

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 путем 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 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 (Voа, 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.
- ❖ Объём мирового рынка съедобных грибов — US \$ 42 млрд. / год (Willis, 2018).

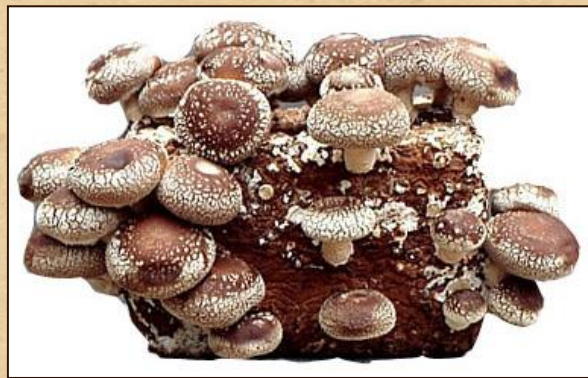


*Слева: торговля грибами на рынке в Мехико; справа: коммерческий сбор сморчков, США*

# 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*)



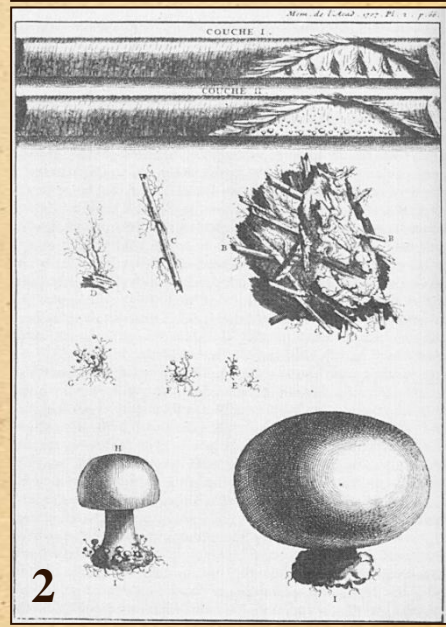
*Сиитакэ*  
(*Lentinula edodes*)



*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, объем  
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



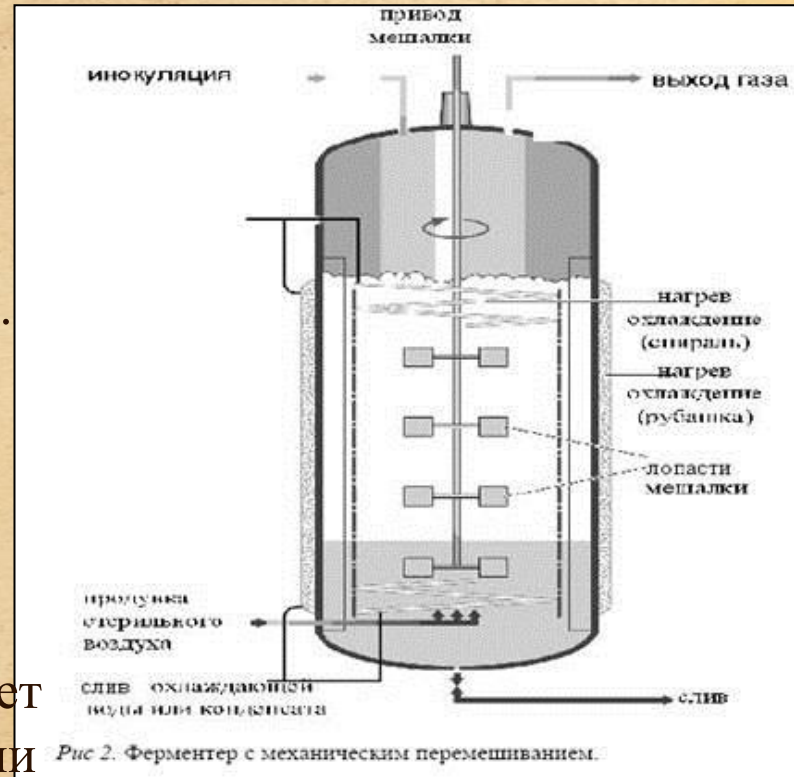
«Опята»: намеко (*Pholiota nameko*,  
вверху) и зимний гриб (*Flammulina  
velutipes*, справа )

# Грибы в биотехнологиях

Удобным объектом *биотехнологий* грибы делает:

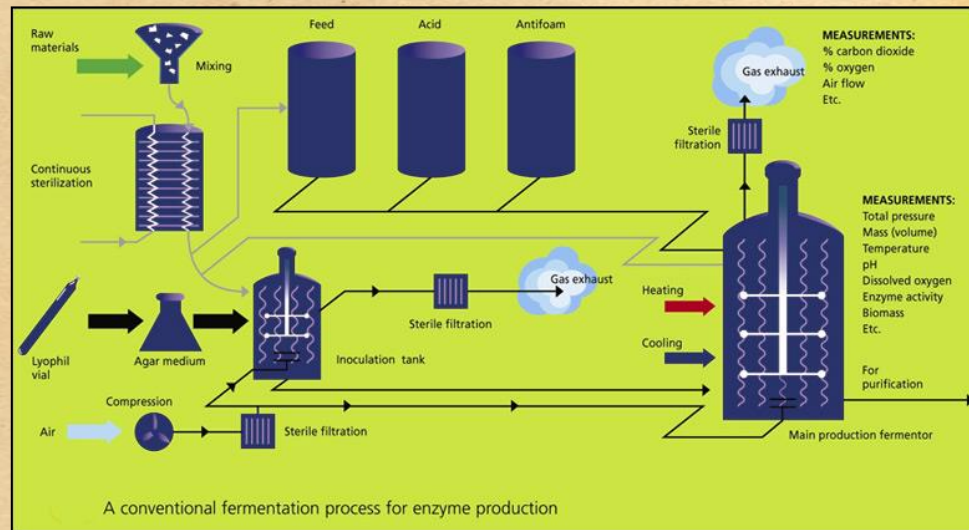
- относительная легкость получения чистой культуры многих видов и ее поддержания в мицелиальной форме (преимущественно, микромицеты) или в виде дрожжевых клеток;
- высокая скорость роста и наращивания биомассы;
- относительно низкая стоимость производства.

**Ферментёр (биореактор)** – камера для выращивания микроорганизмов в стерильных условиях на жидкой или твёрдой среде. Обычно 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.

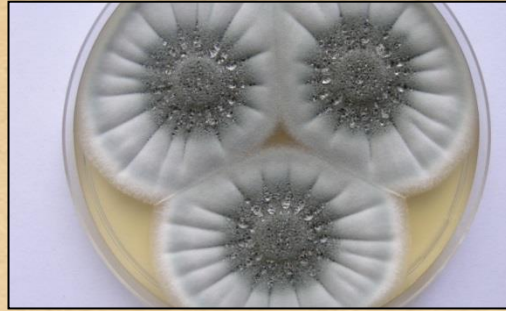
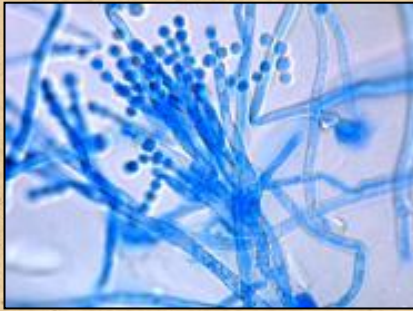
Самые **древние грибные биотехнологии** – использование бродильных процессов и ферментации в пищевых производствах (хлебопечение, пивоварение, виноделие).

**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

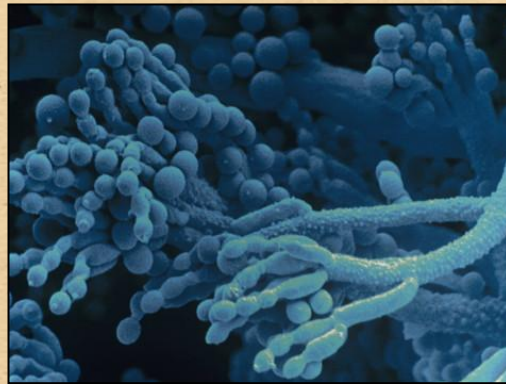
В пищевых производствах применяются способные к брожению и ферментации грибы, а также грибы – продуценты пищевого белка.

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

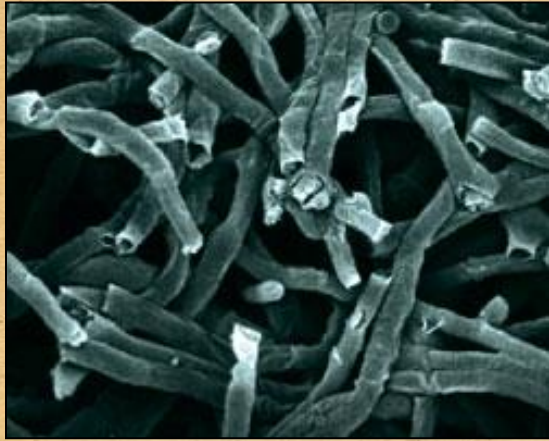


*Penicillium roquefortii*  
– производство сыров рокфор, дор блю, горгонцола

*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.

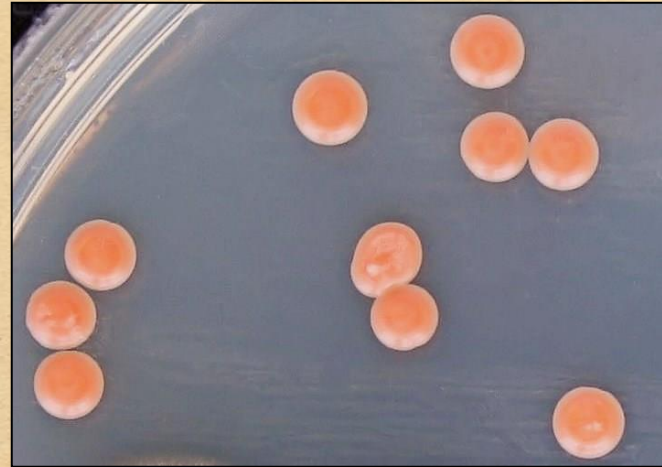


# Грибы в пищевых производствах: источник ПИГМЕНТОВ

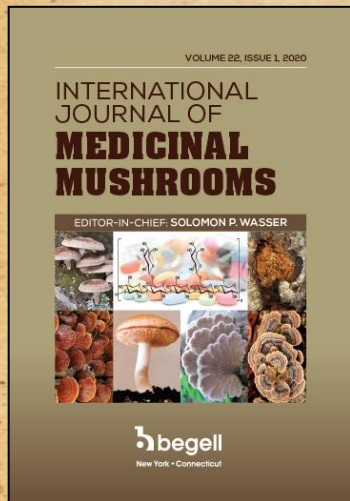
*Monascus purpureus* – продуцент пигментов монаскорубрамина и рубропунктамина (традиционный китайский красный рис койдзи или анг-как и другие продукты и напитки)



*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



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).



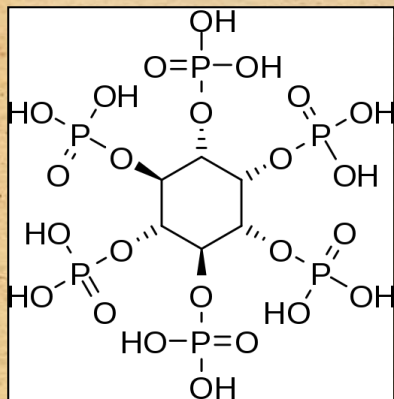
*Monascus purpureus* – продуцент  
ловастатина, мевастатина и  
предшественника симвастатина

# Грибы как источник лекарственного сырья

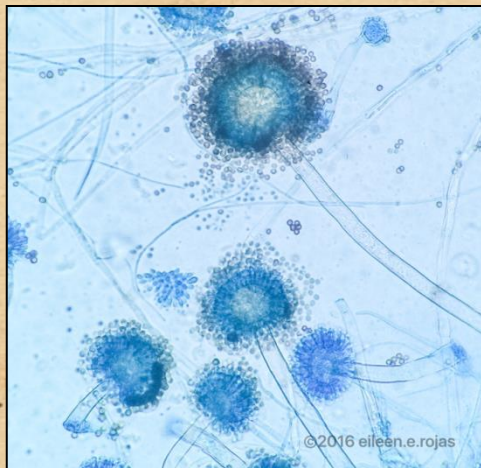
Грибы применяются в современной медицине:

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

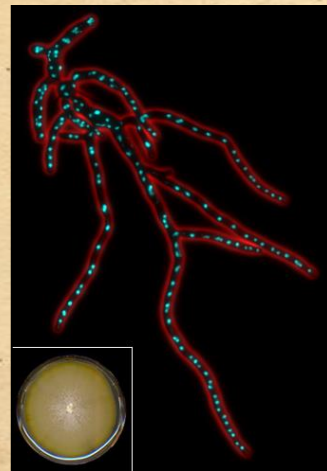
Околomedцинское и ветеринарное применение: получение биодобавок, витаминов и **фитазы** (фермента, помогающего травоядным животным усваивать фосфор из растительных кормов).



*Футиновая кислота*



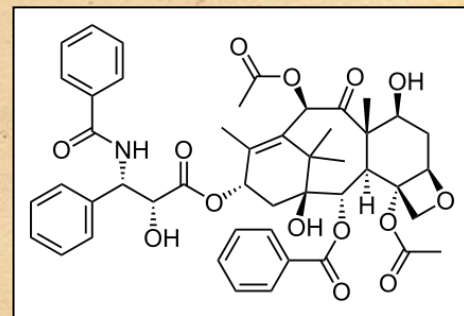
*Aspergillus niger* – продуцент  
фитазы



*Eremothecium gossypii* –  
продуцент рибофлавина  
(витамин B<sub>2</sub>)

**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.

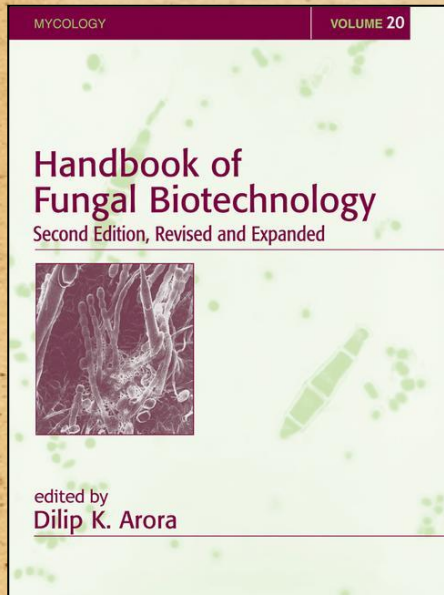


# Грибная косметика

- 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.

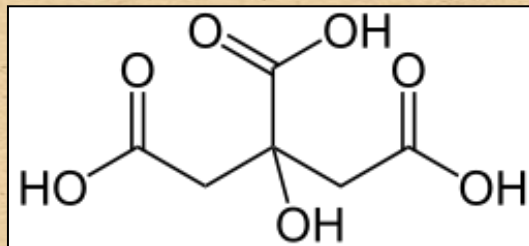


# Грибы как продуценты промышленного сырья

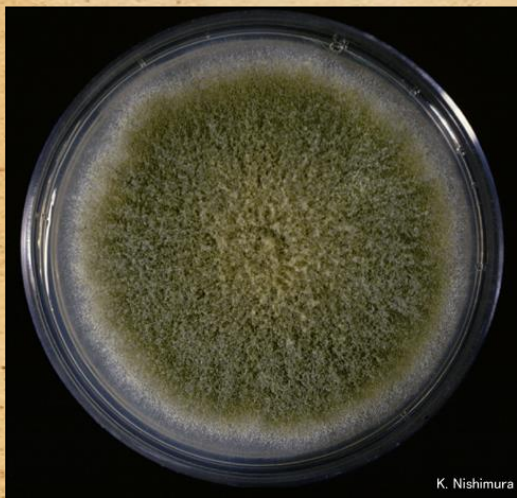


*Лимонная кислота* – регулятор кислотности и консервант в пищевой промышленности, буфер при бурении нефтяных и газовых скважин, добавка к цементу и гипсу в строительстве для замедления схватывания раствора. Получают путём синтеза из сахара или кормовой патоки, продуцент – *Aspergillus niger*. На твёрдой 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* (ферментов, разлагающих крахмал, одних из наиболее промышленно значимых)

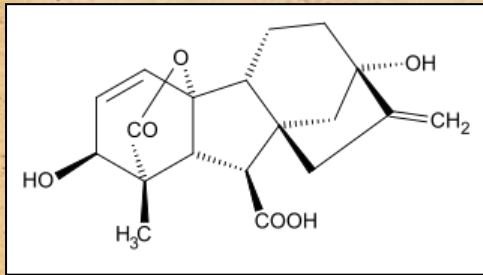
*Mucor* – один из коммерческих продуцентов *протеаз* (ферментов, разлагающих белки, применяются в производстве детергентов и проч.)

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

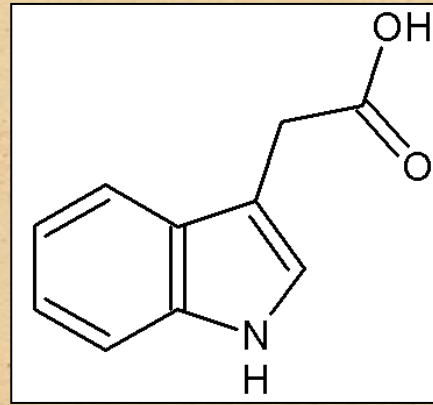
# Грибы как продуценты фитогормонов

**Фитогормоны** – гормоны растений, регулирующие физиологические и морфологические изменения.

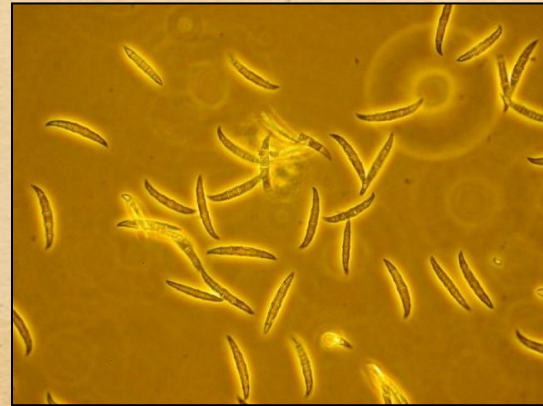
**Гиббереллины** и **ауксины** стимулируют рост растений и могут быть применены в сельском хозяйстве. Многие фитопатогенные грибы образуют сходные соединения для увеличения биомассы своего растения-хозяина путем учащения клеточных делений и увеличению размеров клеток, что ведет к опухолевидным разрастаниям.



*гибберелловая к-та*



*гетероауксин*



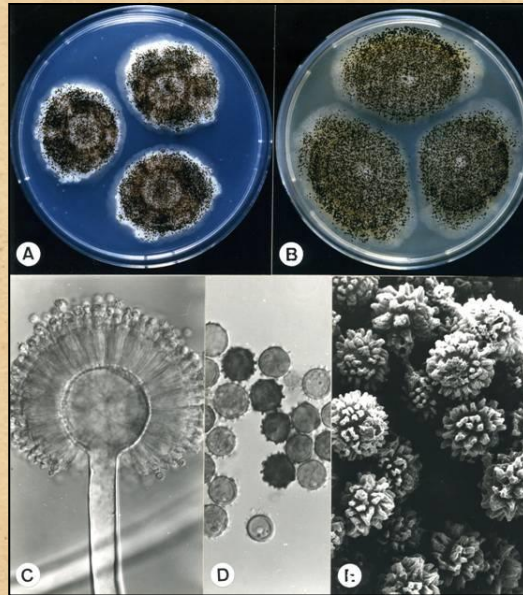
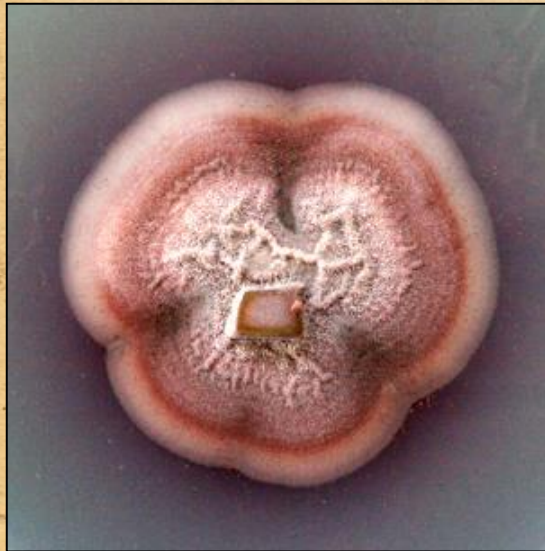
*Gibberella fujikuroi* – продуцент  
гиббереллинов



# 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 зигомицетов. Грибы способны накапливать в клетках до 70% липидов от общей биомассы в условиях стресса, однако пока технология не получила широкого распространения.



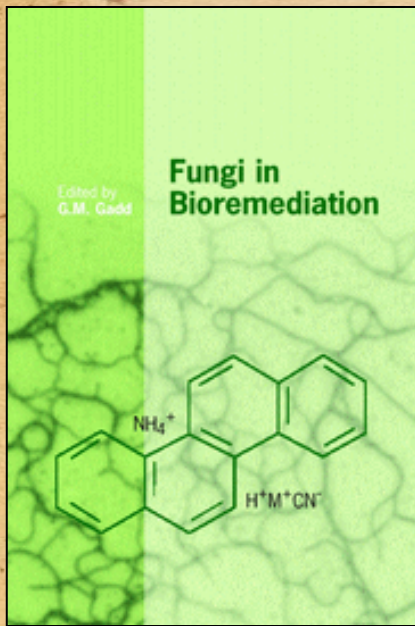
*Gliocladium roseum* (слева) и *Aspergillus carbonarius* (справа) – продуценты углеводов, аналогичных входящим в состав дизельного топлива и авиатоплива

# Грибы в биоремедиации

**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 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



*Rhodotorula taiwanensis* существует при очень высокой кислотности (рН 2,3) и переносит высокий уровень  $\gamma$ -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.



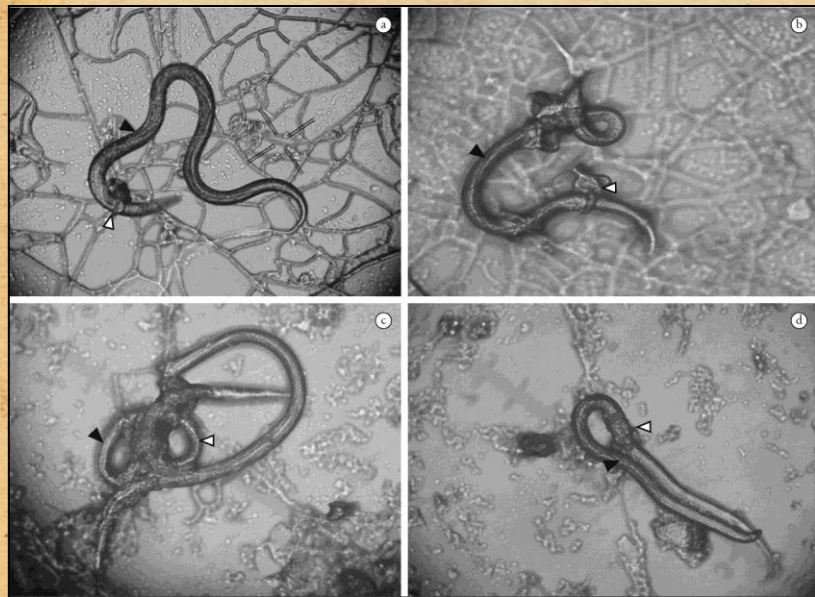
Препарат для борьбы с вредителями на основе гриба *Beauveria*



*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.

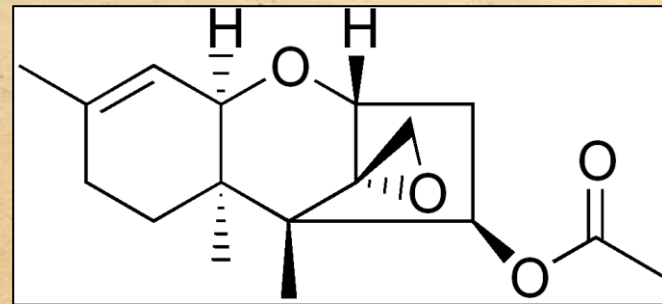
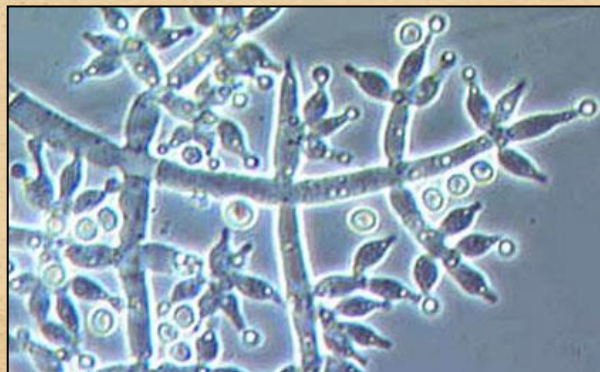


*Duddingtonia flagrans* и *Monacrosporium thaumasium* образуют ловчие кольца в условиях культуры. Эффективность применения показана только против паразитов растений при внесении препарата в теплицах, а не в открытом грунте, и в высоких дозах, в отношении паразитов животных ведутся разработки (da Silva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

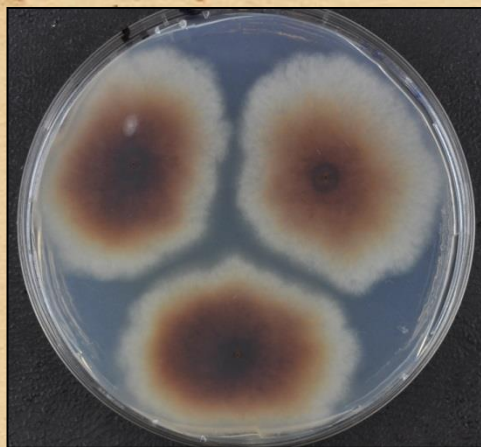
## *Удобство грибов как модельных объектов:*

- 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



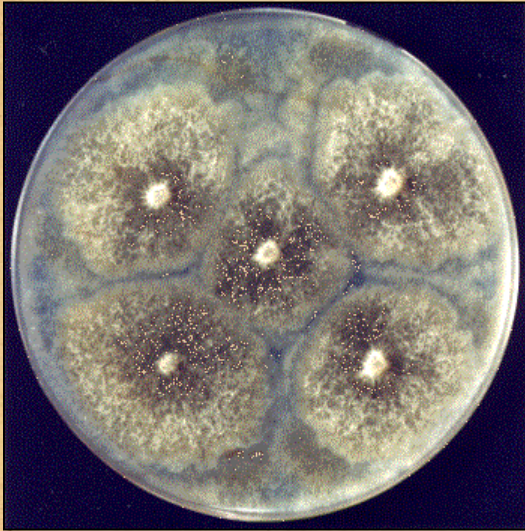
*Aspergillus* – обнаружение  
обмена генетической  
информацией в отсутствие  
полового процесса



*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 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 развиться на плодовых телах в условиях хранения.***



*Осенний опенок,  
пораженный  
микофильным  
микромицетом  
*Hypomyces aurantius**

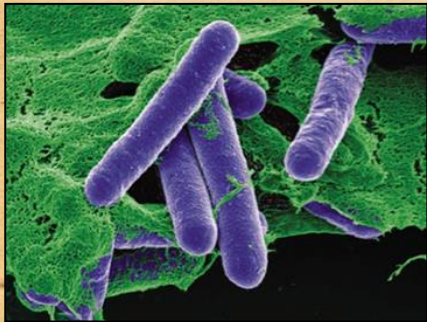
*Подберезовик,  
пораженный  
микофильным  
микромицетом  
*Hypomyces  
chrysospermus**



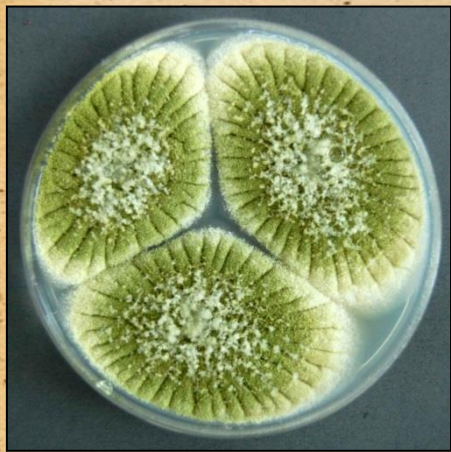
# Отравления съедобными грибами макромицетами: токсины микроорганизмов

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

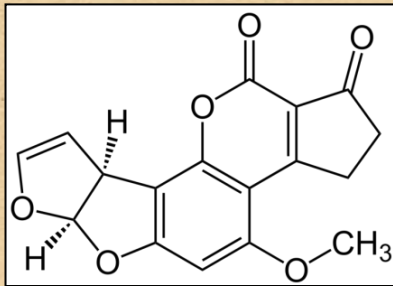
Действует на нервную систему, затрагивая глазодвигательный и черепные нервы. В наиболее тяжелых случаях – острая дыхательная недостаточность. Опасность представляют различные герметически закрытые консервы, в особенности вздутые банки или содержащие помутневшую жидкость.



# Грибы как причина отравлений: токсины микроспоретов



*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.

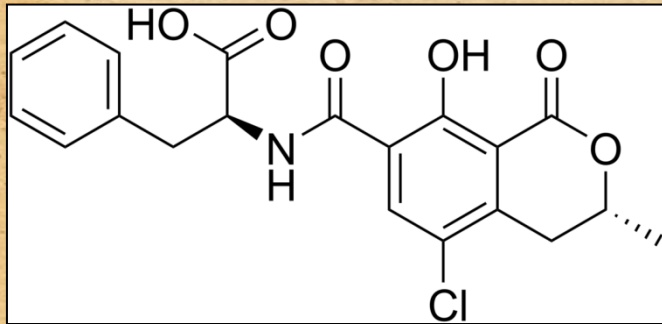
Изучение началось в 1960-е гг. после случая массовой гибели индюшек в Британии. До сих пор причина массового рака печени в странах Африки.



*Aspergillus ochraceus*



*Aspergillus niger*

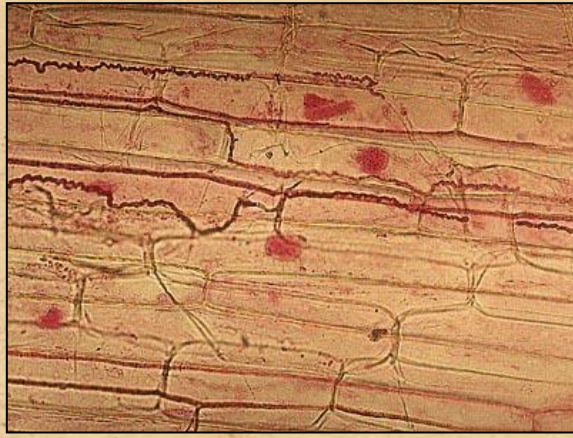


**Охратоксины** – производные кумарина, содержатся в зерне и других растительных продуктах, могут накапливаться в мясе домашних животных. Высокотоксичны для почек, поражают также печень и желудочно-кишечный тракт. Обладают тератогенным эффектом и, предположительно, канцерогенным.



# Грибы как причина пастбищных (кормовых) токсикозов

*Токсины грибов-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.



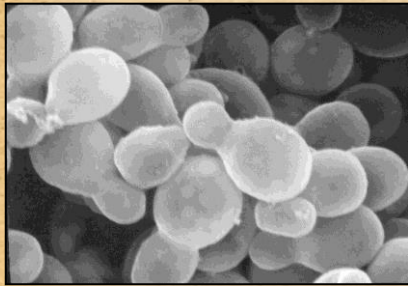
*Armillaria* – осенний опенок – не рекомендуется людям с заболеваниями дыхательных путей



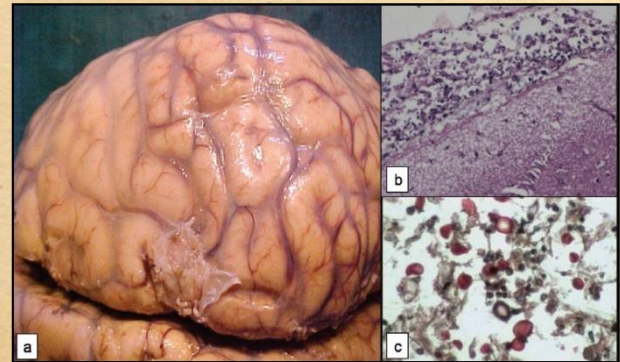
*Calvatia* – дождевик – известна аллергия у собак вплоть до летального исхода

# Грибы-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.



*Cryptococcus gattii*



*Lomentospora prolificans*



*Talaromyces marneffii*



*Coccidioides* spp.



*Pneumocystis jirovecii*



*Pichia kudriavzevii*  
(*Candida krusei*)



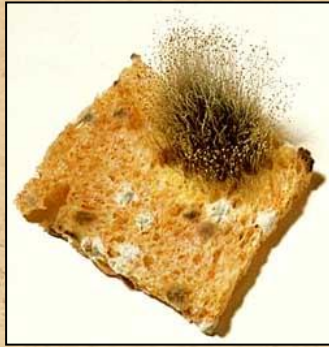
*Paracoccidioides*  
spp.

# 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

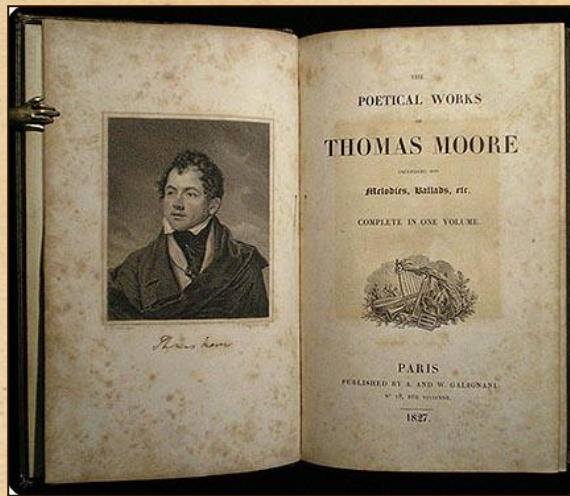
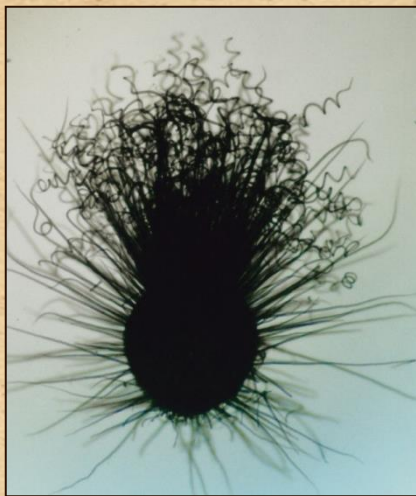
*Микромицеты* способны заселять самые *различные непродовольственные материалы*, вызывая их *биокоррозию* путем *выделения органических кислот и других метаболитов*, а также механического разрушения растущим мицелием.

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



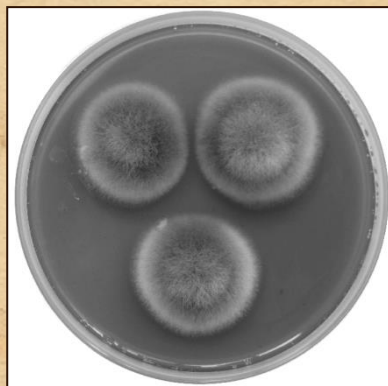
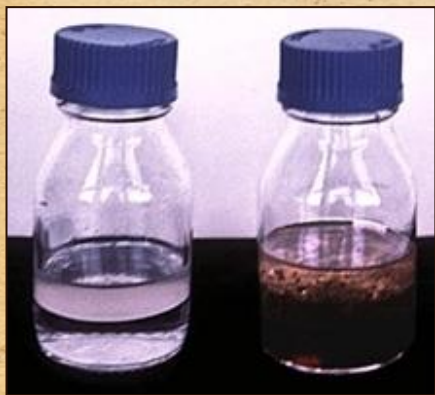
*В условиях тропиков микромицеты заселяют даже оптические линзы, приводя технику в негодность из-за снижения светопропускания и увеличения светорассеяния.*

*Выделяемые грибами органические кислоты способствуют коррозии стекла.*

# Грибы как причина авиакатастроф

*Monascus 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 серьезным авариям, а кислоты и ферменты грибов ведут к усилению коррозии металлических баков.



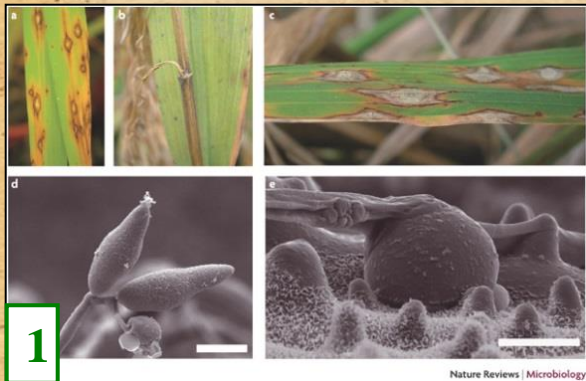
# Грибы как возбудители болезней культурных растений

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 (по

Dean et al., 2012):

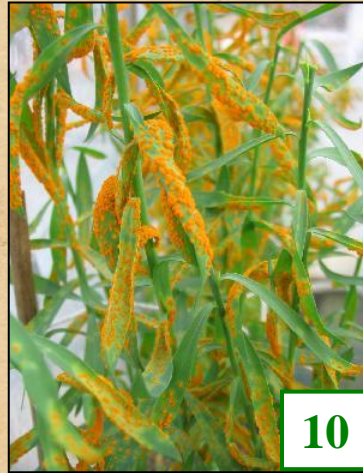
(1) *Magnaporthe oryzae* – паразит риса

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