

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, синтетических полимеров);
- + применение в биоконтроле (борьбе с вредителями и возбудителями болезней сельскохозяйственных растений с применением 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).

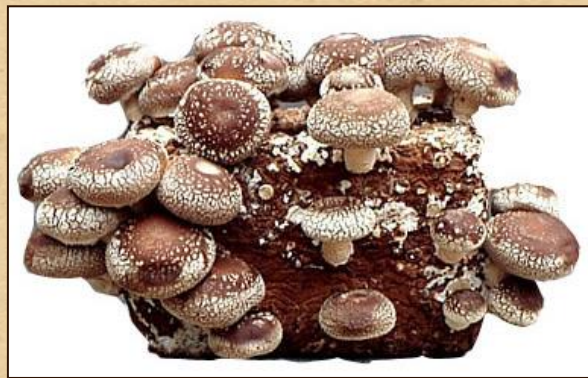


Слева: торговля грибами на рынке в Мехико; справа: коммерческий сбор сморчков, США

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*)



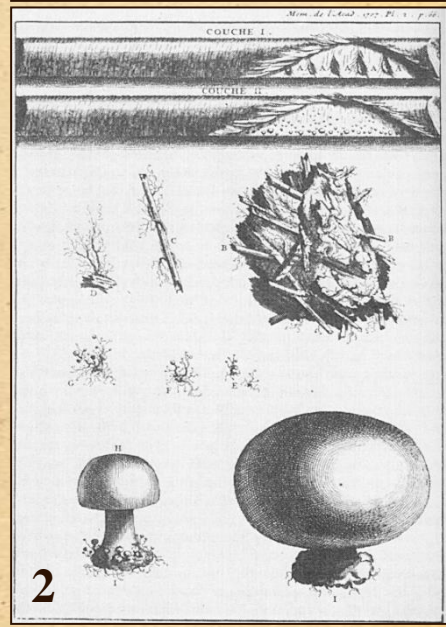
Сиитакэ
(*Lentinula edodes*)



Морской гриб
(*Tremella fuciformis*)

Грибы как пищевой ресурс: культивируемые грибы

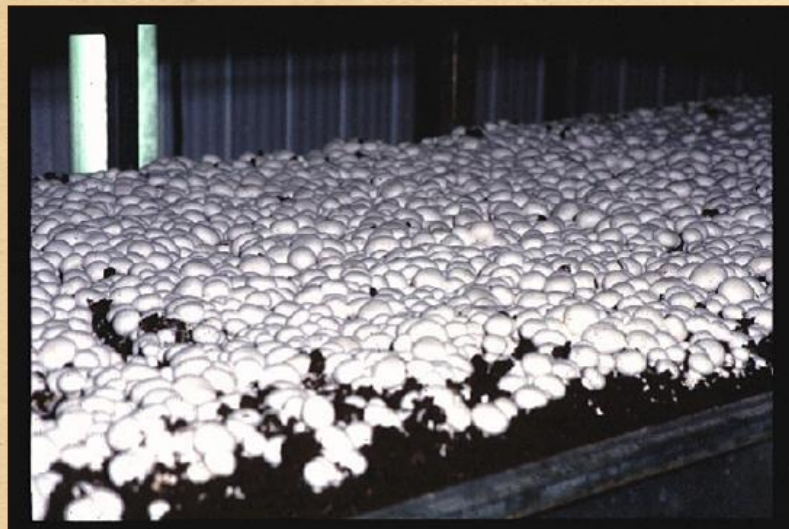
- ❖ В античной Греции на древесине выращивали тополёвый опёнок (*Agrocybe aegerita*, [1]).
- ❖ В Европе коммерческое культивирование грибов началось в 1650-е с выращивания шампиньона (*Agaricus*) в заброшенных каменоломнях в окрестностях Парижа и постепенно широко распространилось по всей Западной Европе.
- ❖ 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
*сиутакэ (*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* (сиитакэ), *Pleurotus* (вешенка), *Auricularia* (древесные уши), *Agaricus* (шампиньон) и *Flammulina* (зимний гриб) (Willis, 2018).

Сиитакэ: 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



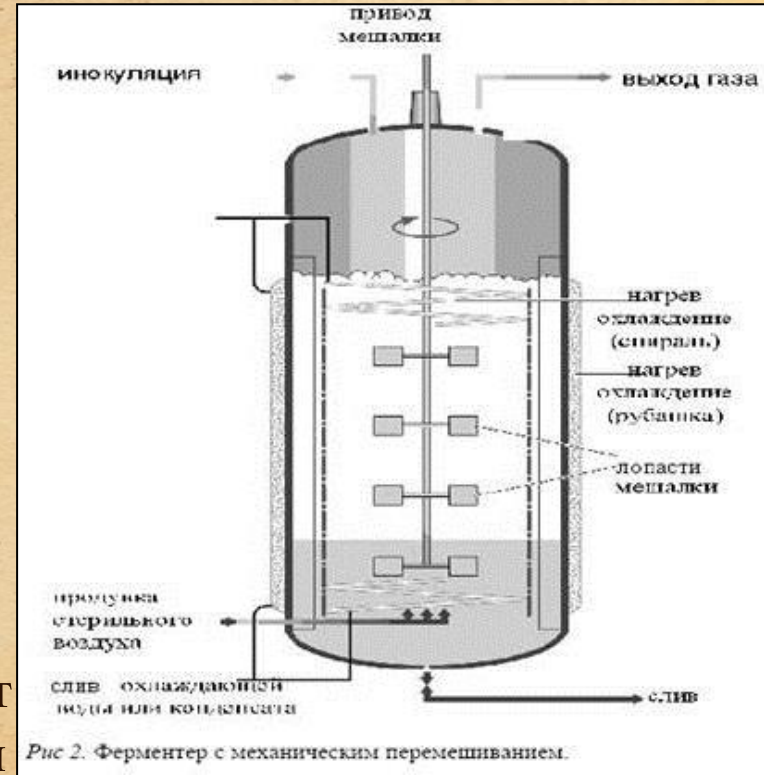
«Опята»: намеко (*Pholiota nameko*,
вверху) и зимний гриб (*Flammulina
velutipes*, справа)

Грибы в биотехнологиях

Удобным объектом *биотехнологий* грибы делает:

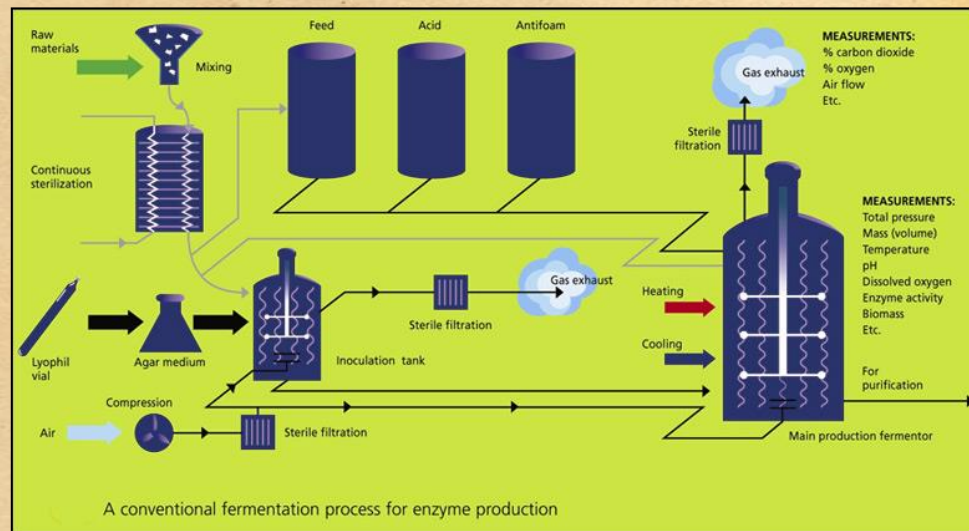
- относительная лёгкость получения чистой культуры многих видов и её поддержания в мицелиальной форме (преимущественно, микромицеты) или в виде дрожжевых клеток;
- высокая скорость роста и наращивания биомассы;
- относительно низкая стоимость производства.

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.

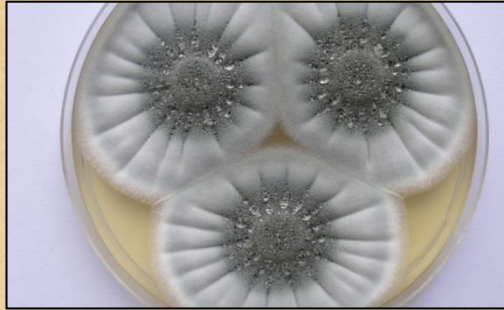
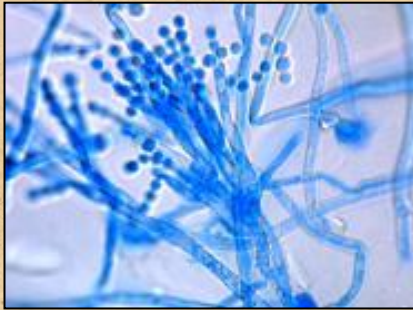
Самые **древние грибные биотехнологии** — использование бродильных процессов и ферментации в пищевых производствах (хлебопечение, пивоварение, виноделие).

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*.

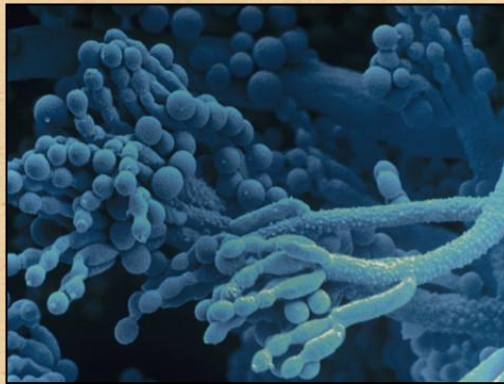


***Penicillium roquefortii*:**
производство сыров
рокфор, дор блю,
горгонцола

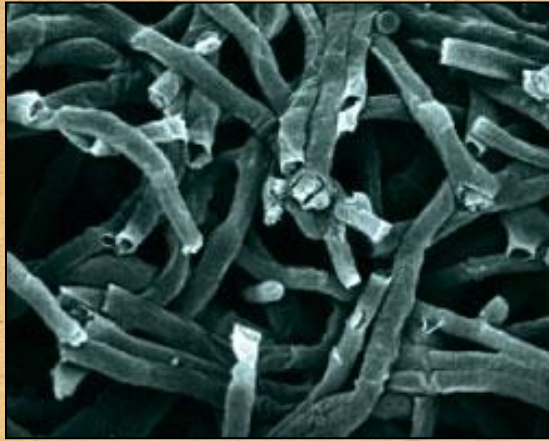
***Penicillium camemberti*:**

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.)



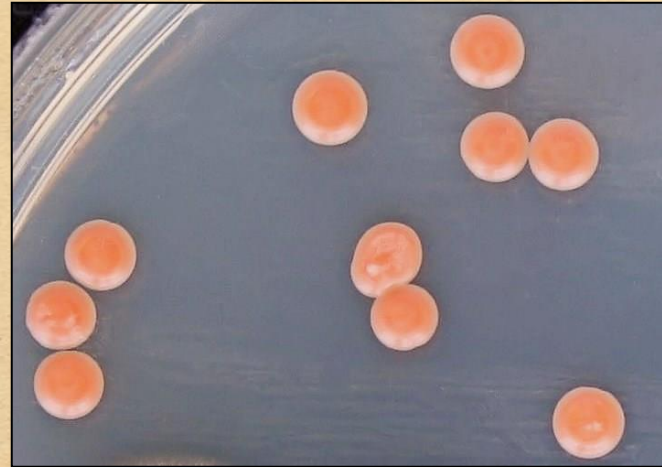
Polyporus squamosus, трютовик чешуйчатый: мицелий применяется как наполнитель в колбасе и для придания продуктам грибного аромата.

Грибы в пищевых производствах: источник ПИГМЕНТОВ

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



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



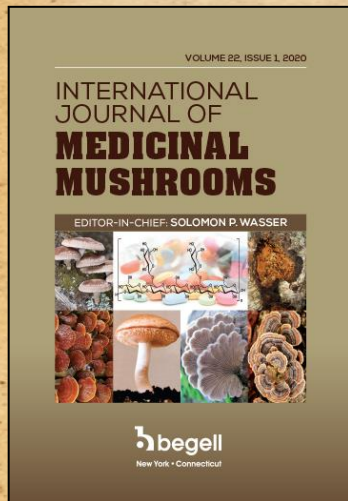
Грибы как источник лекарственного сырья

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 средства,
- как иммуномодуляторы,
- в терапии малярии (противоамёбные),
- в терапии диабета (*тернатин* — подавление гипергликемии).



Monascus purpureus: продуцент ловастатина, мевастатина и предшественника симвастатина



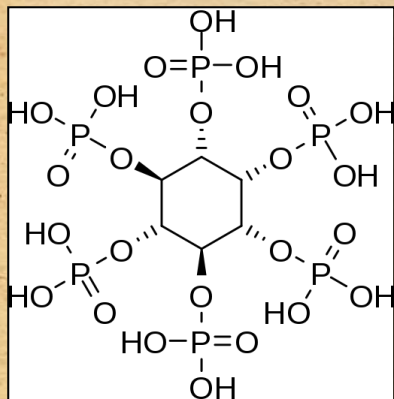
The
*International
Journal of
Medicinal
Mushrooms*,
выпускается с
1999 г.

Грибы как источник лекарственного сырья

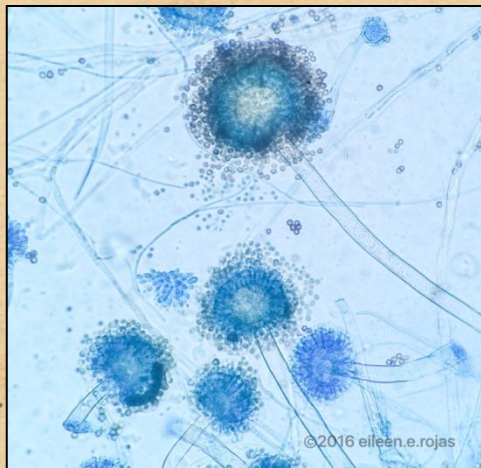
Грибы применяются в современной медицине:

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

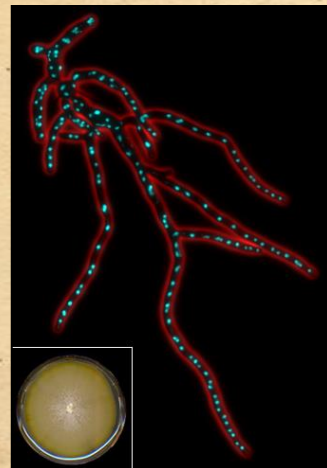
Околomedическое и ветеринарное применение: получение биодобавок, витаминов и **фитазы** (фермента, помогающего травоядным животным усваивать фосфор из растительных кормов).



Футиновая кислота



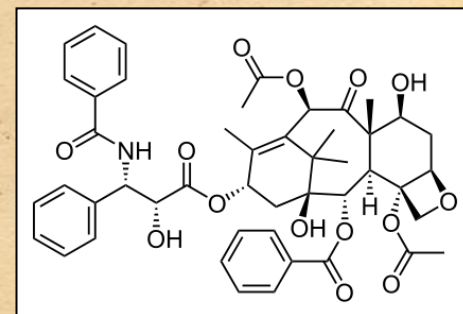
Aspergillus niger, продуцент
фитазы



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.

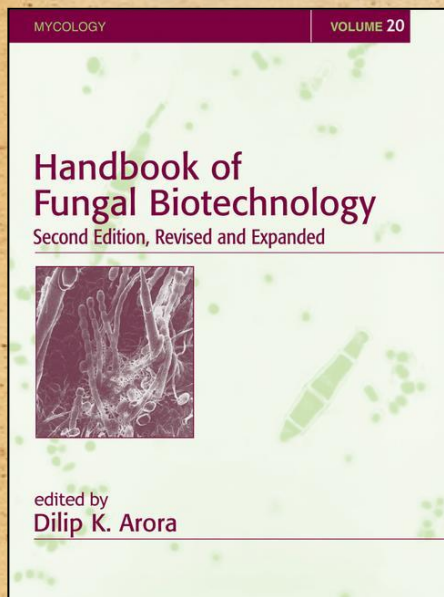


Грибная косметика

- 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.

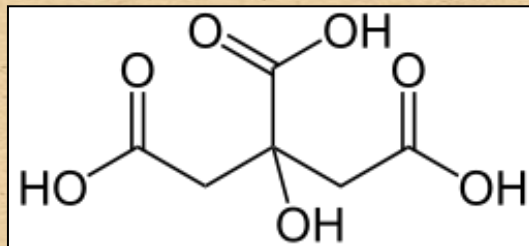


Грибы как продуценты промышленного сырья

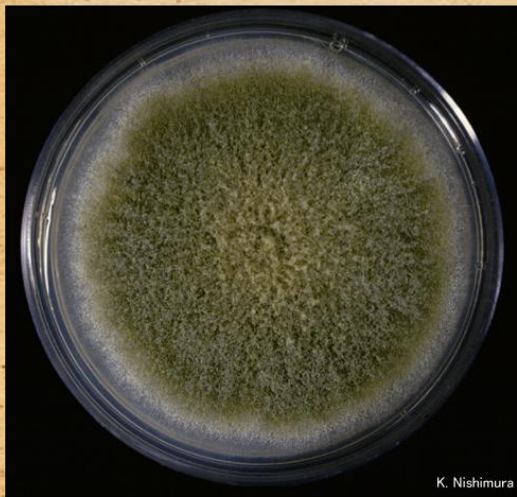


Лимонная кислота — регулятор кислотности и консервант в пищевой промышленности, буфер при бурении нефтяных и газовых скважин, добавка к цементу и гипсу в строительстве для замедления схватывания раствора. Получают путём синтеза из сахара или кормовой патоки, продуцент — *Aspergillus niger*. На твёрдой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

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



Грибы как продуценты промышленного сырья



Aspergillus oryzae — первый коммерческий продуцент *амилаз* (ферменты, разлагающие крахмал, одни из наиболее промышленно значимых)

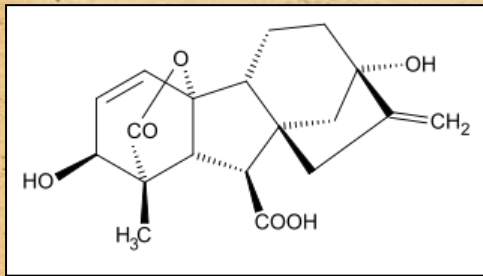
Mucor — один из коммерческих продуцентов *протеаз* (ферменты, разлагающие белки, применяются в производстве детергентов и проч.)

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

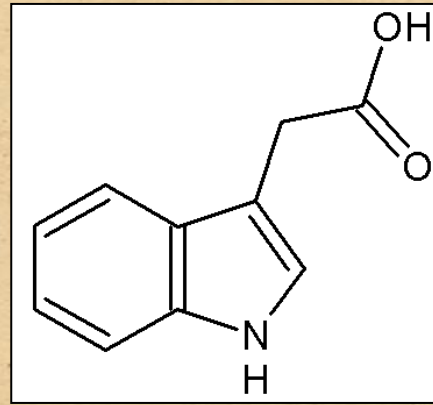
Грибы как продуценты фитогормонов

Фитогормоны — гормоны растений, регулирующие физиологические и морфологические изменения.

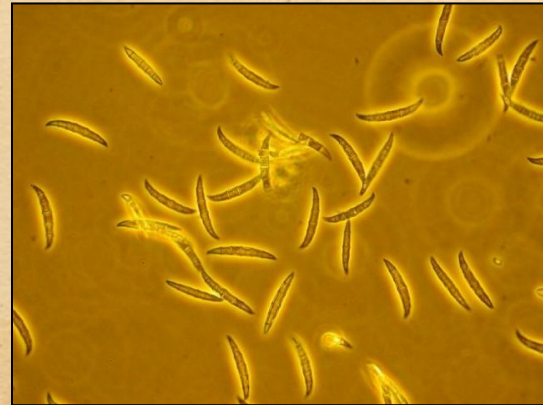
Гиббереллины и **ауксины** стимулируют рост растений и могут быть применены в сельском хозяйстве. Многие фитопатогенные грибы образуют сходные соединения для повышения биомассы своего растения-хозяина путём учащения клеточных делений и увеличения размеров клеток, что ведёт к опухолевидным разрастаниям.



гибберелловая к-та



гетероауксин

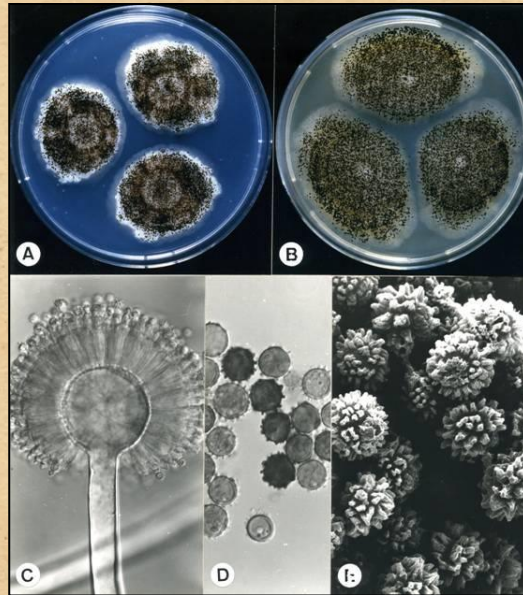


Gibberella fujikuroi, продуцент
гиббереллинов

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 свёклы 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 % объёма городских отходов и создают опасные для биоты мусорные пятна в океанах.



Pestalotiopsis: эндофитный аскомицет, способный разлагать полиуретан



Rhodotorula taiwanensis существует при очень высокой кислотности (рН 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.



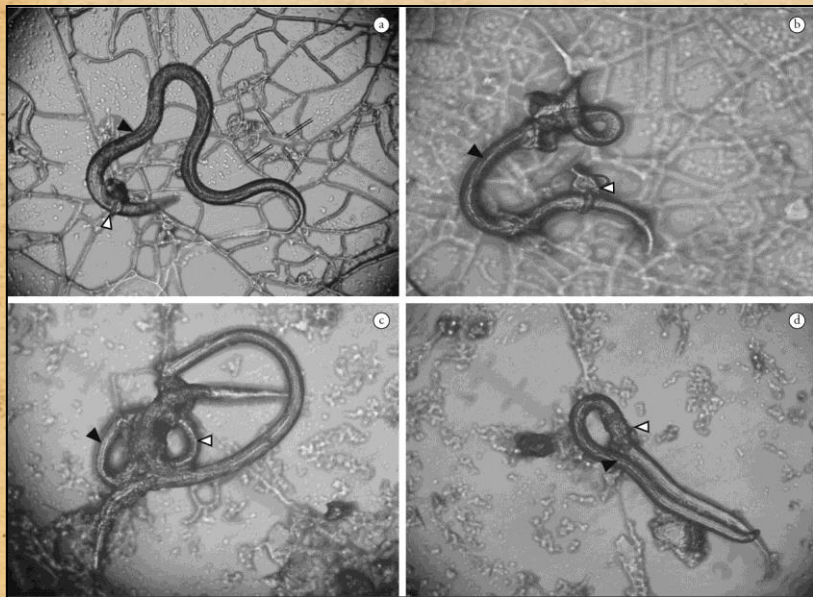
Препарат для борьбы с вредителями на основе гриба *Beauveria*



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.

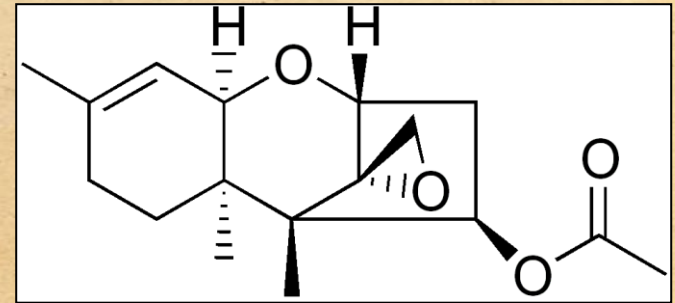
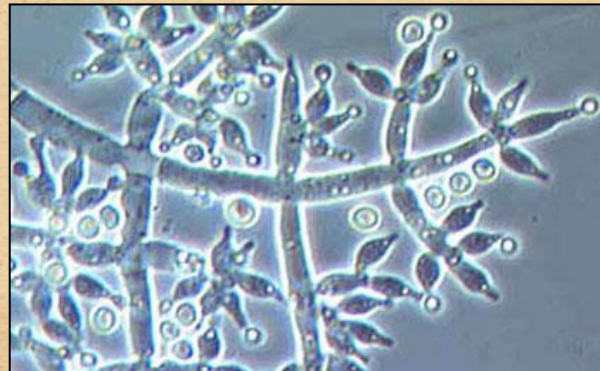


Duddingtonia flagrans и *Monacrosporium thaumasium* образуют ловчие кольца в условиях культуры. Эффективность применения показана только против паразитов растений при внесении препарата в теплицах, а не в открытом грунте, и в высоких дозах, в отношении паразитов животных ведутся разработки (da Silva 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 растений симбиотические грибы.



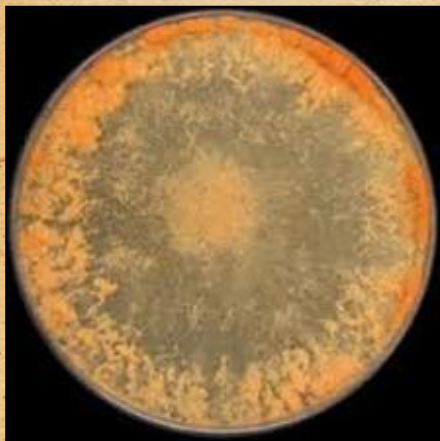
Грибы как модельные объекты в исследованиях

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

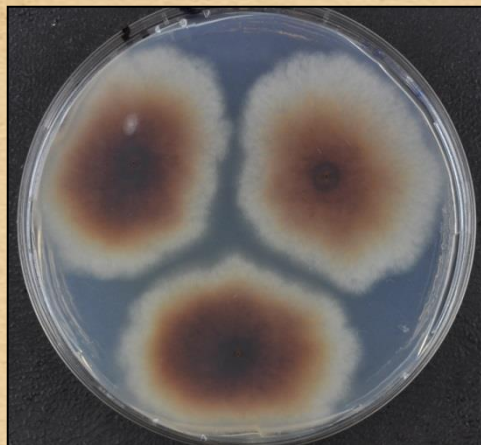
Удобство грибов как модельных объектов:

- 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,
- наличие и *одноклеточных* (дрожжевые), и *многоклеточных* (мицелиальные) форм.

Грибы как модельные объекты в исследованиях



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

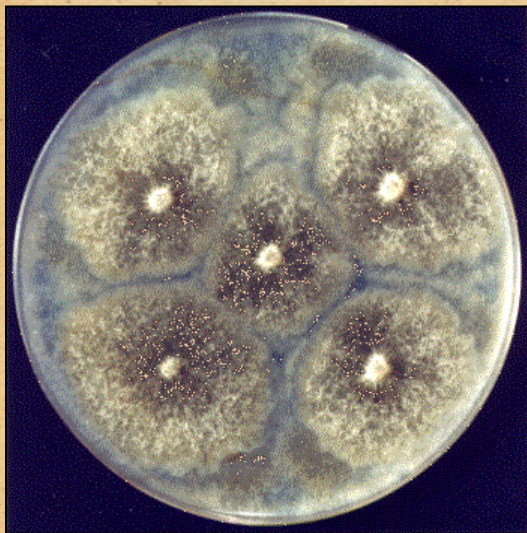


Aspergillus: обнаружение
обмена генетической
информацией в отсутствие
полового процесса



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 (пекарские дрожжи):
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:

- отравления *макромицетами* при употреблении в пищу плодовых тел (*мицетизм*);
- отравления токсинами *микробицетов* 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 микробицетов*;
- *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 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 незнакомое или сомнительное.

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 макромицетами

- ❖ Также 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 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,
поражённный
микофильным
микромицетом
*Hypomyces aurantius**

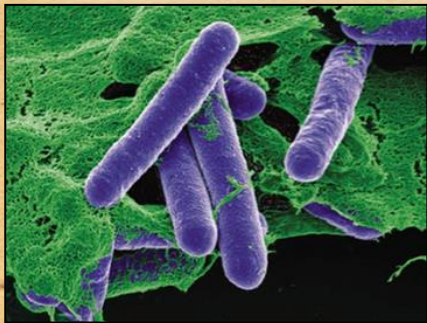
*Подберёзовик,
поражённный
микофильным
микромицетом
*Hypomyces
chrysospermus**



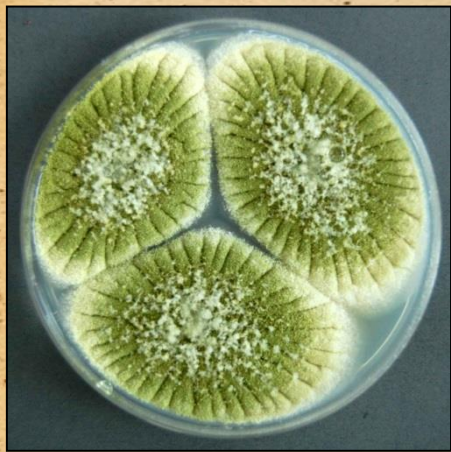
Отравления съедобными макромицетами: токсины микроорганизмов

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

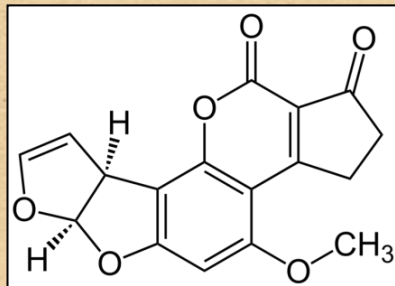
Действует на нервную систему, затрагивая глазодвигательный и черепные нервы. В наиболее тяжёлых случаях — острая дыхательная недостаточность. Опасность представляют различные герметически закрытые консервы, в особенности вздутые или содержащие помутневшую жидкость.



Грибы как причина отравлений: токсины микросцицетов



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.

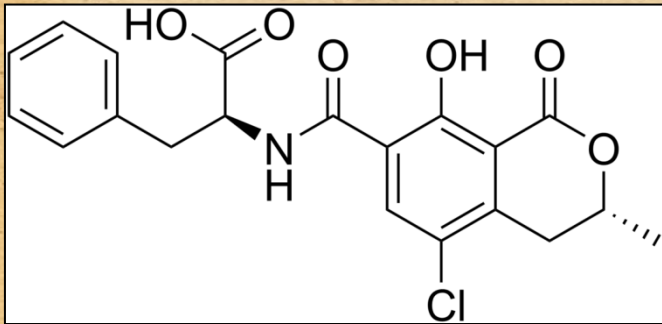
Изучение началось в 1960-е гг. после случая массовой гибели индюшек в Британии. До сих пор причина массового рака печени в странах Африки.



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* и, предположительно, *канцерогенным* эффектами.

Грибы как причина пастбищных (кормовых) токсикозов

Токсины грибов-эндوفитов могут вызывать отравления скота.



Lolium perenne,
плевел
многолетний

Neotyphodium lolii:
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*.



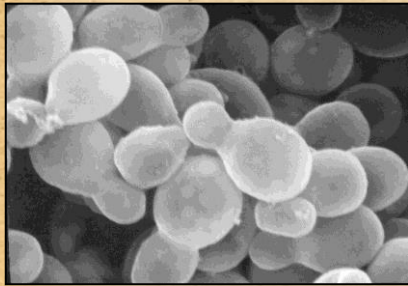
Armillaria, осенний опёнок не рекомендуется людям с заболеваниями дыхательных путей



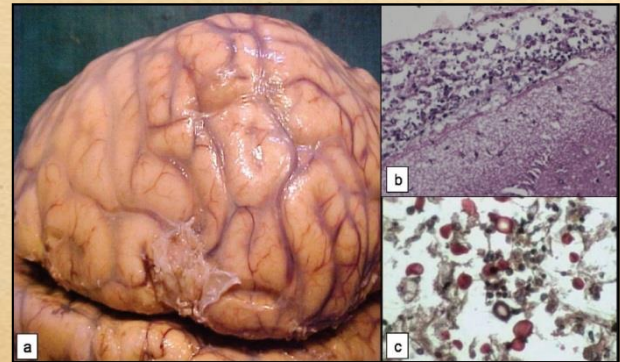
Calvatia, дождевик известна аллергия у собак вплоть до летального исхода

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

Medium Priority Group



Scedosporium spp.



Lomentospora prolificans



Coccidioides spp.



Pichia kudriavzevii
(*Candida krusei*)



Cryptococcus gattii



Talaromyces marneffii



Pneumocystis jirovecii



Paracoccidioides spp.

High Priority Group



Nakaseomyces glabrata
(*Candida glabrata*)



Eumycetoma causative agents



Fusarium spp.



Candida parapsilosis



Histoplasma spp.



Mucorales



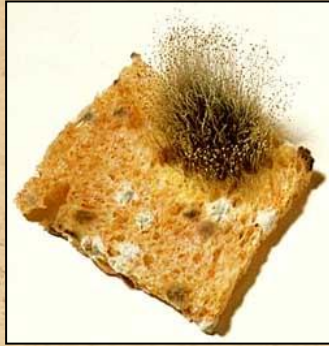
Candida tropicalis

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

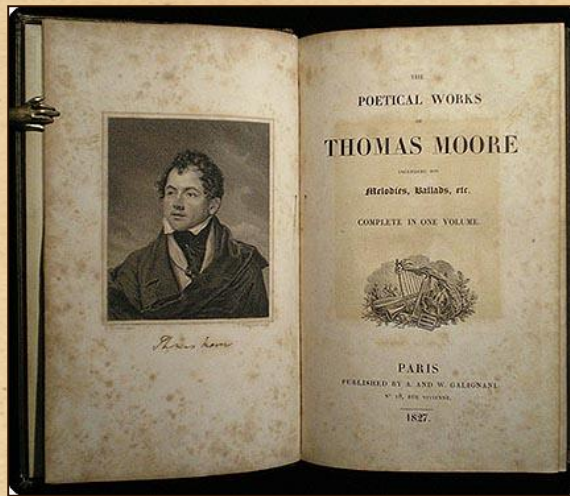
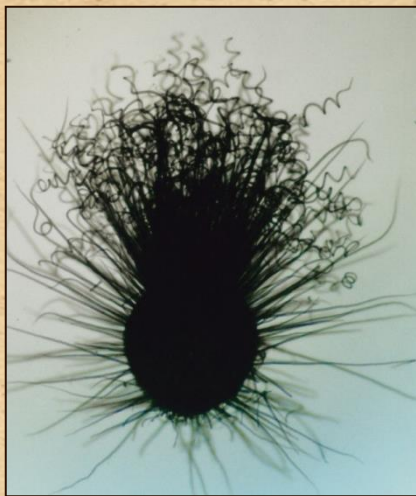
Микромицеты способны заселять самые *различные непродовольственные материалы*, вызывая их *биокоррозию* путем *выделения органических кислот и других метаболитов*, а также механического разрушения растущим мицелием.

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



*Виды **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



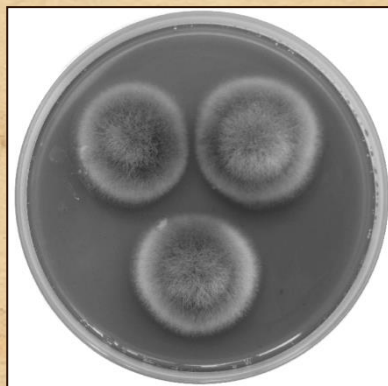
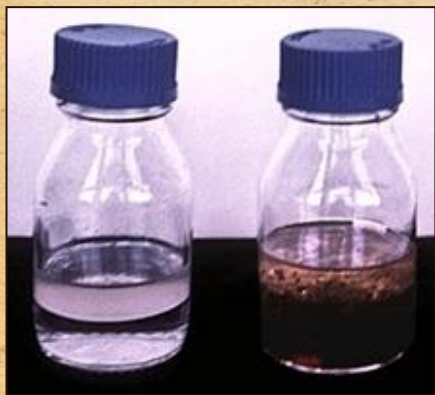
В условиях тропиков микроицеты заселяют даже оптические линзы, приводя технику в негодность из-за снижения светопропускания и увеличения светорассеяния.

Выделяемые грибами органические кислоты способствуют коррозии стекла.

Грибы как причина авиакатастроф

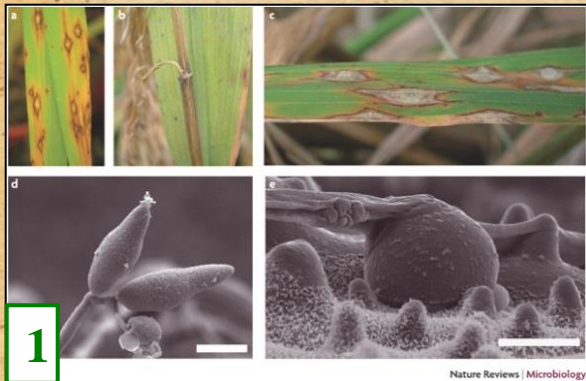
Monascus floridanus (колония слева) и *Hormoconis resiniae* (мицелий в топливном баке, справа) — «керосиновые» грибы, способны к активному росту на углеводородах авиационного топлива.

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.

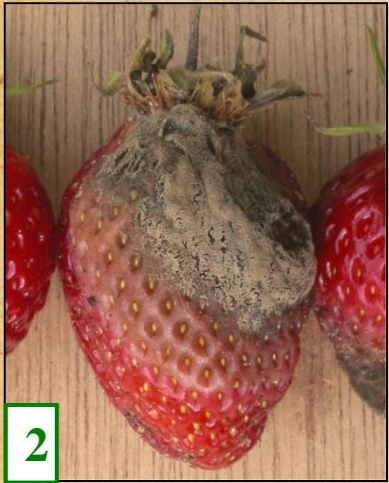


10 наиболее вредоносных грибных фитопатогенов в мировых масштабах (по

Dean et al., 2012):

1. *Magnaporthe oryzae*, паразит риса;

Грибы как возбудители болезней культурных растений



2. *Botrytis cinerea*, паразит различных растений;
3. *Puccinia* spp., паразит различных растений;
4. *Fusarium graminearum*, паразит злаков;
5. *Fusarium oxysporum*, паразит различных растений;

Грибы как возбудители болезней культурных растений



6. *Blumeria graminis*, паразит злаков; 7. *Mycosphaerella graminicola*, паразит злаков; 8. *Colletotrichum* spp., паразит различных растений; 9. *Ustilago zeae*, паразит кукурузы; 10. *Melampsora lini*, паразит льна.