spp.



Lomentospora prolificans



Coccidioides spp.



Pichia kudriavzevii
(*Candida krusei*)



Cryptococcus gattii



Talaromyces marneffei



Pneumocystis jirovecii



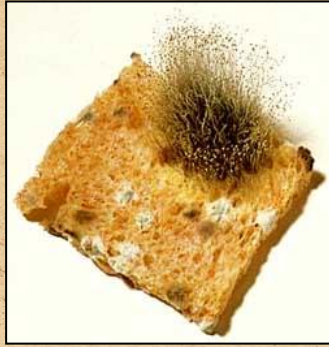
Paracoccidioides spp.

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

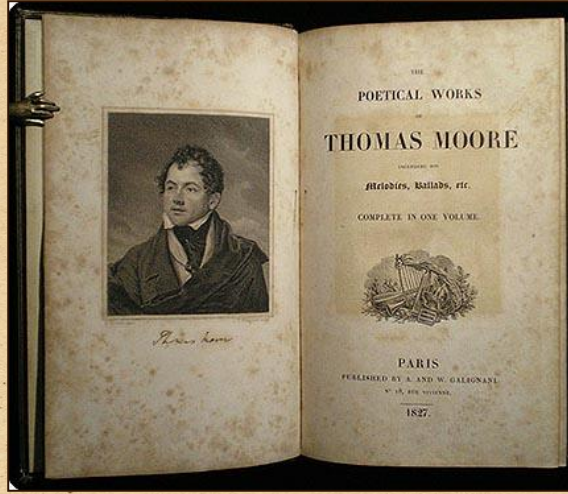
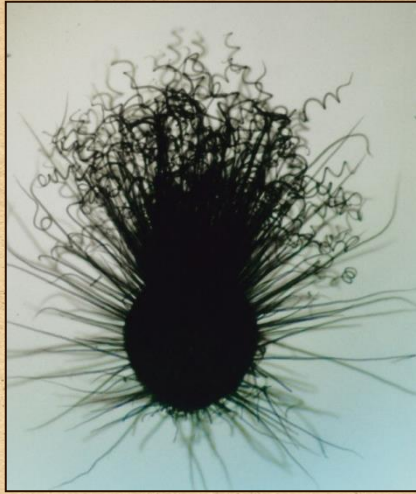
Микромицеты способны заселять самые *различные непродовольственные материалы*, вызывая их *биокоррозию* путем *выделения органических кислот и других метаболитов*, а также механического разрушения растущим мицелием.

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

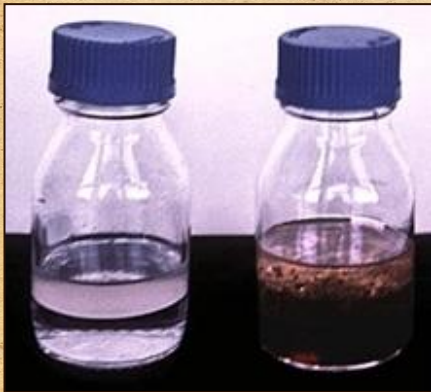


В условиях тропиков микроицеты заселяют даже оптические линзы, приводя технику в негодность из-за снижения светопропускания и увеличения светорассеяния. Выделяемые грибами органические кислоты способствуют коррозии стекла.

Грибы как причина авиакатастроф

Monascus floridanus (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 серьёзным авариям, а кислоты и ферменты грибов ускоряют коррозию 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.

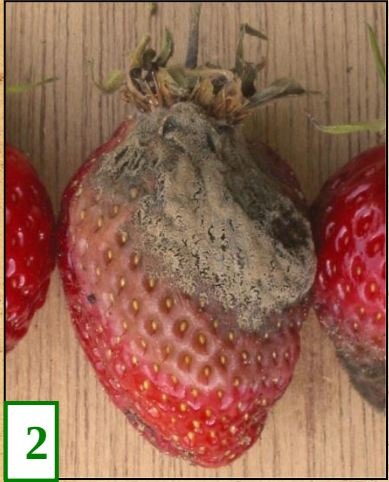
10 наиболее вредоносных грибных фитопатогенов в мировых масштабах (по

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