

**РУКОВОДСТВО К ВЫПОЛНЕНИЮ
ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
ПО ТЕМЕ: «МИКОЛОГИЯ»**

для студентов 1 курса Биологического отделения ФЕН НГУ

Составитель: ст. преп. кафедры общей
биологии и экологии ФЕН НГУ,
к.б.н. Ярославцева О.Н.

Новосибирск, 2026

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	4
ГРИБЫ – FUNGI	6
ОТДЕЛ ХИТРИДИОМИКОТА (CHYTRIDIOMYCOTA)	6
ОТДЕЛ ЗИГОМИКОТА (ZYGOMYCOTA)	8
ДИКАРИОМИЦЕТЫ (DIKARYOMYCOTERA)/ DIKARYA	9
ОТДЕЛ АСКОМИЦЕТЫ, ИЛИ СУМЧАТЫЕ ГРИБЫ (ASCOMYCOTA)	10
ОТДЕЛ БАЗИДИОМИЦЕТЫ, ИЛИ БАЗИДИАЛЬНЫЕ ГРИБЫ	21
(BASIDIOMYCOTA)	21
БАЗИДИОМИЦЕТЫ (BASIDIOMYCETES)	22
РЖАВЧИННЫЕ (UREDINIOMYCETES)	26
ГОЛОВНЕВЫЕ (USTILAGINOMYCETES)	28
PROTOZOA	29
ОТДЕЛ ПЛАЗМОДИОФОРОВЫЕ (PLASMODIOPHOROMYCOTA)	29
Список использованных источников и литературы	31

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, грибы — это большая группа гетеротрофных эукариот с осмотрофным (абсорбционным) типом питания. При этом гетеротрофный тип питания обуславливает то, что их развитие в большей степени зависит от субстрата, на котором они развиваются. При выделении экологических групп грибов учитывают, как место их обитания, так и характер субстрата, который они используют для своей жизнедеятельности. Одна из главных проблем данной группы организмов - это их систематика, вся сложность связана с их строением и особенностями существования. Со времен К. Линнея (1735 система природы) их относили к царству растений. Сравнение на молекулярно-генетическом уровне позволило предположить, что грибы, животные и растения дивергировали из одной точки примерно 1,1 млрд.лет назад. И так, на основании этих данных с начала 1970 годов грибы начали рассматривать как отдельное царство. При этом было разделение на отделы и, сравнив признаки разных отделов, ученые пришли к выводу, что возможно предположить у грибов в традиционном понимании трех самостоятельных по происхождению стволов, в результате в 90х годах данные стволы были распределены по трем царствам: в царство *Protozoa* были включены организмы, объединённые ранее в группу “миксомицеты”. В царство *Chromista* наряду с бурыми, золотистыми, жёлто-зелёными, диатомовыми водорослями, а также некоторыми протистами включены три отдела грибоподобных организмов, или “псевдогрибов” — *Hyphochytridiomycota*, *Oomycota* и *Labyrinthulomycota*. Царство настоящих грибов *Fungi*, или *Mycota*, включает четыре отдела: *Chytridiomycota*, *Zygomycota*, *Ascomycota* и *Basidiomycota*. Классификация, таксономия и филогения грибов и грибоподобных организмов - это области исследований, в которых за последние несколько десятилетий произошел быстрый и значительный прогресс. Бурное развитие наук, особенно методов и возможностей молекулярной биологии и биохимии, привело к кардинальному пересмотру взаимоотношений и филогенетическому разделению грибов. За последние пятнадцать лет царство грибов включало от семи до восемнадцати и даже девятнадцати типов. Сейчас в систематике грибов продолжается перестройка на разных уровнях таксономических единиц. Ежегодно выходят изменения в различных группах. В данном курсе будет проходить изучение по систематике, приведённой в последних рекомендованных учебниках с примерами современных работ. Что и будет обсуждаться на лекциях и практических занятиях.

Царство <i>FUNGI</i>		
Отдел <i>Ascomycota</i>	Класс	<i>Ascomycetes</i> <i>Neoelectomyces</i> <i>Pneumocystidomycetes</i> <i>Saccharomycetes</i> <i>Schizosaccharomycetes</i> <i>Taphrinomycetes</i>
Отдел <i>Basidiomycota</i>	Класс	<i>Basidiomycetes</i> <i>Urediniomycetes</i> <i>Ustilaginomycetes</i>
Отдел <i>Chytridiomycota</i>	Класс	<i>Chytridiomycetes</i>
Отдел <i>Zygomycota</i>	Класс	<i>Trichomycetes</i> <i>Zygomycetes</i>
Царство <i>PROTOZOA</i>		
Отдел <i>Acrasiomycota</i>	Класс	<i>Acrasiomycetes</i>
Отдел <i>Dictyosteliomycota</i>	Класс	<i>Dictyosteliomycetes</i>
Отдел <i>Мухомycota</i>	Класс	<i>Мухомycetes</i>
Отдел <i>Plasmodiophoromycota</i>	Класс	<i>Plasmodiophoromycetes</i>
Царство <i>CHROMISTA</i>		
Отдел <i>Hyphochytriomycota</i>	Класс	<i>Hyphochytriomycetes</i>
Отдел <i>Labyrinthulomycota</i>	Класс	<i>Labyrinthulomycetes</i>
Отдел <i>Oomycota</i>	Класс	<i>Oomycetes</i>

На практических занятиях будут рассматриваться материалы: гербарные образцы, постоянные препараты тканей и живые культуры. При определении живых культур первое, что нужно понять - какой тип таллома. Затем найти спороношение, попробовать определить, к какому типу размножения относятся структуры: половое или бесполое. Возможные видоизменения таллома соотнести с их функциями: паразитирование, покоящаяся стадия, распространение, закрепление на субстрате и т.п. При рассмотрении грибов непосредственно на чашках Петри, необходимо найти место с разреженным посевом, в котором будет легче рассмотреть спороношение. При необходимости сделать временный препарат, также захватив споры. Особое внимание уделять структуре, размеру, цвету спор, экзогенное или эндогенное спороношение, по возможности выяснить историю культуры и экологические предпочтения.

ГРИБЫ – FUNGI

Первоначально единое царство грибы (Fungi) постепенно из одной системы к другой разделялось на ряд самостоятельных таксонов высшего порядка. Однако, группа отделов в составе хитридиомикотовых (*Chytridiomycota*), зигомикотовых (*Zygomycota*), аскомикотовых (*Ascomycota*) и базидиомикотовых (*Basidiomycota*) грибов во всех системах оставалась единой, изменялся только ранг объединяющего их таксона высшего порядка. Основные характеристики указаны в таблице. На практических занятиях будут рассмотрены представители из каждого отдела.

Признаки	Отделы				
	<i>Chytridiomycota</i>	<i>Zygomycota</i>	<i>Ascomycota</i>	<i>Basidiomycota</i>	Anamorphic fungi
Бесполое размножение	зооспоры	спорангиоспоры	конидии	Редко фрагменты гиф, конидии	конидии
Половое размножение	зиготы	зигоспоры	аскоспоры	базидиоспоры	отсутствует
Септа	отсутствует	отсутствует	присутствует простая перфорированная	присутствует перфорированная, специализированная	присутствует простая перфорированная
Число видов	около 500	около 600	около 30000	около 25000	около 30000
Примеры	Возбудители рака картофеля – <i>Synchytrium endobioticum</i> ; оспы кукурузы <i>Phytophthora maydis</i> .	серая плесень (<i>Mucor</i>), арбузные микоризные грибы (<i>Glo-mus</i>)	дрожжи, обычные плесени (<i>Penicillium</i>), сморчки, трюфели, многие патогены растений – мучнисторосяные грибы	съедобные, ядовитые грибы, ржавчинные, головневые	плесени (<i>Aspergillus</i>), почвенные грибы (<i>Trichoderma</i>), многие патогены растений (<i>Altemaria, Botrytis</i>)

ОТДЕЛ ХИТРИДИОМИКОТА (CHYTRIDIOMYCOTA)

Отдел содержит один класс хитридиомицеты (*Chytridiomycetes*). В цикле развития имеются подвижные стадии с одним гладким бичевидным жгутиком, направленным назад. В пределах группы прослеживается эволюция таллома от голой плазменной массы — амёбоида, через одноклеточные формы с ризомицелием, к хорошо развитому неклеточному мицелию с морфофункциональной дифференцировкой его ветвей на ризоидальную, осевую и репродуктивную части. Виды с ризомицелием могут быть *моно-* и *полицентрическими*, т.е. иметь один или несколько центров формирования генеративных органов (зооспорангиев или гаметангиев). Половой процесс — холо-, изо-, гетеро- и оогамия. Бесполое размножение одножгутиковыми зооспорами. Представители класса связаны в основном с водной средой обитания. Большинство из них — паразиты водорослей, водных грибов, беспозвоночных. Есть наземные почвенные виды, паразитирующие на высших растениях в условиях повышенной влажности. Значительно меньшую часть составляют сапротрофы, поселяющиеся в воде на растительных и животных остатках.

Представитель: *Synchytrium endobioticum*.

Synchytrium endobioticum, вызывает заболевание: рак картофеля. Гаплоидная зооспора, имеющая 1 жгутик, попадает на молодой клубень, содержимое её переливается в клетку, которая начинает увеличиваться в размерах, стимулируя активное деление соседних клеток. Затем оболочки этих клеток одревесневают. Таким образом, клетка, содержащая гриб, находится в центре. Гриб внутри клетки растёт, потом протопласт его одевается

оболочкой и превращается в летнюю цисту, формирующую при прорастании сорусы, содержащих зооспоры, которые могут снова поражать соседние клубни. Так происходит бесполое размножение. Осенью протекает половой процесс. Подвижные изогаметы, которые невозможно отличить от зооспор, сливаются. Диплоидная подвижная зигота проникает в клубень и разрастается в покоящуюся цисту (2n) с толстостенной одревесневшей оболочкой. Цисты могут сохраняться в почве до 20 лет. Перед её прорастанием происходит редукционное деление с образованием гаплоидных зооспор.



Симптомы заражения картофеля (*Solanum tuberosum*) *Synchytrium endobioticum*. (A) Наросты (опухоли), образовавшиеся на клубнях на поверхности почвы в течение вегетационного периода. (B) Наросты образуются на появляющихся побегах, которые не развиваются в побеги, но приобретают неправильный, бородавчатый вид, похожий на цветную капусту. (C) Бородавчатые клубни, наблюдаемые при сборе урожая. (D) Сильно зараженное растение с желтоватыми наростами на подземных клубнях и зеленоватыми наростами на уровне почвы. (E), (F) Свежая ткань опухоли с остатками летних спорангиев (коричневые/черные точки/круги) после высвобождения зооспор. (H) Проявление на наземных частях картофеля – деформация листьев. (G) покоящиеся споры под световым микроскопом.

Задание: Рассмотреть постоянный препарат *Synchytrium endobioticum* под микроскопом, найти пораженные клетки хозяина, в которых развивается фитопатоген.

ОТДЕЛ ЗИГОМИКОТА (ZYGOMYCOTA)

Большинство исследований предполагают, что тип *Zygomycota* не является монофилетическим, и классификация всего типа постоянно меняется. В настоящее время зигомицеты делятся на два класса: зигомицеты и трихомицеты. Однако, молекулярная филогения предполагает, что ни одна из групп не является естественной (т.е. монофилетической). Представители этого отдела имеют мицелий обычно без перегородок (несептированный). У части видов в зрелом состоянии образуются клеточные перегородки, разделяющие мицелий на отдельные многоядерные фрагменты. У немногих видов, в основном узкоспециализированных, таких как паразиты насекомых (энтомофторовые грибы) или паразиты других беспозвоночных (зоопаговые грибы), мицелий с самого начала его существования многоклеточный. Вегетативное размножение осуществляется частями таллома или с помощью специфических видоизменений мицелия: столонов, ризоидов, хламидоспор и тп. Бесполое размножение происходит с помощью эндогенных спор - спорангиоспор и конидий. Спорангии могут быть различной формы. Наблюдается постепенный переход к конидиальному спороношению. У некоторых представителей имеются образования промежуточного типа между спорангиями и конидиями – спорангиолы (мелкие спорангии). Половой процесс – зигогамия, известен не у всех. В результате полового процесса образуется зигота – зигоспора. В жизненном цикле преобладает гаплоидная стадия. Может быть гетероталлизм и гомоталлизм. Подвижные стадии отсутствуют.

Представители: *p. Mucor* и *Rhizopus*

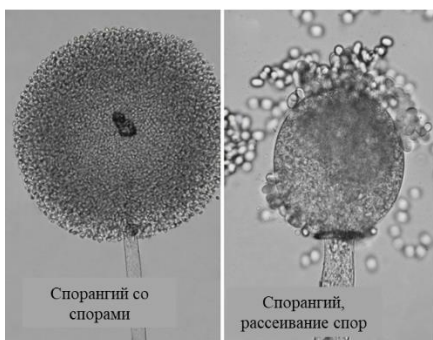
Наиболее широко в природе распространены виды рода (*Mucor*). Его мицелий пронизывает субстрат (почву, растительные остатки, а также многие продукты питания: хлеб, овощи и др.), который покрывается сероватым налётом воздушного мицелия. Он в основном состоит из бесцветных гиф, сильно ветвится и не имеет перегородок, которые появляются у некоторых видов только при старении или при культивировании в жидкой среде. В последнем случае мицелий часто распадается по перегородкам на отдельные клетки, которые затем размножаются почкованием (так называемые «муконовые дрожжи»). На мицелии в большом количестве формируются одиночные или сильно разветвленные спорангиеносцы с тёмноокрашенными шаровидными спорангиями на вершине. Эти спорангии хорошо заметны даже невооружённым глазом в виде буроватых и чёрных точек. В спорангиях содержатся многочисленные споры, после разрыва оболочки спорангия споры рассыпаются, а на спорангиеносце остается колонка с частью стенки спорангия – воротничком. Каждая спора дает начало новому мицелию. Половое размножение возможно лишь при соприкосновении мицелиев с разным половым знаком (+ и –), так как вид является гетероталличным. Среди муконовых грибов, патогенных для человека и животных, наиболее опасными являются два вида: *Mucor pusillus*, поражающий центральную нервную систему и органы слуха у людей, и *Absidia corymbifera*, вызывающая заболевания бронхов и лёгких у человека и животных.

Другой близкий род - ризопус (*Rhizopus*), для него характерно образование толстых воздушных гиф, столонов, которые располагаются над субстратом. В том месте, где они с

ним соприкасаются, образуются ризоиды, внедряющиеся в субстрат, а вверх в этом месте отходят пучки неразветвленных спорангиеносцев со спорангиями. Виды рода ризопус вызывают серую, или головчатую, плесень овощей и фруктов, вызывают плесневение семян культурных растений. Грибы этого рода чаще всего поселяются на продуктах питания и называются «черная плесень» или «головчатая плесень», обладают ферментативной активностью, а также могут продуцировать органические кислоты. *R. oryzae* вызывает микоз теплокровных животных, но используется в производстве спирта, органических кислот. *R. nigricans* содержит пектинразрушающие ферменты, поэтому применяется для мацерации стеблей льна в текстильной промышленности.

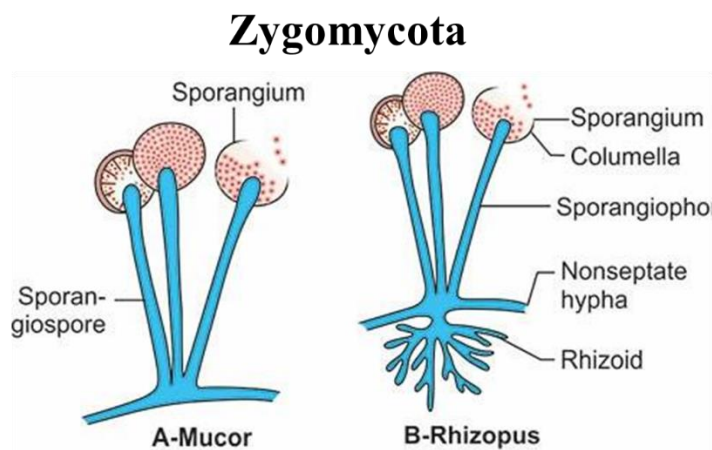


Mucor mucedo



Спорангий со спорами

Спорангий, рассеивание спор



- Нет ризоидов
- Разветвленный спорангиофор
- Нет столонов
- Нет апофизов
- При растворении образует спорангиальный воротничок

- Наличие ризоидов
- Столоны соединяют спорангиофоры с ризоидами
- Содержат апофизы в спорангиях
- Нет спорангиального воротничка

Задание: Рассмотреть постоянные препараты представителей родов *Mucor* и *Rhizopus*. Найти отличительные особенности, характерные для каждого рода. Рассмотреть свежие культуры (посевы на чашках Петри) грибов р. *Mucor*. Приготовить временный препарат со свежей культуры, для детального рассмотрения спорангиев и мицелия.

ДИКАРИОМИЦЕТЫ (DIKARYOMYCOTERA)/ DIKARYA

Ascomycota вместе с *Basidiomycota* составляют подцарство/надотдел (в различных систематиках по-разному) *Dikarya*.

Таксономические признаки, объединяющие эти группы грибов:

- наличие в их циклах развития дикариотической фазы разной продолжительности;
 - мицелий с септами разного строения, имеющими центральную пору;
 - таллом преимущественно мицелиального строения, в отдельных группах — дрожжеподобный или имеется дрожжеподобная стадия в цикле развития;
 - клеточная стенка хитин-глюканового типа с разной долей участия хитина;
- в дрожжеподобной фазе в клеточных стенках присутствуют маннаны;
- бесполое размножение конидиями;
 - отсутствие подвижных стадий;

— тенденция к образованию плодовых тел

Отделы различаются по: характеру образования мейоспор — эндогенному, в сумке (аскомицеты), или экзогенному — на базидиях (базидиомицеты), продолжительности дикариофазы в цикле развития, строению септ в мицелии, ультраструктуре клеточной стенки, ряду биохимических признаков и других особенностей.

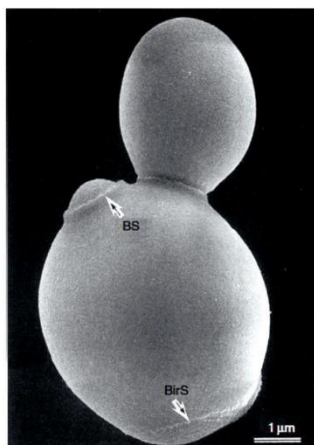
ОТДЕЛ АСКОМИЦЕТЫ, ИЛИ СУМЧАТЫЕ ГРИБЫ (ASCOMYCOTA)

Ascomycota является крупнейшим таксоном в царстве грибов. Значительная часть аскомицетов – сапротрофы, но довольно много грибов, паразитирующих на растениях, грибах, животных и человеке. Некоторые виды вступают в симбиоз с корнями растений (микоризные грибы). Особое место занимают лишенизированные грибы (лишайники). Распространены повсеместно, отличаются широкой экологической амплитудой. Вегетативное тело представлено септированным мицелием, либо наблюдается дрожжеподобный рост. Вегетативное размножение происходит в основном в результате фрагментации мицелия, видоизменёнными частями мицелия или деления дрожжевых клеток. Бесполое размножение имеет большое значение для расселения сумчатых грибов, осуществляется с помощью конидий. Несовершенная (конидиальная) стадия развития называется анаморфа. Половой процесс – чаще всего гаметангиогамия: слияние содержимого гаметангиев, не дифференцированных на гаметы. Половой продукт – сумка с эндогенными спорами, образовавшимися в результате мейоза (мейоспоры). У сумчатых грибов могут развиваться плодовые тела (аскомы) трех типов – клейстотетий, перитеций, апотетий. Эта стадия полового спороношения является телеоморфой (совершенная стадия). Подвижные стадии отсутствуют.

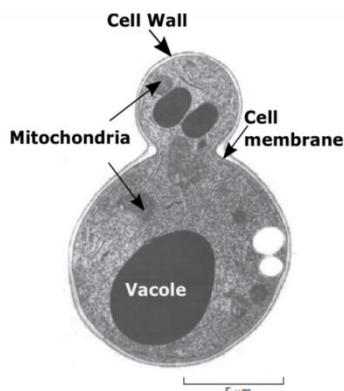
Представитель: *Saccharomyces cerevisiae*.

Наиболее распространенная и практически важная группа сахаромицетов — сумчатые дрожжи (семейство *Saccharomycetaceae*). Типичного мицелия у них нет, таллом представлен одиночными клетками, размножающимися почкованием. На поверхности клетки образуется сферический вырост, увеличивающийся в размерах и отделяющийся перетяжкой от материнской клетки. После отделения клетки на ней и на материнской клетке остаются рубцы. По их числу можно определить относительный возраст почкующейся клетки (иногда число их доходит до 30—40). Если такие клетки не расходятся, формируется псевдомицелий. Половой процесс — копуляция двух вегетативных клеток. Аскоспоры образуются в сумках, представляющих собой одиночные клетки. Вид гетероталличен. Чередование фаз: после образования аскоспор в течение некоторого времени почкуются в гаплоидной фазе, после чего следует половой процесс — копуляция соматических клеток, и почкование продолжается уже в диплоидной фазе. В условиях голодания и хорошей аэрации среды такие диплоидные клетки превращаются в сумки.

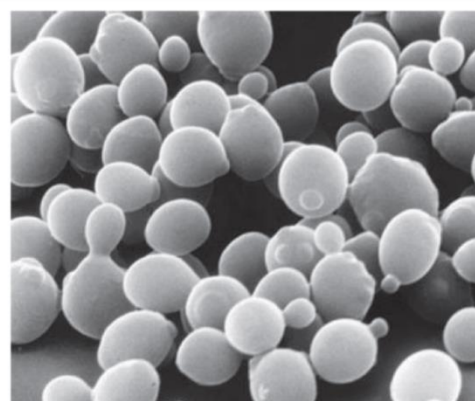
Saccharomyces cerevisiae



Образование рубца при почковании, BS, рубец на материнской клетке; BirS, рубец на дочерней клетке



Структура почкующейся дрожжевой клетки.



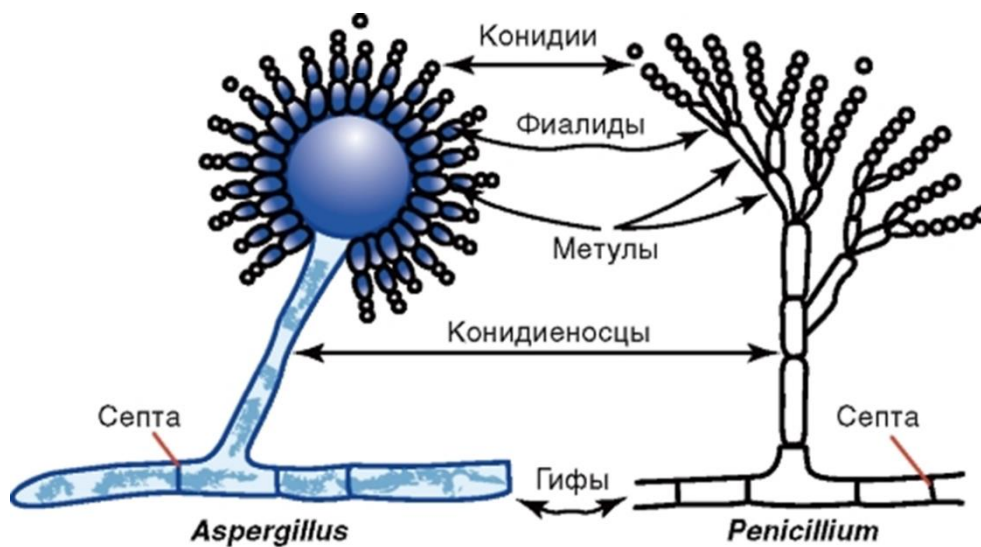
Несколько дрожжевых клеток в процессе деления, которое они осуществляют путем почкования

Задание: Рассмотреть постоянный препарат *Saccharomyces cerevisiae*. Приготовить временный препарат из заранее подготовленных пекарских дрожжей. Найти и рассмотреть почкующиеся клетки.

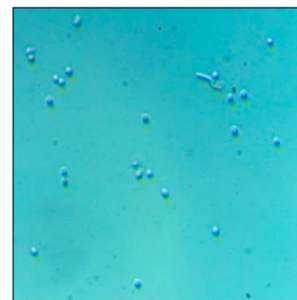
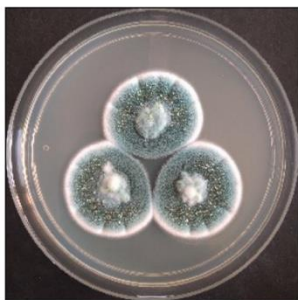
Представители: *p. Penicillium*, *Aspergillus*

Данные грибы относятся к классу эвроциномицеты (Eurotiomycetes). Класс включает грибы с плодовыми телами в виде клейстотециев, внутри которых прототуникатные сумки. Аскоспоры освобождаются пассивно после разрушения оболочки плодового тела. У ряда видов преобладает анаморфная стадия, а часто сумчатая стадия (телиоморф) редуцируется вообще. Наиболее яркие представители: эвроциум (*Eurotium*) и эмерицелла (*Emericella*), анаморфные стадии которых имеют собственные названия и отнесены к формальным родам несовершенных грибов *Penicillium* и *Aspergillus*. Конидиеносец *Penicillium* состоит из ветвей, на которых расположены метелки с мутовками фиалид. На фиалидах образуются цепочки конидиоспор. У *Aspergillus* конидиеносец одноклеточный или с поперечными перегородками. На верхушке конидиеносец вздут и образует пузырь. На поверхности вздутия расположены короткие фиалиды с цепочкой отделяемых конидий (фиалоконидий). У некоторых аспергиллов фиалиды находятся не на самом вздутии, а на специализированных клетках – профиалидах. Сумчатые стадии у ряда представителей формальных родов *Penicillium*, *Aspergillus* также отсутствуют или еще не обнаружены, поэтому большое количество грибов со сходным бесполом спороношением относится к формальному отделу Deuteromycota.

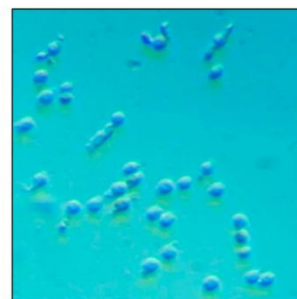
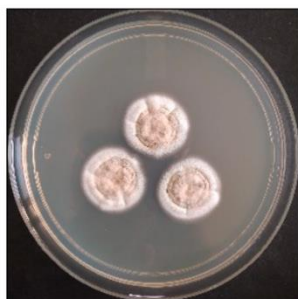
Грибы этих родов вызывают плесневение семян, гниение овощей и плодов при хранении, поражают всходы многих сельскохозяйственных растений. Например, аспергиллезная гниль плодов при хранении, голубая и зелёная плесени цитрусовых и др. Принимают участие и в биодеструкции различных материалов, вызывая их биоповреждения. Есть виды, патогенные для животных и человека. Также представители этих грибов образуют антибиотики, ферменты, органические кислоты и другие биологически активные вещества и используются как продуценты этих веществ в микробиологической промышленности.



Penicillium dipodomyicola



Aspergillus fumigatus

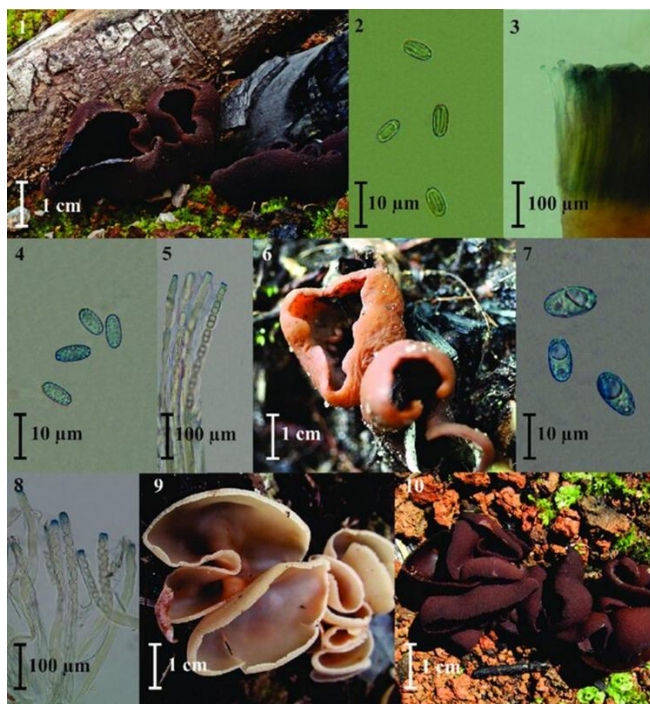


Задание: Рассмотреть постоянные препараты грибов р. *Penicillium*, *Aspergillus*. Рассмотреть свежие культуры (посевы на чашках Петри). Приготовить временные препараты со свежих культур для детального рассмотрения. На всех изучаемых материалах детально изучить: септированный мицелий, конидиеносцы, фиалиды, метулы, кондии. Сделать свежие посевы на ИПС для дальнейшего наблюдения за ростом культур.

Представители: р. *Peziza*

Для рода пецица (*Peziza*) характерны типичные блюдцевидные или чашевидные апотеции размером 1–5 см, бурого или коричневого цвета, снаружи гладкие или мучнистые. Сумки, открываются на вершине крышечкой. В гимении пецицевых всегда присутствуют

парафизы. Обычно по длине они равны сумкам, но у некоторых выступают за пределы гимения. Концы парафиз часто расширены и окрашены, у некоторых представителей они ветвятся. Пещицевые, как правило, сапротрофы, лишь немногие могут паразитировать на растениях. Для рода пещица (*Peziza*) характерны типичные блюдцевидные или чашевидные апотеции размером 1–5 см, бурого или коричневого цвета, снаружи гладкие или мучнистые. Представители этого рода встречаются преимущественно в лесах на влажной почве (*P. badia*, *P. pustulata* и др.). Немногие из них лигнофилы, как, например, пещица фиолетово-черная (*P. violaceo-nigra*), развивающаяся на гнилой древесине и пнях лиственных деревьев. В этом роде присутствуют также карбофилы и копрофилы.



1-3 — *Iodowynnea auriformis*; 2 — аскоспоры; 3 - аски.
 4-5 — *Peziza arvernensis*; 4 — аскоспоры; 5 — аски.
 6-8 - *Peziza badia*; 7, аскоспоры; 8 — аски.
 9 - *P. cerea*.
 10 - *P. echinospora*.

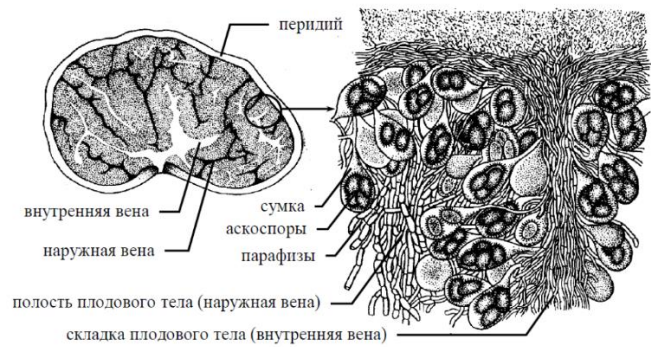
Задание: Рассмотреть постоянный препарат *Peziza*, найти аски с аскоспорами, парафизы.

Представители: *p. Tuber*

Плодовые тела трюфелей имеют клубневидную форму, их размеры колеблются от 1 до 10 см, реже более крупные. Перидий плодового тела плотный, кожистый, его поверхность гладкая или покрыта бородавками разных размеров. Внутренняя ткань плодового тела на разрезе имеет мраморный рисунок из чередующихся светлых и темных полос. Их называют соответственно внутренними и наружными венами. Сумки трюфельевых располагаются в плодовых телах гимениальным слоем или гнездообразно. Освобождение аскоспор всегда пассивное, после разрушения плодового тела или поедания его животным. Изучение развития плодовых тел трюфельевых показало, что они закладываются в виде блюдцевидных образований, на вогнутой складчатой поверхности которых формируются зачатки гимения. В дальнейшем такое плодовое тело, находясь в почве, не может расти вширь, на поверхности его гимения развиваются многочисленные складки, а позднее оно замыкается. Складки превращаются во внутренние вены, а щели между ними – в наружные вены, которые заполняются рыхлой тканью из парафиз. У основания парафиз позднее образуются сумки. Трюфельевые – обязательные микоризообразователи.



Трюфель гладкий чёрный (*Tuber macrosporum*)



Строение плодового тела трюфеля

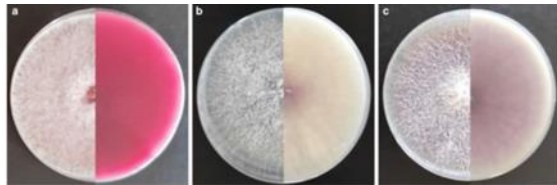
Задание: Рассмотреть постоянный препарат *Tuber*, найти аски с аскоспорами, парафизы.

ФИТОПАТОГЕННЫЕ АСКОМИЦЕТЫ

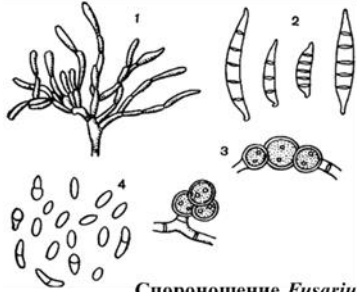
Представители: р. *Fusarium*, *Botrytis*, *Alternaria*.

Среди аскомицетов известны многочисленные паразиты растений, нередко вызывающие их серьезные заболевания, например, гнили различных органов (серая гниль многих растений, вызываемая грибами из рода *Botrytis*, корневые гнили злаков и др.), поражения проводящей системы, приводящие к увяданию (вилт хлопчатника и других растений, вызываемый грибами из родов *Verticillium* и *Fusarium*), некрозы тканей, проявляющиеся в виде пятнистостей различных органов (церкоспороз сахарной свеклы, вызываемый *Cercospora beticola*), гельминтоспориозы многих растений, вызываемые грибами из родов *Bipolaris*, *Drechslera*, и многие другие. Некоторые из этих грибов вызывают большие потери урожая.

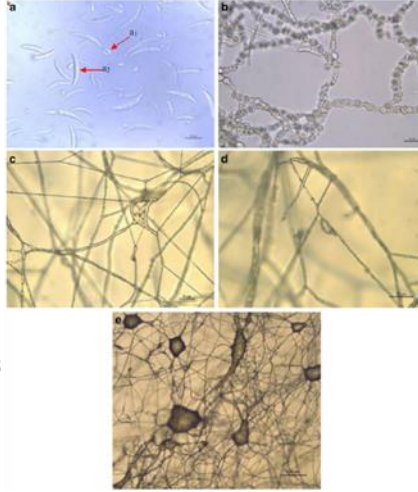
Род *Fusarium*, его представители образуют два типа конидий — макроконидии и микроконидии. Макроконидии имеют веретеновидную или серповидную форму, состоят из нескольких клеток (4—10) и имеют довольно крупные размеры. Они образуются на конидиеносцах, часто собранных в спородохии. Микроконидии — мелкие одноклеточные конидии, реже они имеют одну-две поперечные перегородки. Также могут образовывать хламидоспоры, для переживания неблагоприятных условий. Грибы этого рода широко распространены в природе как сапротрофы в почве и на растительных остатках, но большинство из них — паразиты растений, вызывающие увядание, корневые гнили и другие заболевания. Некоторые виды образуют микоризы. У немногих видов этого рода известны телеоморфы, относящиеся порядку гипокрейные. Один из наиболее важных видов — *F. oxysporum*, возбудитель вилта (увядания) многих культурных растений (хлопчатника, льна, овощных и декоративных культур). При поражении этим грибом у растений замедляется рост, они теряют тургор, желтеют, а затем полностью усыхают. Иногда растения гибнут в течение нескольких дней после заражения. Многие виды служат причиной корневых гнилей злаков и ряда других растений. Большое значение имеет способность грибов рода *Fusarium* образовывать токсины. Развиваясь на зерне или других растительных продуктах, многие фузариумы выделяют токсические вещества, вызывающие пищевые отравления у людей и животных. Известно несколько токсинов различной химической структуры, например, сесквитерпеновые токсины — трихотецены и др.



Морфология колоний *Fusarium* spp. а) *F. rachygibbosum* б) *F. proliferatum* в) *F. verticillioides* (фронтальный вид и реверс)

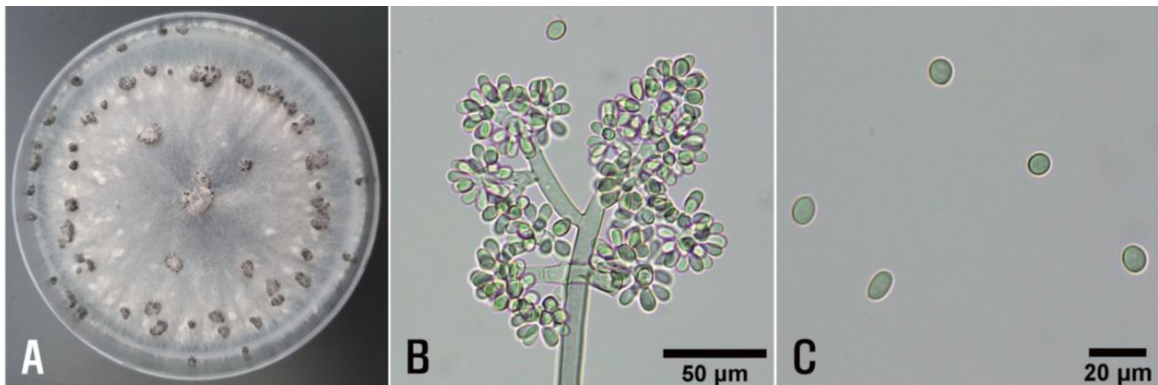


Спорошение *Fusarium*:
 1 - формирование конидий;
 2 - макроконидии;
 3 - хламидоспоры;
 4 - микроконидии



Фузариоз колоса и зерна
 Микроскопические структуры *Fusarium brachygibbosum*;
 а: макро- и микроконидии,
 а1: микроконидии,
 а2: макроконидии; б: хламидоспора;
 с, d: гифальные структуры;
 е: конидиальные скопления

Род *Botrytis*. Конидиеносцы древовидно разветвленные, конидии эллиптические, собраны в головки. Многие виды паразитируют на растениях и вызывают гнили. *B. cinerea* — возбудитель серой гнили плодов, ягод и овощей.



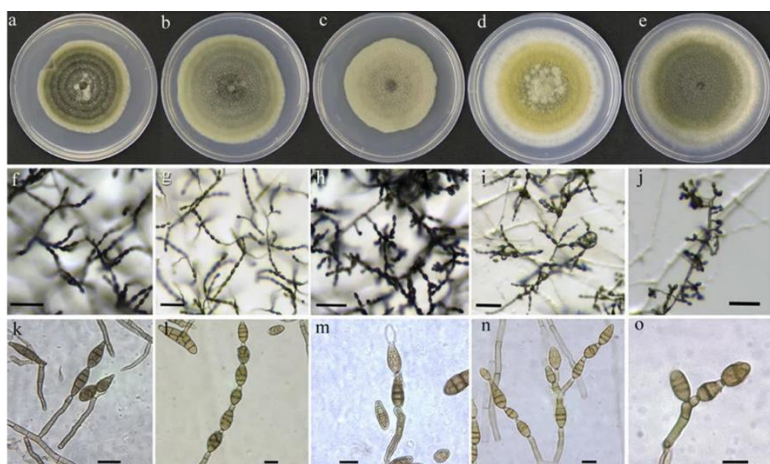
А: Морфология колонии *Botrytis cinerea*; **В:** Конидиеносцы и конидии; **С:** Морфология конидий.



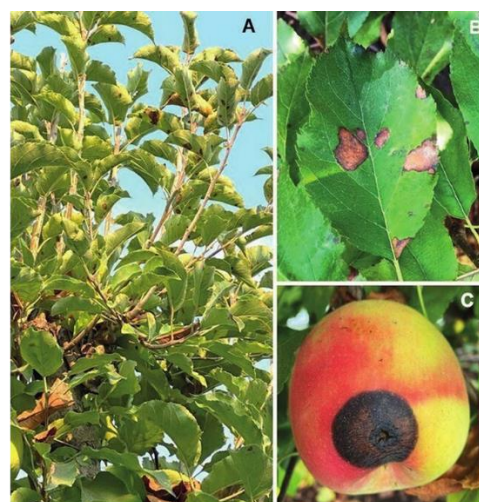
Симптомы поражения земляники *Botrytis cinerea*

Грибы р. *Alternaria* развиваются на многих растительных субстратах и в почве, как сапрофиты. Паразитируют на различных растениях. Конидиеносцы – одиночные либо в

маленьких группах, ветвистые либо простые, извилистые или прямые, редко коленчатые. Конидии – образуются в длинных, очень часто ветвистых цепочках, имеют перегородки.



Морфологические особенности *Alternaria* spp.: a-e, Морфология колоний; a, f, k - *A. alternata*; b, g, i, - *A. tenuissima*; c, h, m - *A. arborescens*; d, i, n - *A. infectoria*; e, j, o - *A. rosae*

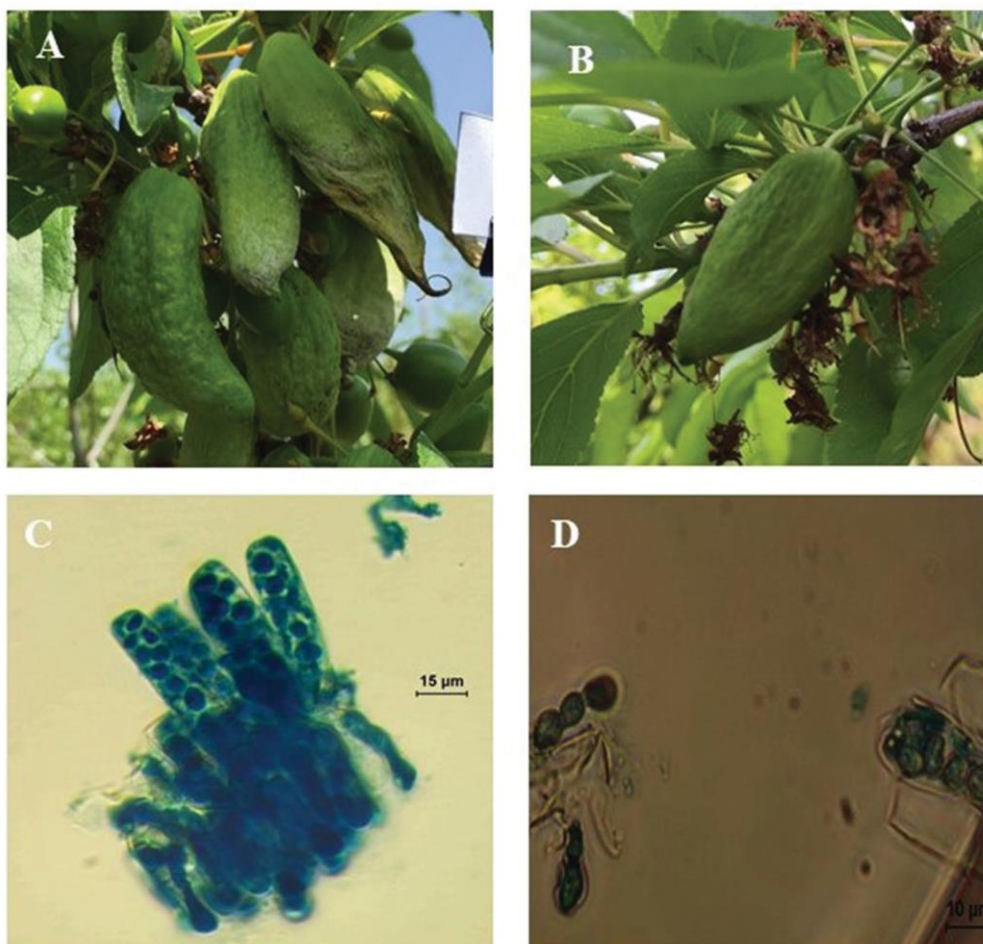


Поражение плодов и листьев яблони альтернариозом.

Задание: Рассмотреть свежие культуры (посевы на чашках Петри) грибов р. *Fusarium*, *Botrytis*, *Alternaria*. Приготовить временные препараты со свежих культур. На рассматриваемых материалах детально изучить разнообразие конидиального спороношения.

Представители: р. *Taphrina*

Род тафрина (*Taphrina*), виды которого паразитируют на представителях разных семейств растений — это высокоспециализированные паразиты, поражающие лишь определенные органы одного или близкородственных растений. Развиваясь на них, тафриновые вызывают разнообразные деформации пораженных органов: курчавость листьев, «дутые плоды» или «кармашки», «ведьмины метлы» и галлы. Возникновение таких деформаций вызвано тем, что тафриновые способны синтезировать фитогормоны, стимулирующие рост, — р-индол или уксусную кислоту и вещества типа цитокининов, а также стимулировать их синтез самим растением. Под действием фитогормонов клетки растений гипертрофируются, увеличивается скорость их деления при одновременном нарушении процессов дифференциации, что приводит к изменению размеров и деформации пораженных органов. Заражение растения-хозяина происходит дикариотичным мицелием, который образуется или в результате слияния двух аскоспор или при объединении двух ядер гаплоидного мицелия. Дикариотичный мицелий распространяется по межклетникам, при этом гифы, расположенные между эпидермисом и кутикулой, образуют слой аскогенных двуядерных клеток, из которых формируются сумки после слияния дикариона и последующего мейотического деления диплоидного ядра. Аскоспоры тафриновых могут почковаться как находясь в сумке, что приводит к её многоспоровости, так и после их отбрасывания на субстрате. В цикле развития тафриновых преобладает дикариотичная стадия, приуроченная к паразитной фазе развития гриба, а гаплоидная сапротрофная стадия очень коротка и представлена аскоспорами или кратковременно существующим мицелием.



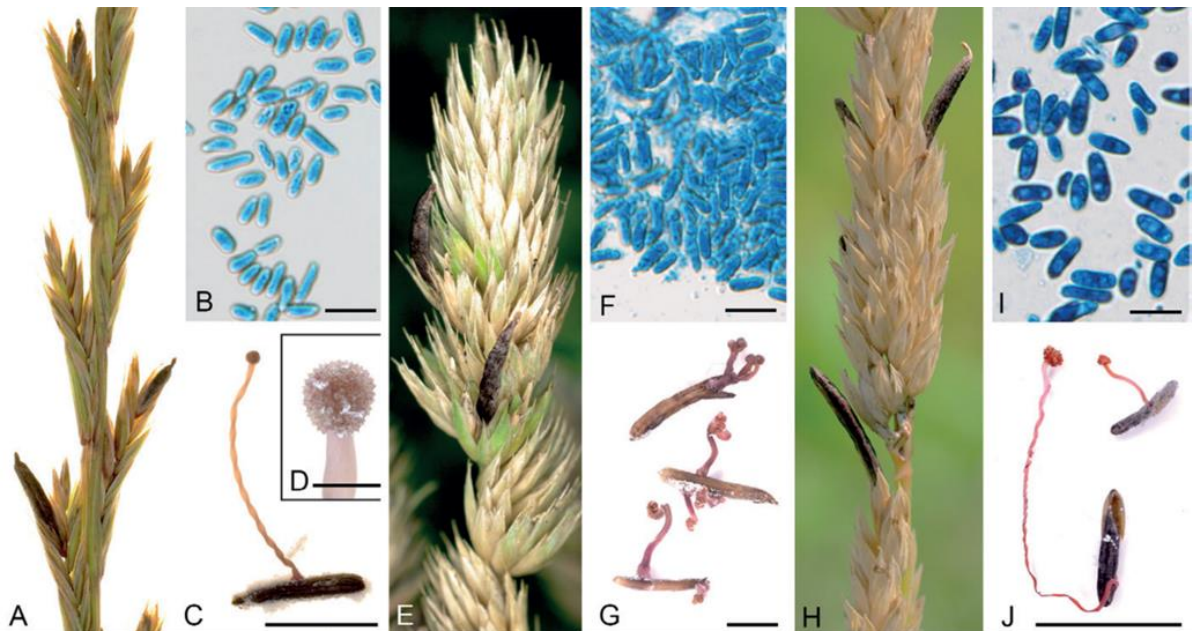
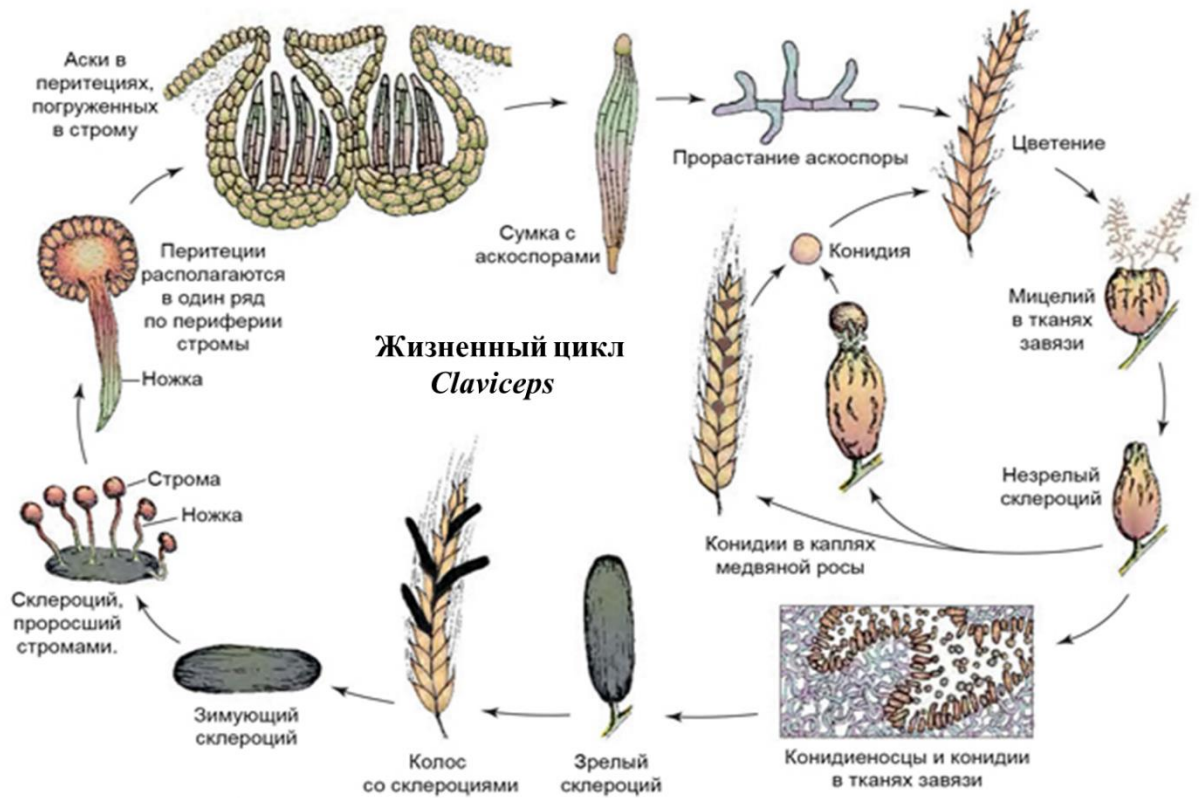
Сливовый карман и половая стадия *Taphrina deformans*. (А) Деформированные плоды сливы; (В) Деформированные плоды, инокулированные дрожжевыми клетками *T.deformans*; (С) Аски; (D) Аскоспоры.

Задание: Рассмотреть постоянный препарат *Taphrina pruni*, найти и изучить сумки с сумкоспорами.

Представитель: *Claviceps purpurea*

Claviceps purpurea (спорынья) паразитирует на злаках. На пораженных спорыньей соцветиях образуются склероции, имеющие вид рожков черно-фиолетового цвета. Склероции зимуют в почве, весной прорастают несколькими головчатыми строматами, с перитециями, где созревают аскоспоры. После выбрасывания из перитециев аскоспоры разносятся ветром и попадают на растения. Аскоспоры спорыньи заражают злаки в период цветения. Через несколько дней после заражения на растениях развивается конидиальная стадия гриба. Конидии погружены в капли «медвяной росы», это сладковатая жидкость, имеющая неприятный запах и содержащая большое количество сахаров. Она привлекает насекомых, которые переносят конидии на здоровые растения. Конидии могут распространяться каплями дождя, переноситься ветром. В пораженных цветках ткани завязи полностью разрушаются и замещаются мицелием гриба. Ко времени окончания цветения злаков и созревания зерна мицелий спорыньи уплотняется и превращается в склероций. Склероций спорыньи содержит большое количество алкалоидов, наиболее ядовитый из которых — эрготинин, при употреблении в пищу вызывающий судороги и длительные спазмы гладкой мускулатуры; также при отравлении наблюдаются

расстройства психики, нарушение глазодвигательной функции, а спустя несколько месяцев — осложнённая катаракта, большие дозы приводят человека к гибели.



Claviceps purpurea, *C. bavaricus* и *C. humidiphila*.

A-D: *Claviceps purpurea*. A. Склероции. B. Конидии. C. Аскострома. D. Перитеций;

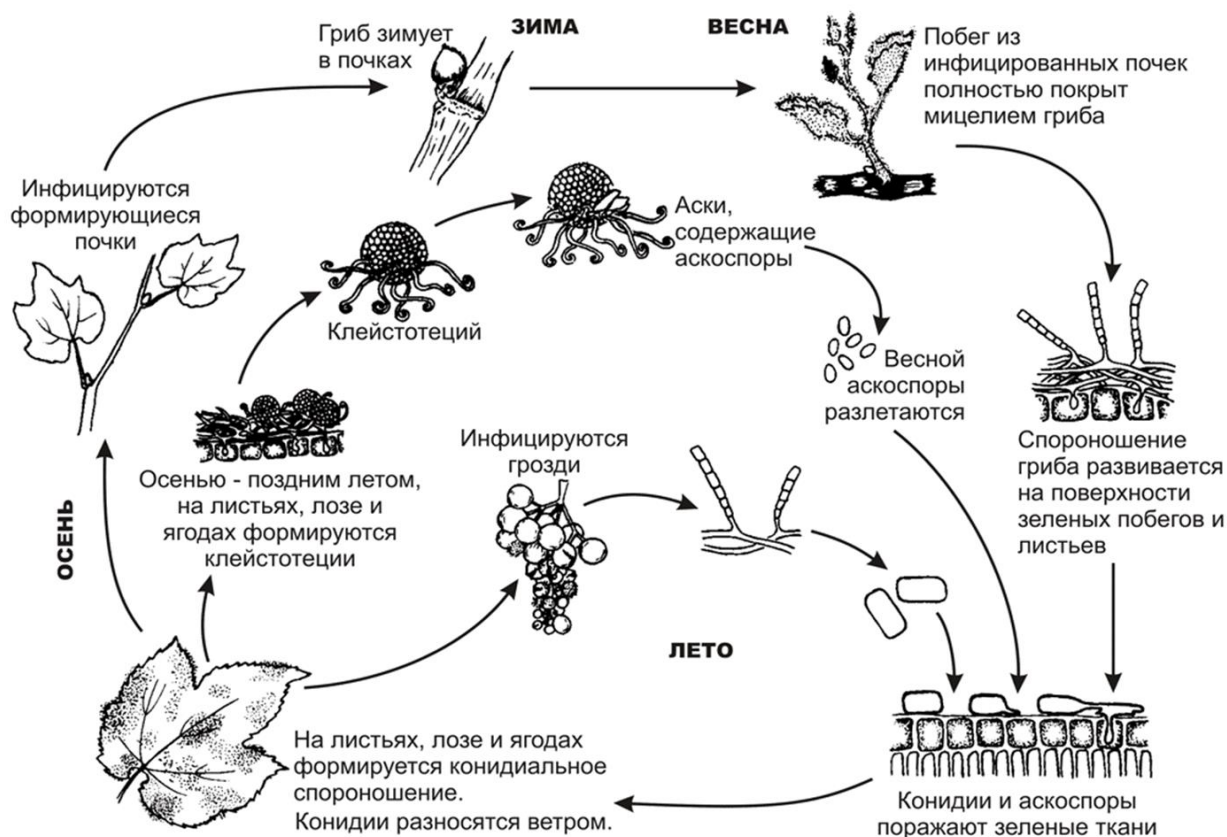
E-G: *C. bavaricus*. E. Склероции. F. Конидии. G. Аскострома;

H-J: *C. humidiphila*. H. Склероции. I. Конидии. J. Аскострома

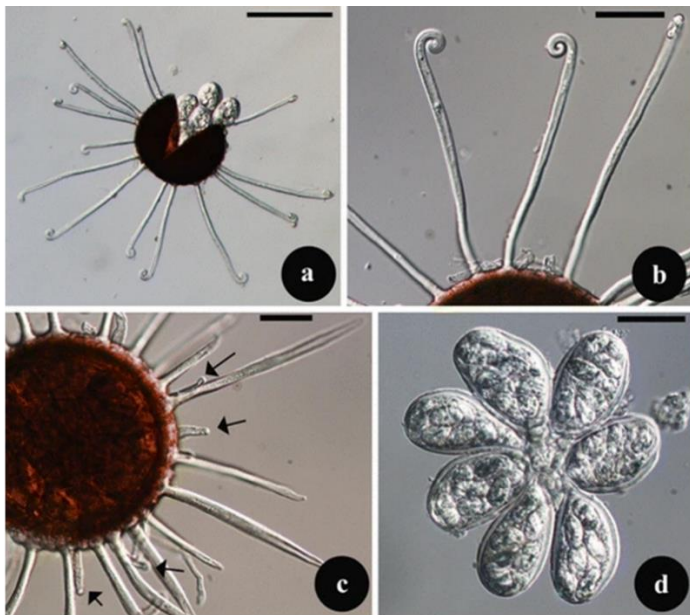
Задание: Рассмотреть гербарные образцы – пораженные колосья злаков, склероций.

Представители: пор. *Erysiphales*

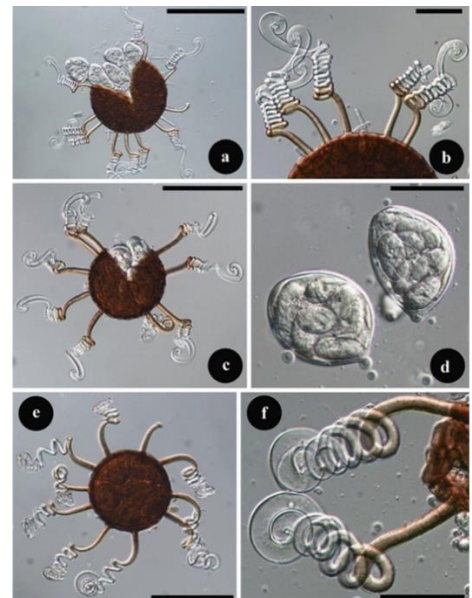
Эризифальные, или мучнисторосяные (*Erysiphales*) облигатные паразиты высших растений, вызывающие у них заболевания, известные под общим названием «мучнистая роса». Белый, позднее темнеющий мицелий мучнисторосяных грибов находится обычно на поверхности пораженных органов растений. На нем образуются специальные структуры – апрессории, от которых, отходят гаустории, проникающие в клетки эпидермиса растения-хозяина. На мицелии мучнисторосяны через несколько дней после заражения развивается конидиальная стадия. В это время пораженные органы растения покрыты мучнистым налетом конидий, отсюда название заболевания – «мучнистая роса». Конидии распространяются воздушными течениями и заражают новые растения. Сумчатая стадия развивается у мучнисторосяных в конце периода вегетации, плодовые тела - клейстотеции, в которых сумки в зрелости располагаются правильным пучком или слоем. Их форма, так же как и число сумок в клейстотеции – характерный признак родов мучнисторосяных.



Жизненный цикл мучнистой росы винограда (*Erysiphe necator*)



Erysiphe prunastri var. *japonica*. **a.** Клейстотеций. **b.** Придатки с крючковидно-кольцевыми кончиками. **c.** Короткие вторичные придатки (стрелки). **g.** Аски и аскоспоры.



Erysiphe havrylenkoana (a–d) и *E. nothofagi* (e, f). **a, c, e.** Клейстотеций. **b** Придатки *E. havrylenkoana*. **d.** Аски и аскоспоры. **e, f.** Типовые придатки *E. nothofagi*

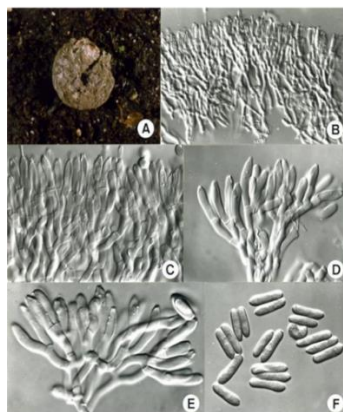
Задание: Рассмотреть постоянный препарат, найти клейстотеции, придатки, аски с аскоспорами.

ЭНТОМОПАТОГЕННЫЕ АСКОМИЦЕТЫ.

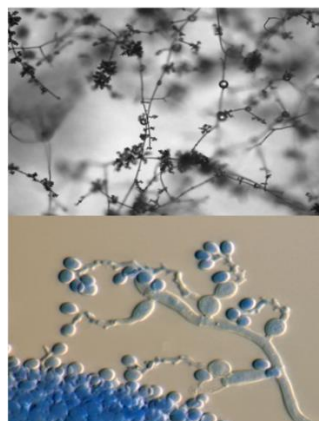
Представители: *Metarhizium*, *Beauveria*, *Isaria sensu lato*, *Cordyceps*

Среди всего разнообразия экологических групп аскомицетов можно отдельно рассмотреть энтомопатогенные грибы. Одними из наиболее широко распространенных и применяемых в биологической защите растений являются энтомопатогенные грибы трех родов *Metarhizium*, *Beauveria*, *Isaria sensu lato*. У данных представителей в жизненном цикле есть половое (телеоморфная стадия) и бесполое спороношение (анаморфная стадия). Их телеоморфные стадии относятся к родам *Metacordyceps*, *Cordyceps*, данная система возникла в период существования формального класса *Deuteromycota*. Двойные названия существовали и у других аскомицетов. Как и другие грибы, данная группа очень вариабельна по морфологии.

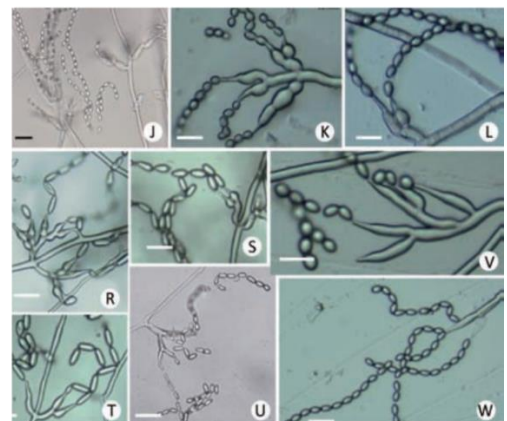
Metarhizium

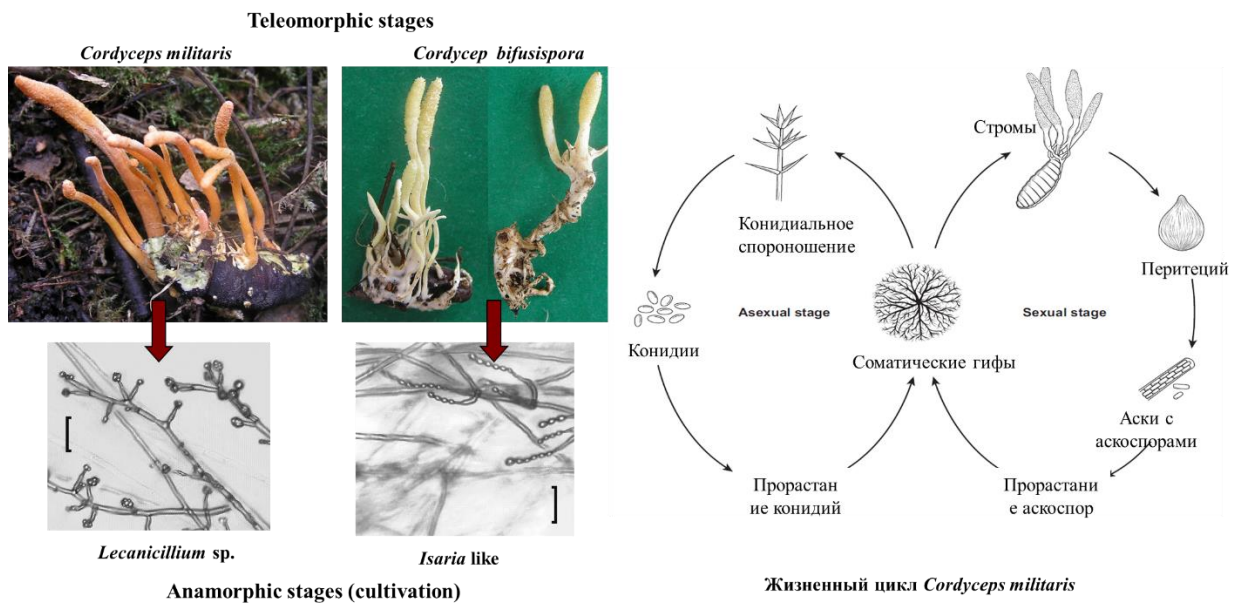


Beauveria



Isaria





Развитие микоза у *Leptinotarsa decemlineata* (1) и *Galleria mellonella* (2), вызванного энтомопатогенным грибом *Beauveria bassiana*



Задание: Рассмотреть гербарные образцы энтомопатогенных грибов. Изучить свежие посевы анаморфных стадий, найти при рассмотрении: септированный мицелий, конидии, фиалиды, метулы. Для понимания течения инфекционного процесса провести перкутанное заражение лабораторных линий насекомых представленными энтомопатогенными грибами. В дальнейшем погибших насекомых разложить на влажные камеры, для получения дочернего спороношения гриба. Таким образом проследить этапы патогенеза и цикл от споры до споры.

ОТДЕЛ БАЗИДИОМИЦЕТЫ, ИЛИ БАЗИДАЛЬНЫЕ ГРИБЫ (BASIDIOMYCOTA)

Это группа - вторая по величине в царстве грибов. *Basidiomycota* содержит не менее трех четко определенных линий, но при этом у разных авторов они называются по-разному: *Pucciniomycotina/ Urediniomycetes* (ржавчинные), *Ustilagomycotina/ Ustilaginomycetes* (головневые) и *Agaricomycotina/ Basidiomycetes* (именно их большинство людей называет

«грибами»). Вегетативное тело – развитый септированный мицелий. Встречаются дрожжевидные стадии и формы. Строение септ в мицелии разнообразно и сильно отличается от простых неслоистых септ Аскомицетов. Вегетативное размножение происходит путем фрагментации мицелия или почкованием дрожжевых клеток. Бесполое размножение – только конидиями, но встречается относительно редко, причем обычно наряду с половыми спороношениями. Исключение составляют представители порядка Ржавчинных грибов. У видов данного порядка широко распространены специфические бесполое споры, имеющие специальные названия. Половое размножение – соматогамия. Происходит путем контакта гаплоидных мицелиев разного полового знака. В некоторых случаях оплодотворение проходит путем сперматизации. При половом процессе происходит координация ядер в дикарионы с последующим их синхронным делением. Результат полового размножения – базидия, на поверхности которой базидиоспоры. При развитии базидий происходит кариогамия, мейоз и переход гаплоидных ядер в базидиоспоры. Базидии могут быть одноклеточными или многоклеточными. Половой процесс и формирование базидий с базидиоспорами часто сопряжен с развитием плодовых тел различных размеров и морфологии. *Basidiomycota* широко распространены в природе во всех географических областях, на различных субстратах. Входящие в этот таксон грибы чрезвычайно разнообразны как по строению, так и по образу жизни. Он объединяет сапротрофные виды из разнообразных эколого-трофических групп, большое число паразитов, преимущественно растений (головневые и ржавчинные грибы), реже — животных и грибов (некоторые тремелломицеты), а также симбиотрофов, к числу которых принадлежат грибы, образующие эктотрофные, редко — эндотрофные микоризы. Лихенизированные базидиомицеты немногочисленны.

БАЗИДИОМИЦЕТЫ (BASIDIOMYCETES)

Плодовые тела базидиомицетов — базидиомы — очень разнообразны по форме, консистенции и окраске. Спороносный слой плодового тела — гимений — у более примитивных видов располагается на верхней, а у более высокоорганизованных видов — на нижней стороне плодового тела. Гимений базидиальных грибов состоит из базидий с выростами (стеригмами), на которых прикрепляются базидиоспоры; базидиол (молодые или недоразвитые базидии) - это стерильные клетки, отделяющие базидии друг от друга и предохраняющие базидиоспоры от слипания. У некоторых видов в гимении имеются цистиды — крупные клетки, возвышающиеся над гимениальным слоем. Они защищают гимений и особенно базидии от давления сверху. Поверхность плодового тела, несущая гимений, называется гименофором. У низших представителей он гладкий, у более высокоорганизованных имеет форму зубцов, трубочек, пластинок. В закрытых плодовых телах сформированный гимений часто не образуется, а базидии имеют разнообразную форму и разное расположение спор.

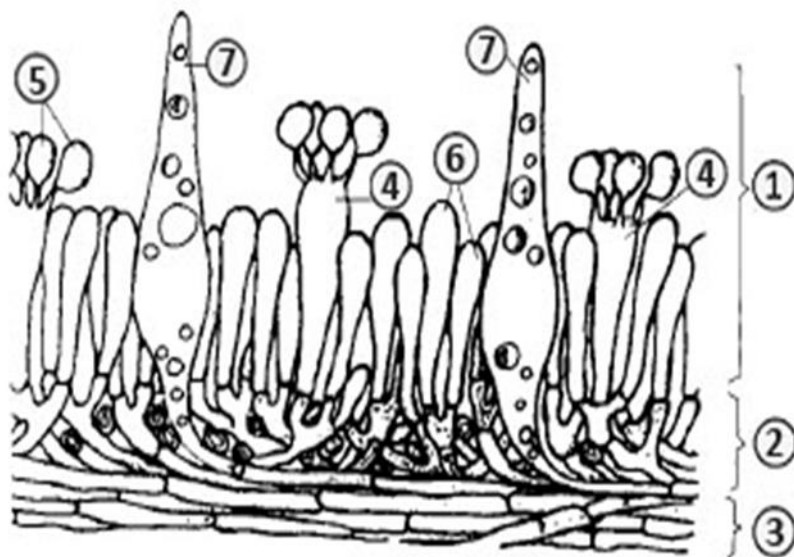
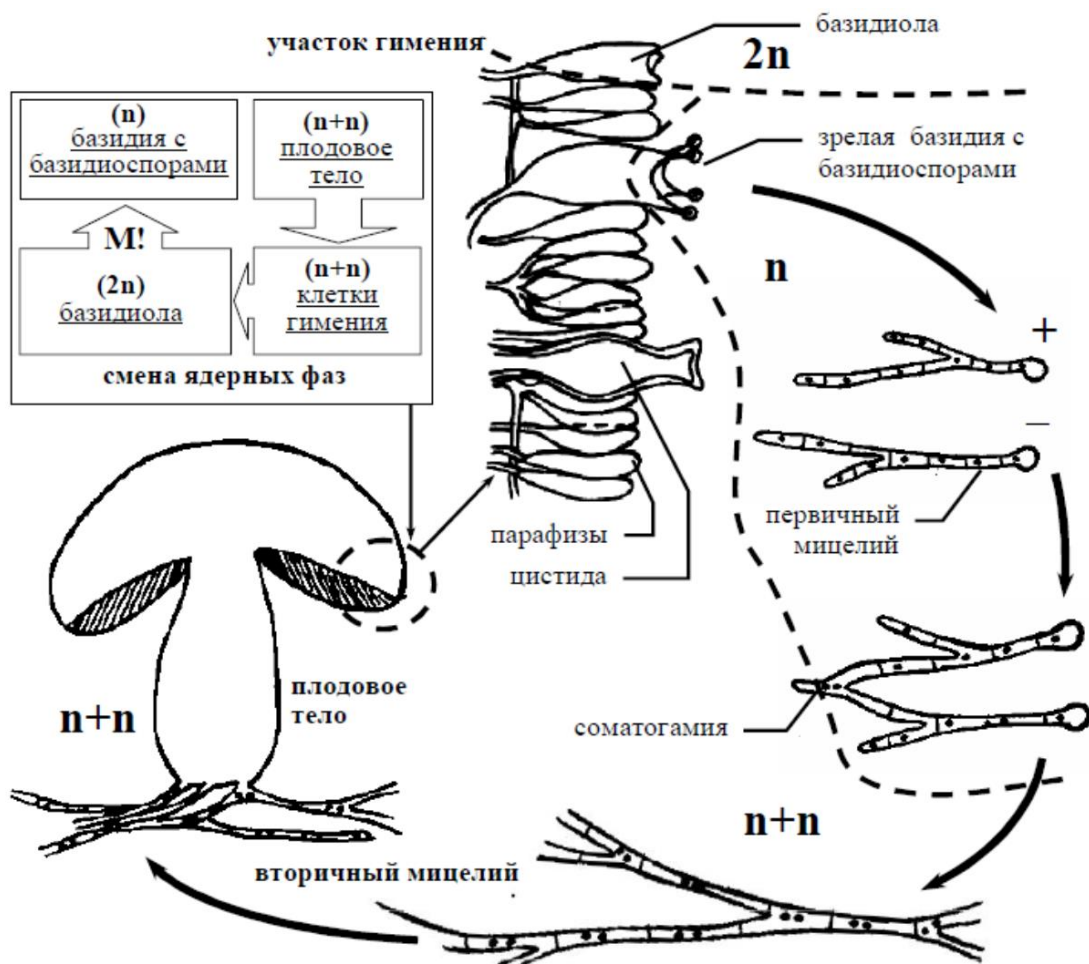
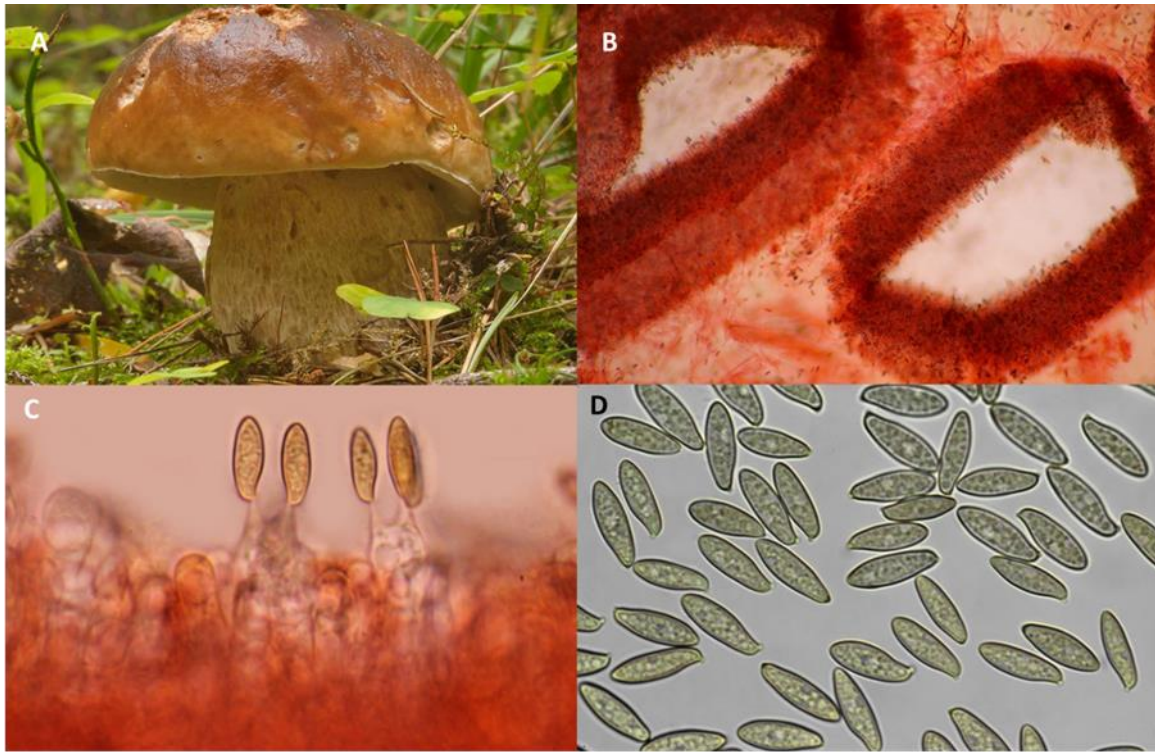


Схема строения шляпки агарикоидного базидиомицета:
 1. Гимений;
 2. Субгимений;
 3. Трама;
 4. Базидии;
 5. Базидиоспоры;
 6. Базидиоли;
 7. Цистиды.

Представитель: *Boletus edulis*

Гименофор трубчатый, легко отделяющийся от трамы плодового тела. Базидиоспоры гладкие. Белый гриб характеризуется большим внутривидовым разнообразием. У него выделено 18 форм, отличающихся друг от друга окраской шляпки, наличием или отсутствием сеточки на ножке, приуроченностью к древесной породе и т.д. Некоторые микологи выделяют их как самостоятельные виды.



Boletus edulis: **A** - внешний вид; **B** – гимений; **C** – гимениальный слой, базидии с базидиоспорами; **D** – базидиоспоры.

Задание: Рассмотреть постоянный препарат среза *Boletus edulis*. Найти в гимениальном слое: цистиды, базидии, стеригмы, базидоспоры, базидиолы.

Представители: *p. Agaricus*

Базидиомы крупные, мясистые, загнивающие, с центральной ножкой. Пластинки свободные, с правильной или неправильной трамой. Развитие базидиом гемангиокарпное, всегда имеется частное покрывало, оставляющее на ножке кольцо или следы в виде чешуек, споры гладкие, черно-бурые. Шампиньоны обитают на почве, часто на лесном и луговом перегное, на муравейниках, на растительных остатках. Шампиньон двуспоровый — *A. bisporus*, имеющий на базидии по две базидиоспоры — гумусовый сапротроф. Это один из немногих грибов, который успешно культивируют.

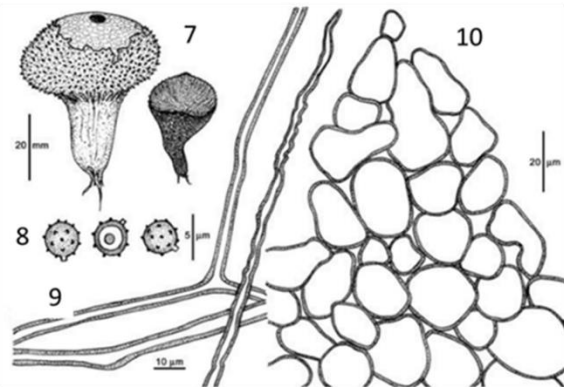
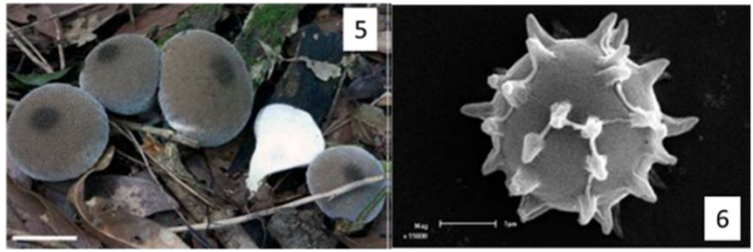
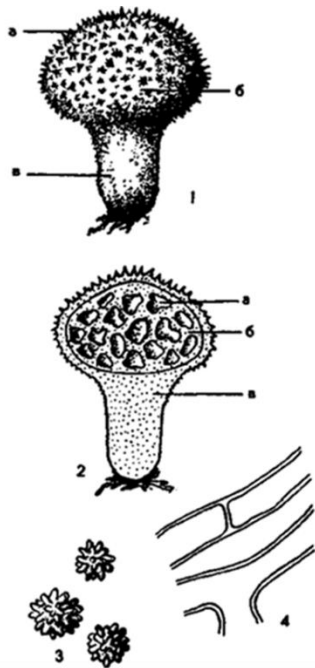


Agaricus bisporus: 1-5 - плодовые тела; 6 – базидоспоры; 7 - базидии с базидиоспорами; 8 - трама

Задание: Рассмотреть постоянный препарат среза *Agaricus*. Приготовить временный препарат из свежего плодового тела (срез спороносной части). Найти в изучаемых препаратах, в гимениальном слое: базидии, стеригмы, базидоспоры, базидиолы.

Представитель: *Lycoperdon perlatum*.

Дождевик шиповатый (*Lycoperdon perlatum*) встречается на лугах, лесных полянах. Его плодовое тело имеет типичное для большинства гастеромицетов строение. Оно образуется на плотных белых шнурах, формируемых грибницей, находящейся в почве. Покрыто двуслойной оболочкой — перидием, состоящим из экзо- и эндоперидия. Экзоперидий не сплошной, а расположен на эндоперидии в виде групп шипов или бородавочек. Внутреннюю часть плодового тела называют глебой. Вначале она рыхлая, сероватая, однородная. Затем в глебе образуются полости, поверхность которых выстлана гимением. Он состоит из округлых, коротких, часто неправильной формы базидий, на которых на длинных стеригмах формируются базидиоспоры. Бесплодные участки глебы, разделяющие полости, состоят из сплетения гиф и называются трамой. При созревании базидий трама разрушается. Тёмнооливковые базидиоспоры лежат внутри перидия свободно. Часть гиф трамы сохраняется и идёт на образование особых волокон — капиллиция, разрыхляющего массу спор. При полном созревании плодового тела эндоперидий разрушается на вершине, через это отверстие происходит освобождение базидиоспор при малейшем сотрясении плодового тела.



Lycoperdon perlatum, Synonym: *Lycoperdon gemmatum*.

- 1 (а — шипэкзоперидия, б — эндоперидий, в — ложная ножка);
 2 — разрез плодового тела дождевика шиповатого (а — камеры, б — трама, в — бесплодный столбик);
 3 — базидиоспоры, 4 — капиллиций; 5 — внешний вид; 7 — базидиомы; 6, 8 — базидиоспоры; 9 — капиллиций; 10 — гифы экзоперидия.

Задание: Рассмотреть постоянный препарат *Lycoperdon perlatum*, найти споры.

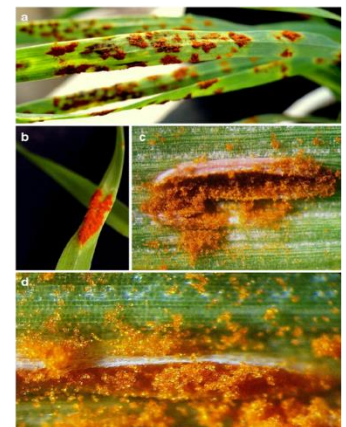
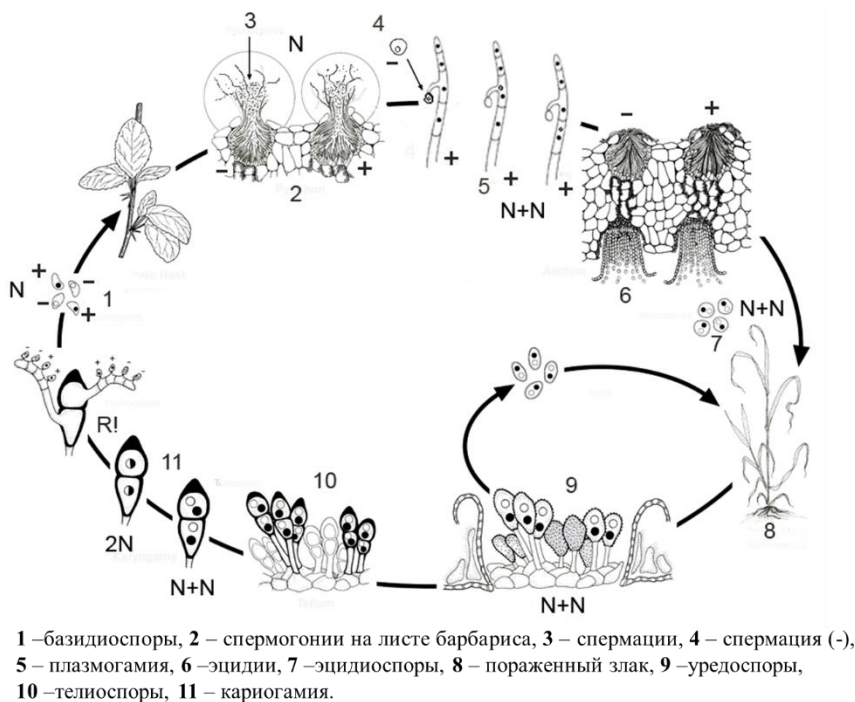
РЖАВЧИННЫЕ (UREDINIOMYCETES)

Все грибы из этого порядка — Uredinales, паразитируют на высших растениях. У них известно несколько следующих один за другим типов спороношений. В конечном итоге образуются покоящиеся споры или телиоспоры, чаще прорастающие после некоторого периода покоя. Прорастают они в четырёхклеточную базидию. Ржавчинные грибы паразитируют главным образом на вегетативных органах растений. Мицелий их распространяется по межклетникам, внедряясь в клетки при помощи гаусториев. Ко времени образования телиоспор пустулы принимают тёмный (почти чёрный) цвет. Ржавчинные грибы могут быть разнохозяйными (гетероэичными), когда отдельные типы спороношений развиваются на разных питающих растениях, и однохозяйными (авто- или гомозичными), когда весь цикл развития гриба проходит на одном виде растения-хозяина.

Представитель: *Puccinia graminis*

Развитие гриба начинается чаще всего весной, когда прорастают зимующие на соломе в скирдах или на стерне злаков телиоспоры. Телиоспоры прорастают в фрагмобазидию с четырьмя базидиоспорами разных половых знаков. Перед прорастанием дикариотичные ядра в телиоспорах сливаются, образуя диплоидное ядро, которое затем делится редукционно. Образующиеся гаплоидные ядра переходят через стеригмы в базидиоспоры. Базидиоспоры активно отбрасываются и попадают в воздушные потоки. Для дальнейшего развития они должны попасть на листья барбариса — промежуточного хозяина. На верхней

поверхности листа базидиоспоры прорастают в гаплоидный мицелий. Между палисадной тканью и верхним эпидермисом формируются округлые клубочки гиф, которые затем образуют мелкие вместилища с выводным отверстием — спермогонии, иногда называемые пикниями. В спермогониях формируются мелкие шаровидные споры, называемые спермациями или пикниоспорами. Из спермогония наружу выступают короткие гифы — перифизы. К ним прилипают спермации. Спермации заражения не вызывают, но играют роль в возникновении дикариотического мицелия. Для продолжения цикла развития необходимо объединение двух гаплоидных ядер из + и – спермогониев (пикниев) в дикариотичной гифе. В конечном итоге внутри тканей барбариса развиваются дикариотичные гифы, образующие клубочки внутри тканей листьев, которые затем формируют эции в виде чашевидных образований чаще с нижней стороны листьев. В основании эция образуются эциоспоры гриба. Эциоспоры уже не могут заражать барбарис. Дальнейшее развитие происходит на злаках, куда эциоспоры переносятся воздушными потоками. На злаках образуются пустулы в виде порошащих полос или пятен на влажных листьях или стеблях. Этот налёт представляет собой следующий тип спороношения — урединии с урединиоспорами. После разрыва эпидермиса урединиоспоры отрываются от своих ножек и способны снова заражать злаки. За лето образуется несколько новых поколений урединиоспор. На этом же мицелии, обычно в конце лета, возникают двуядерные телиоспоры с толстой тёмно-бурой оболочкой. Весной каждая клетка телиоспор прорастает четырёхклеточной базидией, далее цикл развития повторяется.



Стеблевая ржавчина пшеницы, вызываемая *Puccinia graminis f. tritici*:
a - зараженные листья;
b - микрофотография пустулы;
c, d - микрофотография пустулы стеблевой ржавчины на листьях пшеницы, обнажающие урединиоспоры через разорванный эпидермис

Задание: Рассмотреть постоянный препарат *Puccinia graminis*. Определить стадию развития, рассмотреть споры.

Представитель: *Gymnosporangium sabinae*

Основным хозяином *Gymnosporangium sabinae* являются различные виды южных можжевельников – казацкий, высокий, колючий, красноплодный, ладанный, кроме этого виргинский и китайский. В можжевельниках этот паразит формирует многолетний

мицелий, зимует, а весной происходит образование плодовых тел в виде желеобразных наростов оранжевого цвета на ветвях. На поверхности этих плодовых тел образуются особые споры, которые ветром переносятся на следующий вид растения – промежуточного хозяина, которым является груша. Эти споры заражают листья груши, на которых вначале образуются оранжевые пятнышки, а ближе к августу (на нижней стороне листьев) формируются небольшие рожковидные наросты – эции. В них в конце лета и осенью продуцируется следующий вид спор, которые переносятся ветром обратно на можжевельник и заражают его.

Gymnosporangium sabiniae



Промежуточный хозяин— груша



Основной хозяин — можжевельник

Задание: Рассмотреть постоянный препарат *Gymnosporangium sabiniae*. Определить стадию развития, рассмотреть споры.

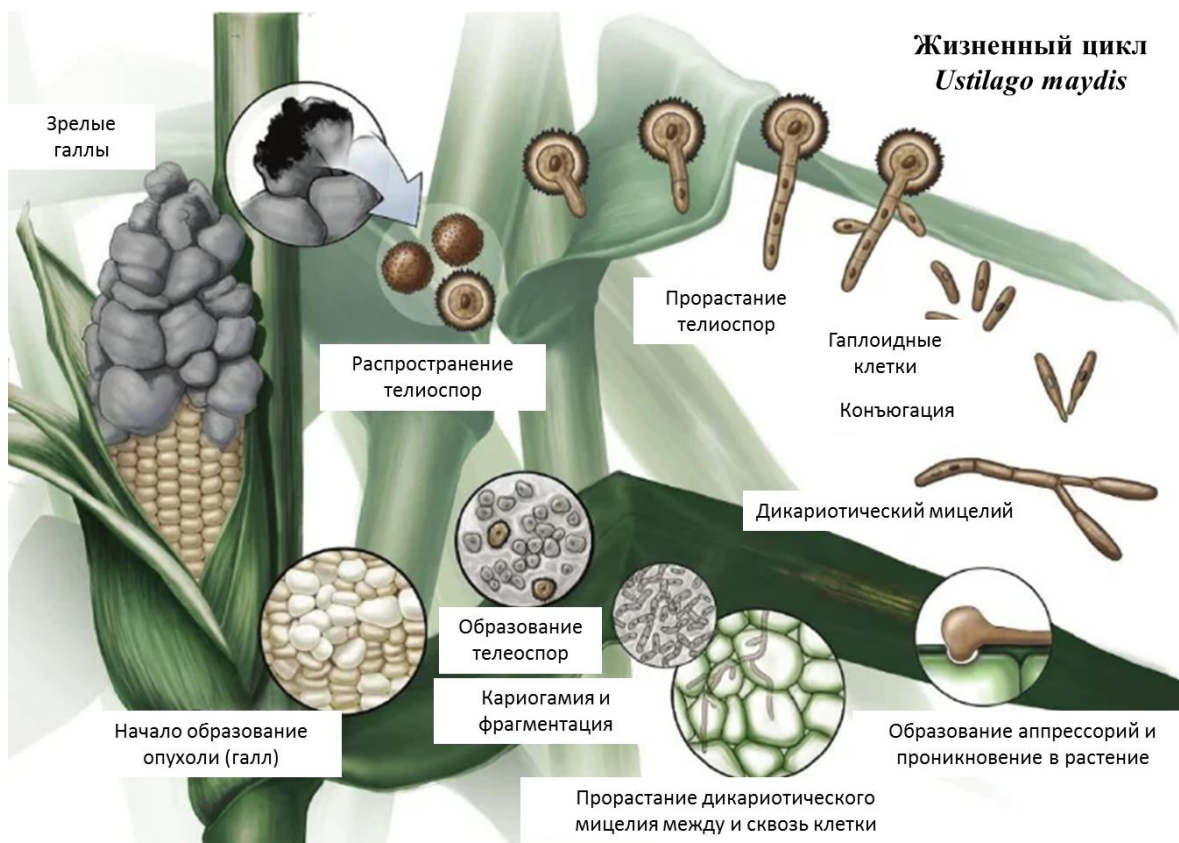
ГОЛОВНЕВЫЕ (USTILAGINOMYCETES)

Порядок включает виды, паразитирующие на покрытосеменных растениях. Пораженные растения выглядят обугленными или опаленными вследствие образования темноокрашенных спор паразитов, отсюда и происходит название заболевания — головня (нем. — Brand; англ. — smut) и т.п. Головневые грибы поражают практически все органы растений-хозяев — цветки (тычинки, завязи), семена, листья и стебли, изредка корни, но преимущественно молодые ткани. Спороношения грибов формируются на различных органах растений-хозяев, чаще всего — на репродуктивных. Часто наблюдаются нарушения развития и деформации пораженных растений — карликовость, обильное кущение, образование галлов и разнообразных пролифераций.

Представитель: *Ustilago maydis*

Пузырчатая головня проявляется в виде патологических новообразований (галлов) на всех частях растений, но наиболее часто на листьях и початках. При поражении листьев наблюдается образование вздутий в виде группы шероховатых морщин. В метелках поражаются отдельные цветки с образованием мешковидных вздутий обычно небольших размеров. На стеблях и початках формируются крупные галлы, в которых формируются телиоспоры гриба. Созревшие в галлах споры способны прорасти и заразить растения в течение всего вегетационного периода. Осенью при уборке кукурузы головневые вздутия

отламываются и могут зимовать на кукурузном поле. Весной перезимовавшие споры вновь заражают кукурузу. Наиболее высокая восприимчивость кукурузы к болезни наблюдается в период от выбрасывания метелок до молочной спелости.



Задание: Рассмотреть *Ustilago maydis* - гербарный образец и постоянный препарат (рассмотреть споры).

PROTOZOA

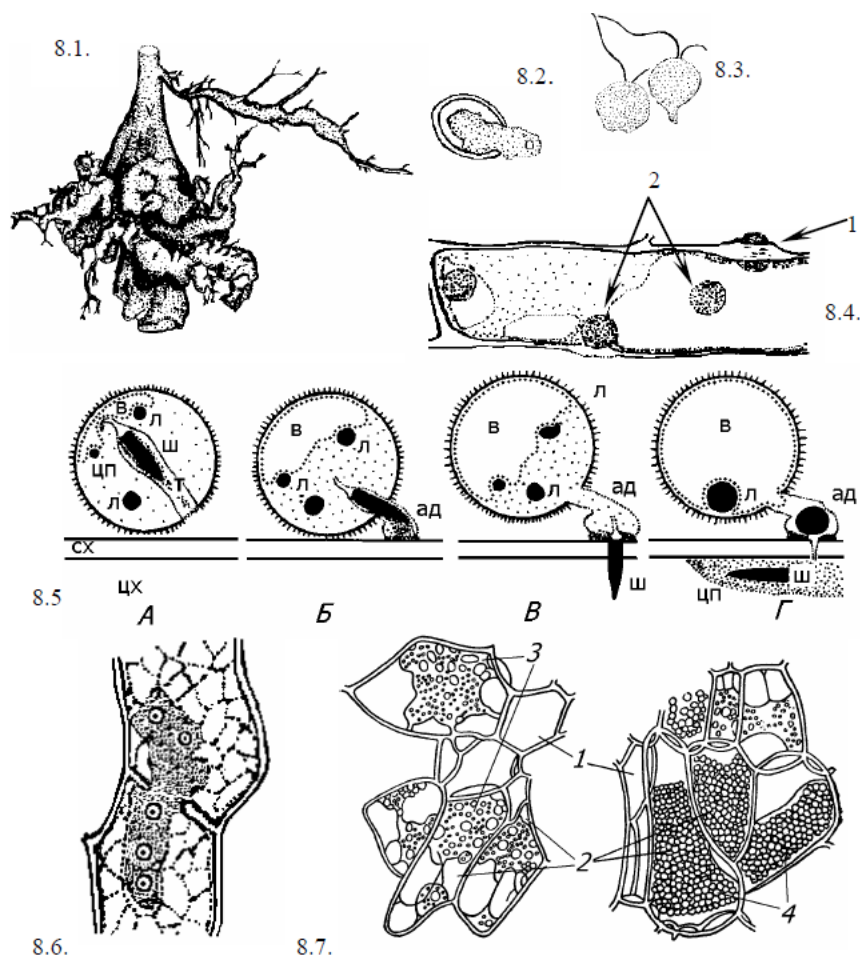
ОТДЕЛ ПЛАЗМОДИОФОРОВЫЕ (PLASMODIOPHOROMYCOTA)

Виды имеют интрацеллюлярную фаготрофную стадию, т.е. внутриклеточный (паразитический) плазмодий. Отличаются сложным циклом развития, включающим продолжительные по времени гаплоидную и диплоидную стадии. Включает один класс — Plasmodiophoromycetes. Внутриклеточные паразиты высших растений. Не образуют спорангиев. Вместилищем спор становятся пораженные клетки растения-хозяина.

Представитель: *Plasmodiophora brassicae*

Plasmodiophora brassicae – возбудитель «килы капусты», распространяющееся почвенное заболевание, оказывающее значительное экономическое воздействие на масличные и овощные культуры семейства *Brassicaceae*, а также на производство других ценных видов этого семейства во всем мире. и болезни других крестоцветных. Патологический процесс сопровождается образованием опухолей на корнях пораженных растений. На срезах корней в клетках коровой паренхимы видны плазмодии, иногда заполняющие всю клетку. На более

поздних стадиях развития болезни плазмодий распадается на массу мелких круглых спор. Зараженные клетки паренхимы корня по размеру значительно больше здоровых клеток. Паразит вызывает не только разрастание (гипертрофию) клеток, но и усиленное их деление (гиперплазию). В результате развиваются опухолевые наросты на корнях – “кила”. Впоследствии наросты загнивают и споры из них попадают в почву, где могут сохраняться несколько лет. Каждая покоящаяся спора, прорастая, дает начало одной зооспоре (или миксамебе). Миксамёбы передвигаются с помощью двух апикальных гладких жгутиков разной длины, из которых длинный - направлен вперед (в сторону движения), а короткий – назад. Достигая корневого волоска подходящего хозяина, миксамёба прикрепляется к нему, и цитоплазма паразита переливается в клетку эпидермиса. В клетке эпидермиса гаплоидные одноядерные миксамебы сливаются в гаплоидный плазмодий. После этого плазмодий растёт, делится, распространяется из клетки в клетку. Позже он распадается на одноядерные фрагменты. Они округляются, окружаются тонкой стенкой и превращаются в летние спорангии, ядра в них 2-3 раза делятся. Сформировавшийся летний спорангий распадается на двухжгутиковые зооспоры или гаметы. Гаметы выходят из корневого волоска в почву. Они попарно сливаются, а образовавшаяся двухъядерная клетка заражает корень растения и дает начало вторичному плазмодию. В нём после ряда митотических делений образуются многочисленные ядра, которые затем попарно сливаются. После этого диплоидные ядра редукционно делятся, и плазмодий распадается на фрагменты, содержащие по одному гаплоидному ядру, окружаются клеточными стенками и становятся покоящимися спорами. В описанном цикле развития иногда наблюдались отклонения.



Этапы жизненного цикла *Plasmodiophora brassicae*:

8.1. - внешний вид больной корневой системы капусты; 8.2. – прорастание покоящейся споры с выходом зооспоры; 8.3. - две зооспоры; 8.4. – заражение клетки корневого волоска: внедряющаяся зооспора (1) и миксамёбы (2); 8.5. - схема внедрения в корневой волосок: А - инцистированная зооспора с трубкой (Т), шипом (Ш) и вакуолью перед внедрением заполнена цитоплазмой (ЦП), в которой содержатся липидные зёрна (Л); Б - увеличение вакуоли и образование адгезория (АД); В - шип продавливается через клеточную стенку хозяина (СХ); Г - цитоплазма паразита внедряется в цитоплазму хозяина (ЦХ); 8.6. - перемещение плазмодия из клетки в клетку; 8.7. - *Plasmodiophora brassicae* в клетках поражённого корня: 1- здоровые клетки; 2 - поражённые (гипертрофированные) клетки, заполненные плазмодиями (3) и покоящимися спорами (4).

Задание: Рассмотреть постоянный препарат, отличить клетки растения и поражённые клетки, внутри которых находится грибок.

Список использованных источников и литературы:

Гарибова, Л., Лекомцева, С. (2018). Основы микологии. Морфология и систематика грибов и грибоподобных организмов. ЛитРес.

Горленко М.В., Соколов Д.В. Жизнь растений (в 6 томах). том 2 Грибы. – М.: Просвещение, 1976.- 479 с.

Дьякова Ю.Т. (Под ред.). Ботаника: Курс альгологии и микологии: Учебник. - М.: Изд-во МГУ, 2007. - 559 с.

Крюков, В. Ю., Леднев, Г. Р., Дубовский, И. М., Серебров, В. В., Левченко, М. В., Ходырев, В. П., ... & Глухов, В. В. (2007). Перспективы применения энтомопатогенных гифомицетов (Deuteromycota, Nuyphomycetes) для регуляции численности насекомых. Евразийский энтомологический журнал, 6(2), 195-204.

Собченко, В. А., Храменкова, О. М., Бачура, Ю. М., & Цуриков, А. Г. (2009). Альгология и микология: грибы и грибоподобные организмы.

Чикин, Ю. А. (2001). Общая фитопатология. Томск: Томск. гос. ун-т.

Bulletin OEPP/EPPO Bulletin (2017) 47 (3), 420–440 ISSN 0250-8052. DOI: 10.1111/epp.12441 European and Mediterranean Plant Protection Organization Organisation Europe'enne et Me'diterrane'enne pour la Protection des Plantes PM 7/28 (2) PM 7/28 (2) Synchronium endobioticum.

Doolittle RF, Feng DF, Tsang S, Cho G, Little E. Determining divergence times of the major kingdoms of living organisms with a protein clock. Science. 1996 Jan 26;271(5248):470-7. doi: 10.1126/science.271.5248.470. PMID: 8560259.

Chaves, M. S., Martinelli, J. A., Wesp-Guterres, C., Graichen, F. A. S., Brammer, S. P., Scagliusi, S. M., ... & Chaves, A. L. S. (2013). The importance for food security of maintaining rust resistance in wheat. Food security, 5(2), 157-176.

Cortez, V. G., Baseia, I. G., & Silveira, R. M. B. (2013). Gasteroid mycobiota of Rio Grande do Sul, Brazil: Lycoperdon and Vascellum. *Mycosphere*, 4(4), 745-758.

Elfar, K., Bustamante, M. I., Arreguin, M., Nouri, M. T., & Eskalen, A. (2023). Identification and pathogenicity of *Alternaria* species causing leaf blotch and fruit spot of apple in California. *Phytopathologia Mediterranea*, 62(3), 467-479.

Farout, M. (2019). The interaction between metabolism and the plasma membrane potential, and intracellular pH. Lancaster University (United Kingdom).

Ibrahim, O. O., & Menkovska, M. (2019). The nature, sources, detections and regulations of mycotoxins that contaminate foods and feeds causing health hazards for both human and animals. *J. Agric. Chem. Environ*, 8(1), 33-57.

Hibbett, D. S., Binder, M., Bischoff, J. F., Blackwell, M., Cannon, P. F., Eriksson, O. E., ... & Zhang, N. (2007). A higher-level phylogenetic classification of the Fungi. *Mycological research*, 111(5), 509-547.

Leslie, J. F., Summerell, B. A., & Bullock, S. (2006). The *Fusarium* laboratory manual (Vol. 2, No. 10). Ames, IA: Blackwell Pub.

Meeboon, J., Takamatsu, S. *Erysiphe havrylenkoana* and *E. prunastri* var. *japonica*: a new species and a new variety of *Erysiphe* sect. *Uncinula* (Erysiphaceae, Ascomycota). *Mycol Progress* 12, 277–282 (2013). <https://doi.org/10.1007/s11557-012-0832-z>

Medel, R., Castillo, R., Marmolejo, J., & Baeza, Y. (2013). Análisis de la familia Pezizaceae (Pezizales: Ascomycota) en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 84, S21-S38.

Moon, J. S., Lee, H. B., & Lee, J. S. (2024). First Report of Gray Mold in Stringy Stonecrop Caused by *Botrytis cinerea*. *Korean Journal of Mycology*, 52(1).

Oh, N. K., Hassan, O., & Chang, T. (2020). First Report on Plum Pocket Caused by *Taphrina deformans* in South Korea. *Mycobiology*, 48(6), 522–527. <https://doi.org/10.1080/12298093.2020.1816872>

Ocaña-Pallarès, E., Williams, T.A., López-Escardó, D. et al. Divergent genomic trajectories predate the origin of animals and fungi. *Nature* 609, 747–753 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05110-4>

Ortiz-Urquiza, A., Fan, Y., Garrett, T., & Keyhani, N. O. (2016). Growth substrates and caleosin-mediated functions affect conidial virulence in the insect pathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Microbiology*, 162(11), 1913-1921.

Palumbo, C. D. (2019). Investigation of Cold Stress Induced Disease Resistance (SIDR) in Grapevines and Arabidopsis. Rochester Institute of Technology.

Petrasch, S., Knapp, S.J., van Kan, J.A.L. and Blanco-Ulate, B. (2019), Grey mould of strawberry, a devastating disease caused by the ubiquitous necrotrophic fungal pathogen *Botrytis cinerea*. *Molecular Plant Pathology*, 20: 877-892. <https://doi.org/10.1111/mpp.12794>

Saville, B. J., Donaldson, M. E., & Doyle, C. E. (2012). Investigating host induced meiosis in a fungal plant pathogen. *Meiosis-molecular mechanisms and cytogenetic diversity*, 22, 411-460.

Sawant, A. M., Navale, V. D., & Vamkudoth, K. R. (2023). Isolation and Molecular Characterization of Indigenous *Penicillium chrysogenum/rubens* Strain Portfolio for Penicillin V Production. *Microorganisms*, 11(5), 1132. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11051132>

Schaechter, M. (Ed.). (2010). *Desk encyclopedia of microbiology*. Academic Press.

Schwelm, A., Fogelqvist, J., Knaust, A. et al. The *Plasmodiophora brassicae* genome reveals insights in its life cycle and ancestry of chitin synthases. *Sci Rep* 5, 11153 (2015). <https://doi.org/10.1038/srep11153>

Smith, K., Draper, M., Simmons, K., Bennett, R., Hebbar, P., Royer, M., & Murray, T. (2009). US preparations for potential introduction of Ug99 strains of wheat stem rust. *Outlooks on Pest Management*, 20(4), 148-152.

Tanaka, E., Tanada, K., Hosoe, T., Shrestha, B., Kolařík, M., & Liu, M. (2023). In search of lost ergots: phylogenetic re-evaluation of *Claviceps* species in Japan and their biogeographic patterns revealed. *Studies in mycology*, 106(1), 1-39.

Tedersoo, L., Sánchez-Ramírez, S., Kõljalg, U., Bahram, M., Döring, M., Schigel, D., ... & Abarenkov, K. (2018). High-level classification of the Fungi and a tool for evolutionary ecological analyses. *Fungal diversity*, 90(1), 135-159.

Vega, F. E., Meyling, N. V., Luangsa-ard, J. J., & Blackwell, M. (2012). Fungal entomopathogens. *Insect pathology*, 2, 171-220.

Wijayawardene, N. N., Hyde, K. D., Al-Ani, L. K. T., Tedersoo, L., Haelewaters, D., Rajeshkumar, K. C., ... & Castañeda-Ruiz, R. F. (2020). Outline of Fungi and fungus-like taxa. *Mycosphere Online: Journal of Fungal Biology*, 11(1), 1060-1456.

Yüceer, S., Görmez, A.E., Talapov, T. et al. Identification and Resistance Profiling of *Fusarium* Species in Maize Cultivation Areas of Türkiye. *Journal of Crop Health* 77, 189 (2025). <https://doi.org/10.1007/s10343-025-01259-w>

Zhu, X. Q., & Xiao, C. L. (2015). Phylogenetic, morphological, and pathogenic characterization of *Alternaria* species associated with fruit rot of blueberry in California. *Phytopathology*, 105(12), 1555-1567.

<https://botany.cz/cs/taphrina-pruni>

<http://fishbiosystem.ru/Fungi>

<https://kazakhstan.cropsscience.bayer.com>

<https://www.mycodb.fr>

<https://www.pesticidy.ru>

<https://www.outerhebridesfungi.co.uk>