
СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Тема 1. ОТДЕЛ ХИТРИДИОМИКОТА (CHYTRIDIOMYCOTA)	
Класс Хитридиомицеты (Chytridiomycetes).....	6
Лабораторная работа № 1	
Порядок Хитридиевые (Chytridiales).....	7
Тема 2. ОТДЕЛ ООМИКОТА (OOMYCOTA)	
Класс Оомицеты (Oomycetes)	10
Лабораторная работа № 2	
Порядок Сапролегниевые (Saprolegniales)	
Порядок Пероноспоровые (Peronosporales)	10
Тема 3. ОТДЕЛ ЗИГОМИКОТА (ZYGOMYCOTA)	
Класс Зигомицеты (Zygomycetes)	18
Лабораторная работа № 3	
Порядок Мукоровые (Mucorales)	
Порядок Энтомофторовые (Entomophthorales)	18
ЛИТЕРАТУРА.....	26

ВВЕДЕНИЕ

Данное практическое пособие написано в соответствии с типовой программой по микологии для студентов биологических факультетов университетов.

Основная задача учебного издания – дать представление о характерных особенностях строения, жизнедеятельности, принципах классификации условно выделенных низших грибов, их роли в природе и народном хозяйстве.

Методика постановки практических работ данного пособия предусматривает освоение разнообразных методов микро- и макро-скопических исследований как живых организмов, так и фиксированных материалов, самостоятельного изготовления микропрепаратов, их зарисовки и анализа полученных результатов.

Структура каждого занятия приближена к учебно-исследовательскому эксперименту, что способствует формированию у студентов навыков самостоятельных исследований, овладению приемами работы с оптическими приборами. Изложены основные теоретические вопросы изучаемых тем, которые помогут студентам при выполнении лабораторных работ. Сформулированы конкретные задания по каждой теме. Даны методические указания относительно приготовления препаратов, последовательности проведения работы и оформления результатов. В конце каждой работы представлены вопросы и задания для самоконтроля, с помощью которых студенты могут проверить свои знания по теме.

Практическое пособие хорошо иллюстрировано, что дает студенту возможность не только понять объект и скорректировать свой рисунок, но и овладеть общими приемами научного рисунка.

ЦАРСТВО ГРИБЫ (*FUNGI*)

Грибы – группа гетеротрофных организмов, насчитывающих около 100 тыс. видов. Они весьма разнообразны по внешнему виду, местам обитания и физиологическим функциям. С животными их сближает гетеро-трофность, накопление гликогена, образование и выделение мочевины, наличие в клеточной стенке хитина. С другой стороны, для них характерно поглощение пищи путем осмоса, размножение спорами, неограниченный рост, чем они напоминают растения.

По строению вегетативного тела царство Грибы подразделяют на два подцарства: Настоящие Грибы (*Mycobionta*) и Слизевики, или Миксомицеты (*Mухobionta*).

ПОДЦАРСТВО НАСТОЯЩИЕ ГРИБЫ (*МУСОВІОНТА*)

Основой вегетативного тела большинства настоящих грибов является мицелий, состоящий из тонких бесцветных трубчатых нитей, или гиф, с верхушечным ростом и боковым ветвлением. Каждая его гифа окружена тонкой жесткой стенкой, основным компонентом которой является хитин – азотсодержащий полисахарид. У некоторых представителей в состав клеточной стенки входит целлюлоза. В клетке гриба есть митохондрии; лизосомы с протеолитическими ферментами, осуществляющими расщепление белков; вакуоли, содержащие запасные питательные вещества – волютин, липиды, гликоген, жирные кислоты. Крахмал в клетках не образуется. Имеется также от одного до нескольких ядер.

Классификация грибов основана на использовании комплекса признаков, из которых ведущими являются количество, строение и расположение жгутиков у грибов с подвижными стадиями развития, характер развития спор полового размножения, типы полового процесса и бесполого размножения, состав полисахаридов клеточных стенок.

Тема 1

ОТДЕЛ ХИТРИДИОМИКОТА (*CHYTRIDIOMYCOTA*)

Класс Хитридиомицеты (*Chytridiomycetes*)

К хитридиомицетам относятся микроскопически мелкие грибы – самые простые по степени развития вегетативного тела, представленного голой плазменной массой, похожей на плазмодий слизевиков, или слабо развитым мицелием (ризимицелием) в виде тонких, простых или ветвящихся безъядерных нитей, отходящих от основной округлой или удлинённой клетки таллома. Ризимицелий служит для прикрепления таллома к субстрату и поглощения из него питательных веществ. В состав клеточной стенки хитридиомицетов входит до 60% хитина.

Бесполое размножение осуществляется зооспорами различного строения и формы. При неблагоприятных условиях у отдельных представителей зооспоры могут функционировать как гаметы.

Половой процесс изо-, гетеро- или оогамный, а у некоторых видов он осуществляется по типу соматогамии. В последнем случае в половом процессе участвуют две соматические (вегетативные) клетки, у которых не происходит дифференциации их содержимого на гаметы. У примитивных хитридиевых грибов соматогамия протекает в форме хологамии. Гаметы образуются в гаметангиях. Зигота превращается в покоящуюся клетку – цисту – с толстой оболочкой и густой цитоплазмой. Цисты иногда могут образоваться и без полового процесса. После периода покоя циста прорастает зооспорангием.

Большинство хитридиевых грибов – паразиты пресноводных и морских водорослей, водных грибов, высших водных растений и животных, обитающих в воде. Только незначительная часть развивается сапротрофно на растительных и животных остатках. Многие представители этого класса паразитируют на высших наземных растениях, однако их успешное развитие происходит только при сильном и даже избыточном увлажнении почвы. Очевидна их роль в изменении биологической продуктивности водоемов, так как многие морские формы вызывают эпидемии водорослей, особенно диатомовых.

Класс включает 3 порядка: Хитридиевые, Бластокладиевые и Моноблефаридовые, различающиеся, главным образом, степенью развития таллома и типом полового процесса.

Лабораторная работа № 1
Порядок Хитридиевые (*Chytridiales*)

К этому порядку относятся грибы, вегетативное тело которых представлено голой плазменной или овальной массой, округлой или цилиндрической клеткой, покрытой оболочкой, от которой отходит более или менее развитый мицелий.

Бесполое размножение осуществляется одножгутиковыми зооспорами, формирующимися обычно в тонкостенных зооспорангиях. Примитивность строения хитридиевых обусловлена образом жизни: большинство из них являются внутриклеточными паразитами водных, реже наземных растений. Многие развиваются сапротрофно на растительных и животных остатках. В Беларуси известно несколько родов и более 10 видов. Большое практическое значение имеют и хорошо изучены виды родов ольпидий и синхитрий.

Род ольпидий (Olpidium) включает грибы с одноклеточным вегетативным телом (плазмодием), развивающимся в тканях растений. Известно более 20 видов, распространенных в Евразии и в Северной Америке. В Беларуси обнаружено 2 вида. Грибы поражают растения капусты, льна, огурцов, помидоров, клевера, пшеницы и др. Наиболее широко распространенным представителем является *O. brassicae* – один из возбудителей заболевания рассады капусты, известного под названием «черная ножка» (рис. 1). Зооспора этого гриба, имеющая длинный гладкий жгутик, прикрепленный сзади, при попадании на поверхность корня, одевается оболочкой, переливает свое содержимое в эпидермальную клетку хозяина. Паразит может проникать и в более глубоко расположенные клетки первичной коры. Ядро его многократно делится, он становится многоядерным, одевается оболочкой и превращается целиком в зооспорангий. Последний образует длинное горлышко, через которое образовавшиеся зооспоры выходят наружу и производят новые заражения растений. При неблагоприятных условиях зооспоры из разных зооспорангиев попарно копулируют, образуя двухжгутиковую зиготу, которая проникает в клетку хозяина, увеличивается, покрывается плотной оболочкой и превращается в цисту, прорастающую многочисленными зооспорами лишь после периода покоя. Заражение растений происходит обычно после появления семядолей или первых листьев, главным образом, в парниках в случае избыточной влажности.

«Черная ножка» капусты проявляется на рассаде разного возраста в виде потемнения корневой шейки или прикорневой части стебля. Корневая шейка у таких растений размягчается, чернеет, резко утончается и загнивает.

Другой род хитридиевых грибов, имеющих особо важное практическое значение, – синхитрий (*Synchytrium*). Вегетативное тело гриба (плазмодий) желтое или красноватое, редко бесцветное, развивается в тканях растений. Основное отличие этого рода от ранее описанного заключается в том, что в цикле развития видов этого рода вместо одного зооспорангия развивается от 5 до 9, скученных вместе, – формируется сорус. Известно более 200 видов,

распространенных на всех материках земного шара. В Беларуси отмечено 5 видов. Часто встречаются *S. пролесковый* (*S. mercuralis*), *S. ветреницевый* (*S. anemones*), *S. одуванчиковый* (*S. taraxaci*).

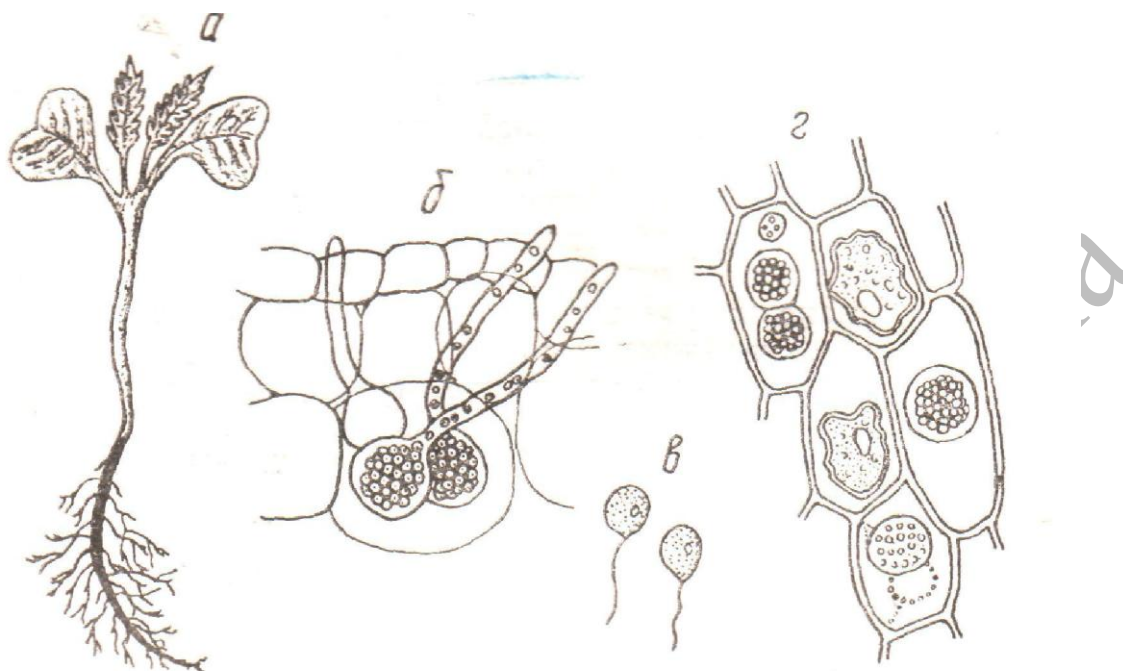


Рис. 1. *Olpidium brassicae*:

**а – заболевание «черная ножка» рассады
капусты; б – зооспорангии в клетках ткани
капусты; в – зооспоры; г – покоящиеся споры
в клетках хозяина.**

Большой интерес представляет синхитрий внутриклеточный (*S. endobioticum*), вызывающий болезнь картофеля, известную под названием «рак картофеля» (рис. 2).

Цикл развития происходит следующим образом. Зооспора попадает на молодой клубень, переливает в клетку эпидермиса свое содержимое, клетка разрастается, а соседние клетки эпидермиса и мякоти клубня начинают усиленно делиться, оболочки их одревесневают. Паразит внутри клетки увеличивается в размерах и превращается в летнюю цисту. Она вскоре прорастает, образуя в выросте или пузыре, выходящим из нее, сорус зооспорангиев. После выхода зооспоры могут заражать другие клетки клубня и другие клубни. В течение лета образование зооспор может происходить неоднократно. Осенью в клубнях образуются покоящиеся цисты, которые в них зимуют, могут очень долго сохраняться в почве (до 20 лет) и при благоприятных условиях прорастают, образуя зооспоры.

На пораженных растениях картофеля появляются вздутия и галлы, происходит деформация органов. Размеры наростов часто превышают величину клубня. Раковые наросты легко загнивают и разрушаются, вызывая гниль в здоровой части клубня.

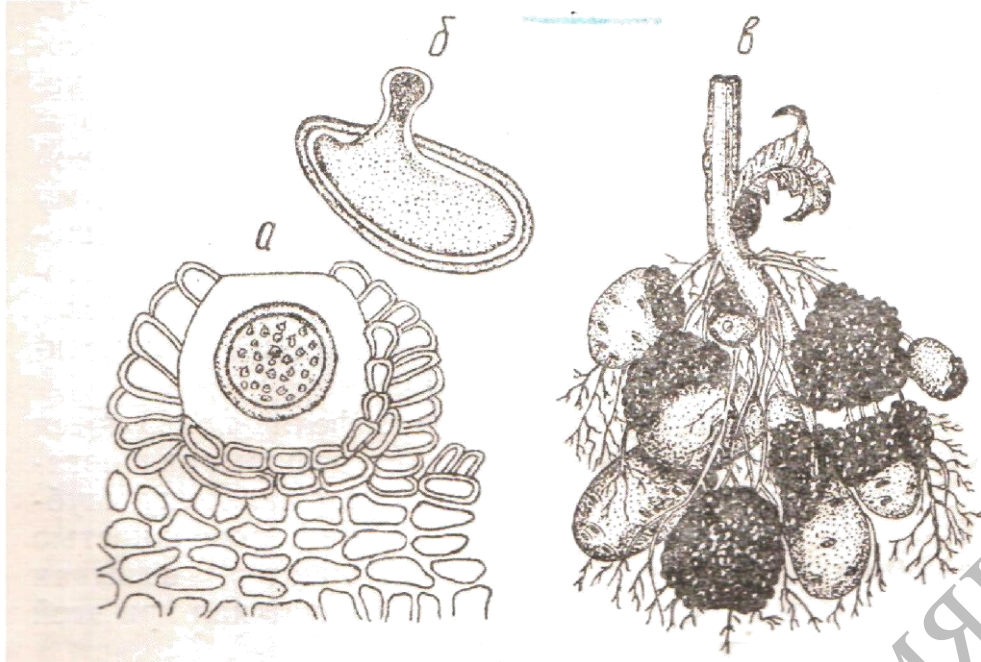


Рис. 2. *Synchronium endobioticum*:
 а – циста в клетке растения-хозяина;
 б – прорастание цисты пузыревидным выростом; в – рак картофеля (внешний вид пораженных клубней и столонов).

Задания

1. Рассмотреть рассаду капусты, пораженную ольпидием.
2. Через место поражения сделать поперечный срез, рассмотреть под микроскопом и зарисовать возбудителя «черной ножки» на разных стадиях развития (комочки цитоплазмы, зооспорангий).
3. Изобразить схематически цикл развития ольпидия.
4. На пораженных грибом *Synchronium* клубнях рассмотреть внешнее проявление рака картофеля. Зарисовать общий вид пораженного клубня.
5. Кусочек пораженной ткани картофеля поместить на предметное стекло в каплю воды, размять тупым концом препаровальной иглы, накрыть покровным стеклом и рассмотреть при большом увеличении микроскопа. Зарисовать покоящиеся споры – толстостенные цисты.
6. Нарисовать схему цикла развития синхитрия.

Вопросы для самоконтроля

1. Образ жизни и особенности строения вегетативного тела хитридиомицетов.
2. Размножение хитридиевых грибов.
3. Цикл развития ольпидия капустного – возбудителя «черной ножки» капусты и синхитрия внутриклеточного – возбудителя рака картофеля.

Тема 2

ОТДЕЛ ООМИКОТА (ООМУСОТА)

Класс Оомицеты (*Oomycetes*)

Оомицеты имеют хорошо развитый многоядерный несептированный мицелий. В состав клеточной стенки входят целлюлоза и глюканы. Бесполое размножение осуществляется двухжгутиковыми зооспорами, реже конидиями. Половой процесс преимущественно оогамный.

Оомицеты обитают в воде и на суше. Среди них имеются как паразиты водорослей, водных животных и высших наземных растений, так и сапротрофы.

Оомицеты в своем происхождении связывают с водорослями, в частности с разножгутиковыми. У них аналогичный жгутиковый аппарат, в клеточной стенке содержится целлюлоза, сходны пути биосинтеза лизина. У оомицетов, в отличие от других грибов, кристы митохондрий имеют трубчатое строение.

В состав класса входит 4 порядка, около 70 родов и свыше 550 видов. Наибольший интерес представляют 2 порядка – Сапролегниевые и Пероноспоровые.

Лабораторная работа № 2

*Порядок Сапролегниевые (*Saprolegniales*)*

*Порядок Пероноспоровые (*Peronosporales*)*

У представителей *порядка Сапролегниевые* обычно хорошо развит несептированный мицелий, имеющий два типа гиф. Тонкие разветвленные (ризоидные) гифы прорастают в субстрат, а более толстые развиваются над субстратом и несут органы бесполого и полового размножения – зооспорангии, оогонии и антеридии. Зооспоры – с двумя жгутиками: бичевидным и перистым. При этом у ряда грибов наблюдается дипланетизм (размножение зооспорами в две стадии). Зооспоры каждой стадии различаются по внешнему виду: первичные, как правило, бывают грушевидной, а вторичные – почковидной формы.

Половой процесс оогамный. Важное систематическое значение имеет взаимное расположение оогонии и антеридии. Они могут развиваться на одной или на разных ветвях мицелия. Есть и гетероталлические формы.

Первые описания и изображения мицелиальных сапролегниевых грибов относятся ко второй половине XVIII века. Обитают эти грибы преимущественно в пресных водоемах. Большинство из них живут

как сапротрофы на растительных и животных остатках. Некоторые паразитируют на водорослях, водных грибах, икре рыб и лягушек, молоди рыб. Издавна известна их вредоносность при разведении рыб.

Порядок представлен 32 родами и 150 видами.

Род сапролегния (Saprolegnia) включает грибы с хорошо развитым, дифференцированным на ризоидальные и вегетативные гифы мицелием. Концы некоторых гиф булабовидно вздуты и имеют более густую, темную, зернистую цитоплазму, которая отделяется перегородкой. Так образуется зооспорангий. После выхода из него через отверстие первичных зооспор в опустевший зооспорангий снизу может вращать новый зооспорангий от той же гифы, и процесс вращания (пролиферация) может повторяться несколько раз (рис. 3). Первичные зооспоры грушевидной формы с двумя жгутиками на переднем конце после выхода из зооспорангия превращаются в цисту. Через некоторое время из цисты выходят вторичные зооспоры почковидной формы, способные прорасти в новый мицелий.

Антеридии плотно прилегают к оогонию и образуют отростки, проникающие через поры оболочки к яйцеклеткам. По отросткам содержимое антеридия перетекает в яйцеклетку. После оплодотворения формируются ооспоры.

Известно несколько десятков видов, распространенных в водоемах по всему земному шару. Сапролегнии развиваются сапротрофно на отмерших насекомых и редко на остатках водных растений. Некоторые сапролегнии являются паразитами рыб, раков и других водных животных, вызывая у них сапролегниоз. Наиболее известные представители – *S. паразитная (S. parasitica)*, *S. смешанная (S. mixta)* и *S. плодоносная (S. ferax)*.

Порядок Пероноспоровые (Peronosporales)

Порядок объединяет преимущественно наземные грибы с хорошо развитым, ветвящимся, несептированным мицелием.

У низших представителей мицелий простирается как на поверхности, так и внутри субстрата, его питание осуществляется всей поверхностью гиф.

У более высокоорганизованных грибов мицелий межклеточный (эндофитный); его питание осуществляется посредством гаусторий. Размножаются пероноспоровые бесполом и половым путями.

Бесполое размножение осуществляется зооспорами почковидной формы, у наиболее высоко организованных образуются конидии и хламидоспоры.

Половой процесс оогамный или анизогамная гаметангиогамия. В оогонии содержится одна яйцеклетка. После ее оплодотворения формируется ооспора с гладкой, бородавчатой или шиповатой оболочкой. Прорастает ооспора мицелиальным ростком либо зооспорангием.

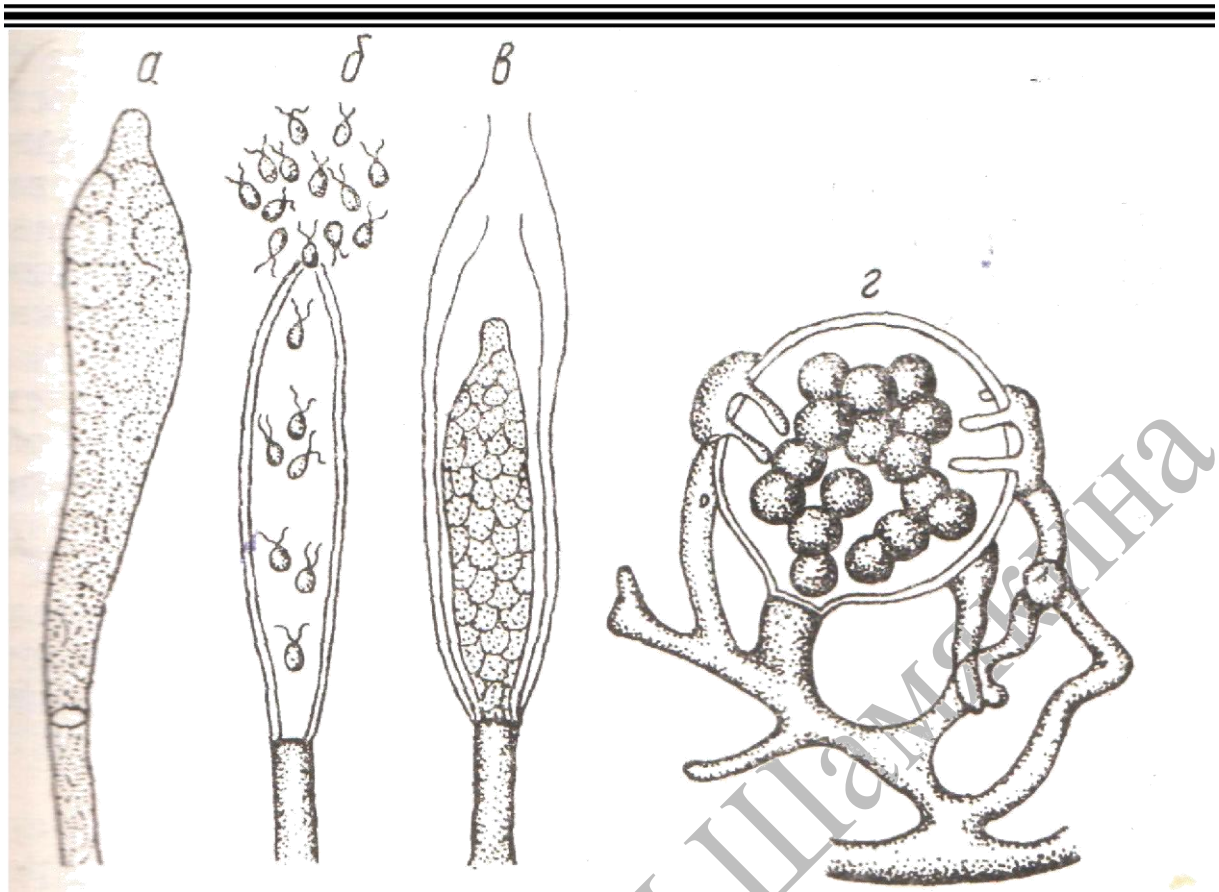


Рис. 3. Saprolegnia:

а – молодой зооспорангий; б – выход зооспор из зооспорангия; в – пролиферация зооспорангия; г – оогоний с яйцеклетками и антеридиями.

Порядок включает около 600 видов, в том числе в Беларуси их более 70. Среди них встречаются виды, ведущие водный (сапротрофы на органических остатках, паразиты водорослей) и наземный (паразиты высших растений) образ жизни. На этой группе грибов можно проследить эволюцию видов по линии их перехода от водного образа жизни к наземному и от сапротрофности к паразитизму. Например, у наземных грибов черты приспособленности к водному образу жизни сохранились и в настоящее время. Это проявляется в прорастании зооспорангиев только при наличии капельно-жидкой влаги, а в ее отсутствие спорангии функционируют как конидиоспоры.

Род фитофтора (Phytophthora) включает грибы с четко выраженным плеоморфизмом, обуславливающим образование различных стадий со сменой гаплоидной фазы диплоидной: мицелия, зооспорангиеносцев с зооспорангиями (конидиями), хламидоспор, зооспор, оогониев с антеридиями и ооспор. Эти стадии постоянны в цикле развития данной группы, за исключением

Ph. infestans, у которой половой процесс в большинстве своем редуцирован из-за приспособленности гриба сохраняться вегетативно в виде мицелия в клубнях картофеля.

Род насчитывает около 70 видов. Самые примитивные паразиты из этого рода могут длительное время существовать в почве, заселяясь на растительных остатках. Они заражают растения через пораженные места, выделяют сильные токсины, разрушающие клетки и ткани хозяев. Специализация их в отношении видов растений-хозяев и поражаемых органов и тканей очень широкая.

Мицелий хорошо развитый, ветвящийся, белый, паутинистый, с разветвленными гаусториями, которые проникают в клетки мезофилла и высасывают из них питательные вещества. Спорангиеносцы крупные, простые или слабоветвленные. На субстрате они образуют плотный беловатый или буроватый налет. В присутствии капельно-жидкой среды на боковых веточках спорангиеносцев формируются лимонovidные зооспорангии, внутри которых развивается двухжгутиковые зооспоры. Зооспоры прорастают в гифы, внедряющиеся через устьица в ткань листа и заражающие растение-хозяина.

При недостатке влаги спорангии функционируют как конидии, то есть отваливаются и прорастают гифой.

В Беларуси описано около 10 видов этого рода. Наиболее известны *Ф. инфестанс* (*Ph. infestans*), *Ф. кокторум* (*Ph. sacorum*) и *Ф. земляничная* (*Ph. fragariae*). Фитофтора инфестанс – возбудитель болезни картофеля, известной под названием «фитофтороз» (рис. 4). Внешне заболевание проявляется в конце лета, когда на листьях картофеля возникают бурые пятна с беловатым налетом снизу листа. Осенью ботва чернеет и гниет.

На клубнях фитофтороз имеет вид твердых, слегка вдавленных пятен неправильной формы, окрашенных в бурый или серый цвет. Позже от пораженных мест в мякоть клубня распространяются слабо расплывчатые пятна или полосы светло-коричневого цвета. Больные клубни плохо хранятся и при высадке служат основным источником первичной инфекции на поле.

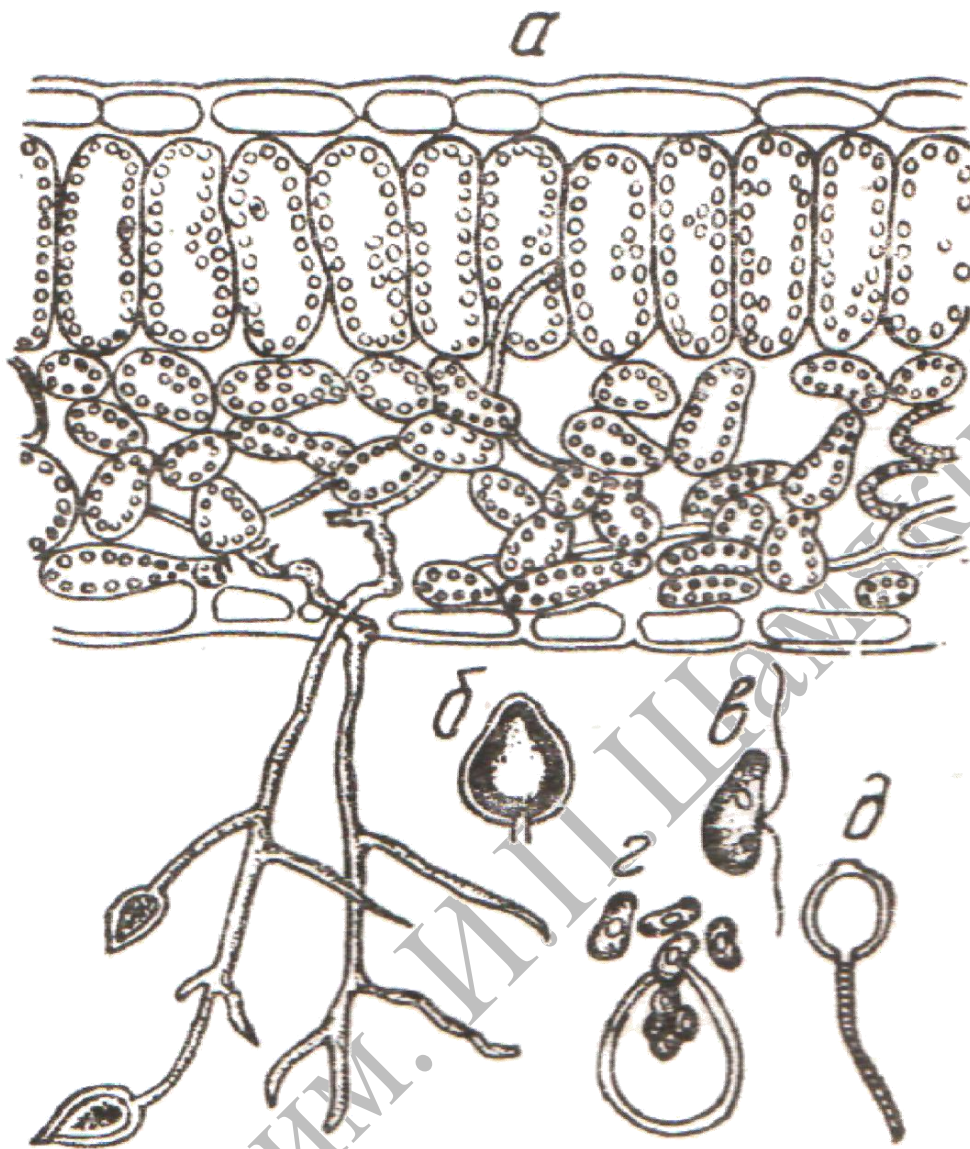


Рис. 4. *Phytophthora infestans*:

- а – разрез листа картофеля с выходящими из устьица конидиеносцами;
 б – конидия (зооспорангий);
 в – зооспора; г – прорастание зооспорангия;
 д – прорастание конидии гифой.

Род плазмодара (*Plasmodara*) объединяет облигатные (обязательные) паразиты, поражающие преимущественно травянистые растения, изредка кустарники. Заболевание проявляется диффузно, с поражением всего растения и сопровождается отставанием роста, карликовостью, или местно в виде угловатых, просветленных, как бы маслянистых, растекающихся вдоль жилок пятен на листьях, с белым, сероватым или буроватым налетом.

Хорошо развитый, ветвистый мицелий распространяется по межклетникам тканей и образует шаровидные или эллипсоидные гаустории. Спорангиеносцы древовидные, моноподиально разветвленные, выступают одиночно или пучками из устьиц на нижней стороне листа. Короткие боковые ветви отходят от спорангиеносца под прямым углом (родовой признак) и несут по одному овальному спорангию, прорастающему зооспорами (рис. 5).

Половой процесс – оогамный. Ооспора имеет многослойную оболочку. После периода покоя ооспора прорастает либо мицелием, либо спорангиеносцем со спорангием (конидиеносцем с конидиями).

Грибы вызывают опасную болезнь многих культурных и дикорастущих растений, называемую ложной мучнистой росой (пероноспороз). Известно несколько десятков видов, распространенных по всему земному шару. В Беларуси их около 10. Наиболее распространены П. винограда (*P. viticola*), вызывающая опасную болезнь винограда – милдь, П. снежная (*P. nivea*), развивающаяся на листьях растений семейства зонтичных, П. подсолнечника (*P. helianthi*), поражающая растения подсолнечника, начиная со всходов.

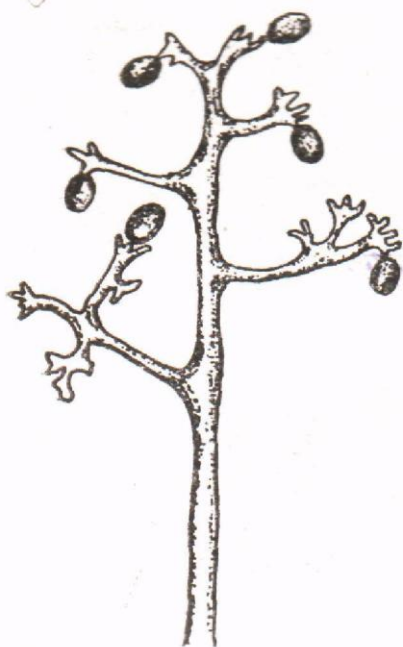


Рис. 5. *Plasmodium*.

Спорангиеносец со спорангиями

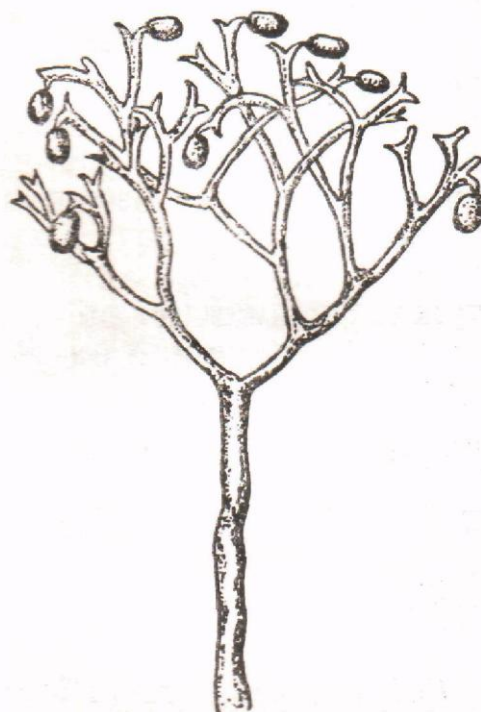


Рис. 6. *Peronospora*.

Конидиеносец с конидиями

Из видов плазмодары, поражающих культурные растения, менее вредоносны виды, паразитирующие на моркови, сельдерее, петрушке, пастернаке, а также на астрах и золотарнике.

Род пероноспора (Peronospora). Виды пероноспоры поражают только травянистые растения из многих семейств, вызывая ложную мучнистую

росу. Симптомы поражения местные и общие: пятна, налеты, деформации, карликовость. Эти грибы не вызывают поражения корней, преимущественно поражают листья как всходов, так и взрослых растений, некоторые виды приурочены к репродуктивным органам растений.

Мицелий разветвленный, межклеточный, с крупными гаусториями. Конидиеносцы имеют древовидную дихотомически разветвленную форму (рис. 6). На их коротких, заостренных, прямых или изогнутых ветках образуются одиночные конидии овальной или эллипсовидной формы. Прорастают конидии гифой. Оогонии и антеридии, а также ооспоры формируются внутри тканей растений-хозяев.

Известно около 300 видов. Наиболее вредоносные виды – П. табака (*P. tabacina*), П. капусты (*P. brassicae*), П. разрушительная (*P. destructor*) и др.

У рода *цистопус, или альбуго (Cystopus, или Albugo)*, мицелий разветвленный, межклеточный, с многочисленными шаровидными гаусториями. Вскоре после того, как мицелий обильно распространится внутри тканей пораженных растений, он переходит от вегетативного роста к размножению, бесполому и половому. Спорангиеносцы короткие, простые, булавовидные, формируются тесно скученными группами в виде сплошного слоя под эпидермисом листа. Округлые спорангии располагаются на спорангиеносцах в виде цепочек (рис. 7). После разрыва эпидермиса спорангии рассеиваются и прорастают двухжгутиковыми зооспорами. Ооспоры шаровидные, с толстой бурой оболочкой, прорастают зооспорами, редко мицелием со спорангием на конце.

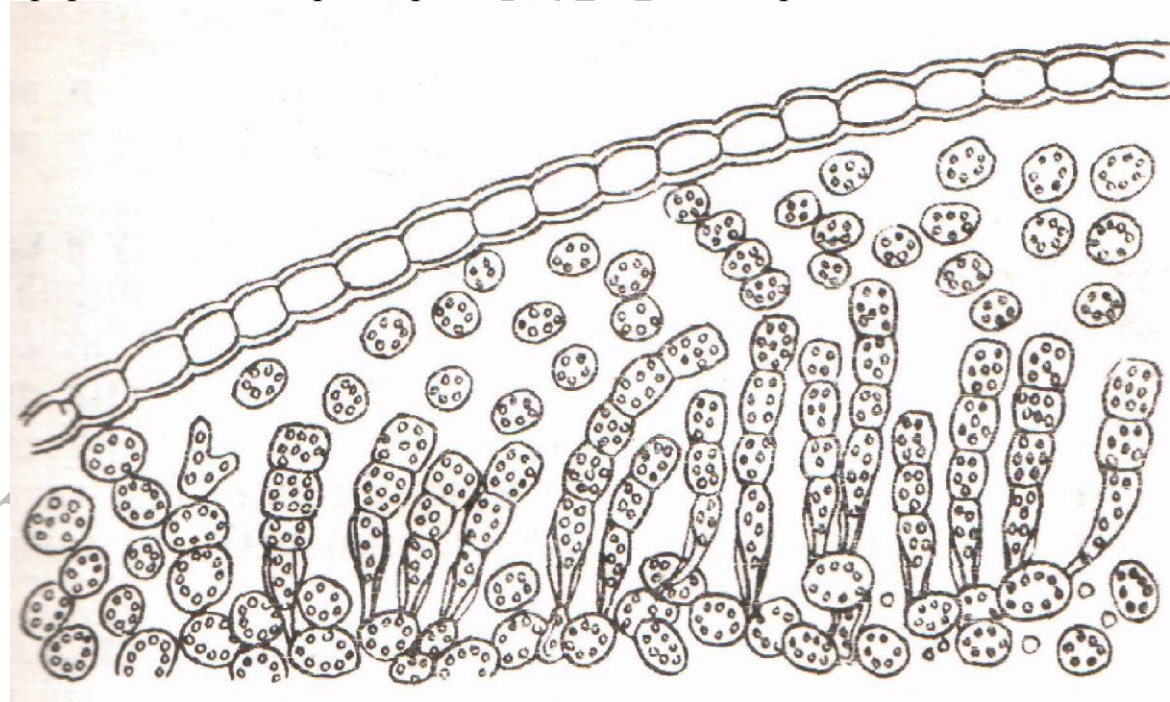


Рис. 7. *Cystopus candidus*.

Спорангиеносцы со спорангиями под эпидермисом листа

Род включает более 10 видов, распространенных в странах Европы, Америки, Африки. В Беларуси 5 видов, паразитирующих на растениях семейств сложно- и крестоцветных. Чаще других встречаются Ц. белый (*S. candidus*), Ц. козлотородниковый (*S. tragopogonis*), Ц. амарантовый (*S. bliti*).

Ц. белый вызывает уродливость у растений свыше 240 видов крестоцветных, поражая как дикорастущие, так и культивируемые растения. Гриб встречается на всех континентах, содержит морфологические разновидности и ряд специализированных форм, приуроченных к разным видам растений.

Задания

1. Рассмотреть мертвых мух, пораженных сапролегнией. Приготовить препарат. Небольшое количество пушка помещают в каплю воды на предметное стекло и рассматривают вначале при малом, затем при большом увеличении микроскопа. Изучить строение мицелия и зооспорангиев и зарисовать их. На готовом препарате найти, изучить и зарисовать оогонии, антеридии и ооспоры.

2. Рассмотреть пораженные фитофторой ботву и клубни картофеля. Приготовить водный препарат. Препаровальной иглой или лезвием соскоблить немного налета с нижней стороны листа в каплю воды на предметное стекло, накрыть покровным стеклом и рассмотреть при большом увеличении микроскопа. Изучить и зарисовать конидиеносцы (спорангиеносцы) и конидии (спорангии) возбудителя фитофтороза.

3. Рассмотреть пораженные плазмодарой листья сныти – *Aegopodium podagraria*. Приготовить водный препарат таким же способом, как и для фитофторы. Изучить и зарисовать спорангиеносцы и спорангии, оогонии, антеридии, ооспоры.

4. Рассмотреть стебли пастушьей сумки (*Capsella bursa pastoris*), пораженные цистопусом (*S. candidus*). Обратит внимание на симптомы заболевания.

5. Сделать поперечный срез через пораженные места стебля. Рассмотреть под микроскопом и зарисовать короткие, неветвящиеся спорангиеносцы, расположенные тесным слоем под приподнятым эпидермисом.

Вопросы для самоконтроля

1. Отличия оомицетов от других грибов.
2. Особенности строения органов бесполого размножения оомицетов в связи с их образом жизни.
3. Циклы развития сапролегнии и фитофторы.
4. Понятие дипланетизма.
5. Назвать пероноспорные грибы, являющиеся возбудителями опасных болезней культурных растений, перечислить меры борьбы с ними.

ТЕМА 3
ОТДЕЛ ЗИГОМИКОТА (*ZYGOMYCOTA*)
Класс Зигомицеты (*Zygomycetes*)

Грибы этого класса имеют хорошо развитый неклеточный мицелий, дифференцированный на столоны и ризоиды, с возрастом мицелий становится септированным. В состав клеточной стенки входят хитин, хитозан и глюканы. Жгутиковые стадии отсутствуют. Бесполое размножение осуществляется неподвижными спорангиоспорами или конидиями. Половой процесс – зигогамия, т. е. слияние содержимого двух не дифференцированных на гаметы многоядерных клеток (гаметангиев). Продукт оплодотворения – зигота, или зигоспора, – покрывается многослойной оболочкой и переходит в состояние покоя. После периода покоя зигоспора прорастает. При этом ее копуляционные диплоидные ядра редуционно делятся, и из зигоспоры вырастает росток грибницы, на вершине которого развивается зародышевый спорангий. Внутри такого спорангия формируется множество одноядерных гаплоидных спор, в отличие от многоядерных спор, возникших бесполом путем.

Большинство зигомицетов – почвенные сапротрофы. Имеются и паразитные формы.

Лабораторная работа № 3
Порядок Мукоровые (Mucorales)
Порядок Энтомофторовые (Entomophthorales)

Порядок Мукоровые (Mucorales). Таллом мукоровых грибов состоит из хорошо развитых ветвящихся гиф. Гифы обычно неокрашенные, и длина их колеблется от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров. Молодые развивающиеся гифы одноклеточные, и только у некоторых представителей многоклеточные (сем. кикселловых). У большинства мукоровых грибов поперечные перегородки в гифах образуются при старении культуры или только в местах локализации репродуктивных органов, имеют хорошо развитый нечленистый мицелий, достигающий в длину несколько сантиметров. Размножаются мукоровые бесполом и половым путями.

Бесполое размножение осуществляется спорангиоспорами и конидиями. Спорангиоспоры образуются в спорангиях, т. е. эндогенно. Типичные спорангии содержат 60–100 и более спор и располагаются на приподнятых над субстратом простых или разветвленных спорангиеносцах, которые заканчиваются шаро-, эллипсоидной, конической или грушевидной колонкой. Форма колонки служит важным систематическим признаком. Другой тип спороношения у этих грибов представлен постепенным переходом к типичной конидии. Здесь спорангии мелкие, шаровидные, без колонки, с исчезающей оболочкой, содержащие не более 4–5 спор. Это так называемые спорангиолы, в которых количество спор может быть доведено до одной. Эта спора срастается с оболочкой спорангиолы, и таким образом образуется конидия.

У одного и того же вида могут одновременно встречаться спорангии и спорангиолы. Бесполое размножение доминирует в цикле развития муконовых.

Половой процесс – зигогамия с образованием зигоспор. Большинство муконовых грибов ведут сапротрофный образ жизни в виде плесени на пищевых продуктах (преимущественно на плодах и овощах, реже на молочных продуктах, мясе, зерне). Некоторые представители ведут паразитический образ жизни. Ряд видов муконовых, обладающих высокой ферментативной активностью, используются в пищевой промышленности и в приготовлении спиртных напитков.

Порядок включает около 360 видов, распределяющихся в 8 семействах по признаку бесполого размножения. Типичными представителями порядка являются роды пилоболус, мукор, ризопус и другие.

Род пилоболус (Pilobolus) семейства Пилоболовые включает грибы с бесцветным разветвленным мицелием. Спорангии имеют полушаровидную форму и резко отбрасываются по направлению к источнику света, отлетая вместе с колонкой. Для этих грибов характерно развитие спорангиеносцев из трофоцист (особые клетки гиф субстратного мицелия) и вздутие их в верхней части (рис. 8).

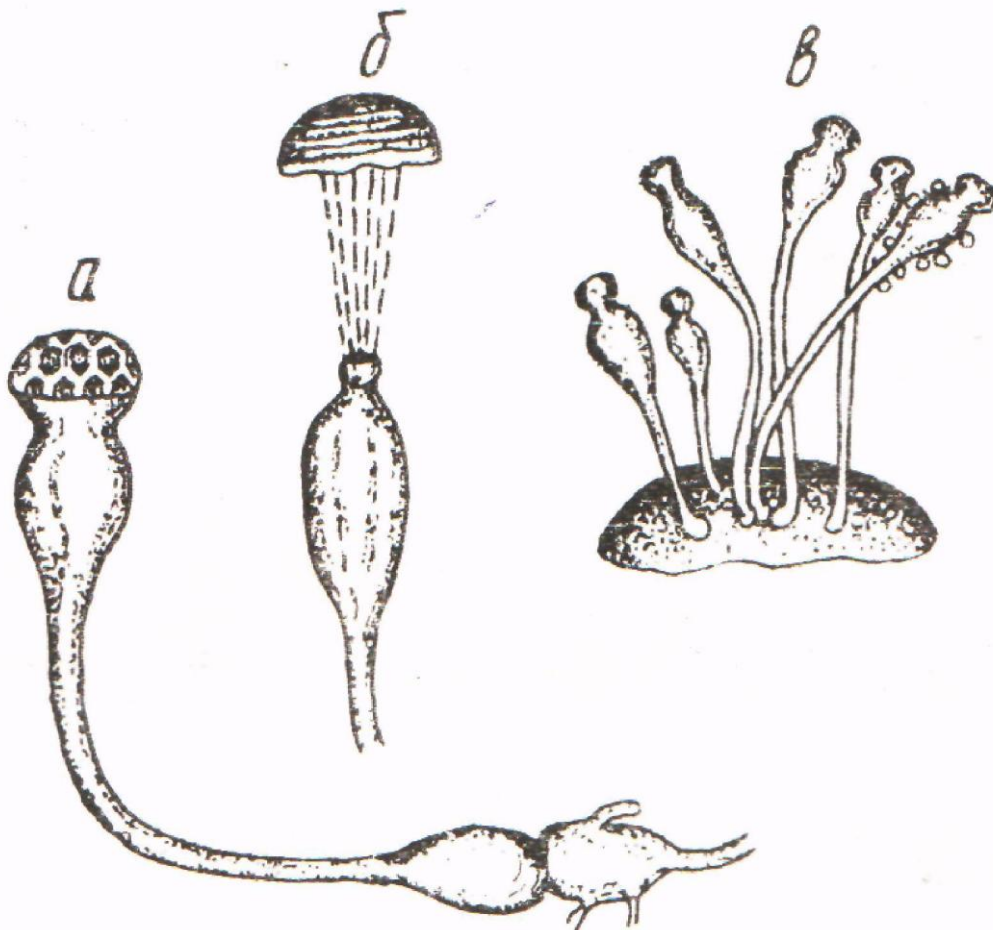


Рис. 8. Pilobolus:

*а – зрелый спорангиеносец;
б – отбрасывание спорангия;
в – общий вид.*

При созревании под действием тургорного давления спорангии с силой отбрасываются на расстояние более 1 м. Приклеившись к траве, спорангии вместе с ней попадают в пищеварительный тракт животных, где разрушаются. Освободившиеся при этом споры вместе с экскрементами выходят наружу и прорастают.

Известно 8 видов в зонах умеренного климата. В Беларуси распространены П. кристаллический (*P. crystallinus*) и П. росянистый (*P. roridus*), встречающиеся на конском навозе, где обильно развивают спороношение в утренние часы.

Род мукор (Mucor) и *род ризопус (Rhizopus)* относятся к семейству Мукоровые. Грибы некоторых видов этого семейства обладают высокой ферментативной активностью. Таковы ризопус малоспоровый, ризопус рисовый, мукор китайский, мукор кистевидный и др. Эти грибы используются в странах Азиатского континента в качестве компонента закваски или непосредственно для ферментативного производства сброженных продуктов питания из бобов сои, зерна злаков, а также для получения спирта из клубней картофеля. Некоторые мукоровые грибы вызывают микозы легких («ложный туберкулез»), головного мозга и других органов человека, сельскохозяйственных животных и домашних птиц, ассоциируются с гематурией и микотическим абортom у свиней, рогатого скота. Такой способностью, например, обладают мукор мелкий, ризопус Кона, ризопус рисовый. Эти грибы часто вызывают также плесневение, самосогревание, мокрую гниль кормов, заскирдованных во влажном состоянии, а также гниение зерна, различных мясистых плодов при хранении.

Род Мукор занимает центральное место в семействе и объединяет грибы с хорошо развитым ветвящимся мицелием, пронизывающим субстрат (рис. 9). Старые отмершие части мицелия отделяются от последнего перегородками. В жидких сахаристых субстратах часто распадается на оидии, способные почковаться. Имеются хламидоспоры.

Вверх от мицелия поднимаются спорангиеносцы со спорангиями в виде округлых шаровидных головок. Спорангии без апофизы, с колонкой и расплывающейся оболочкой. Споры, попав в благоприятные условия, дают начало новому поколению.

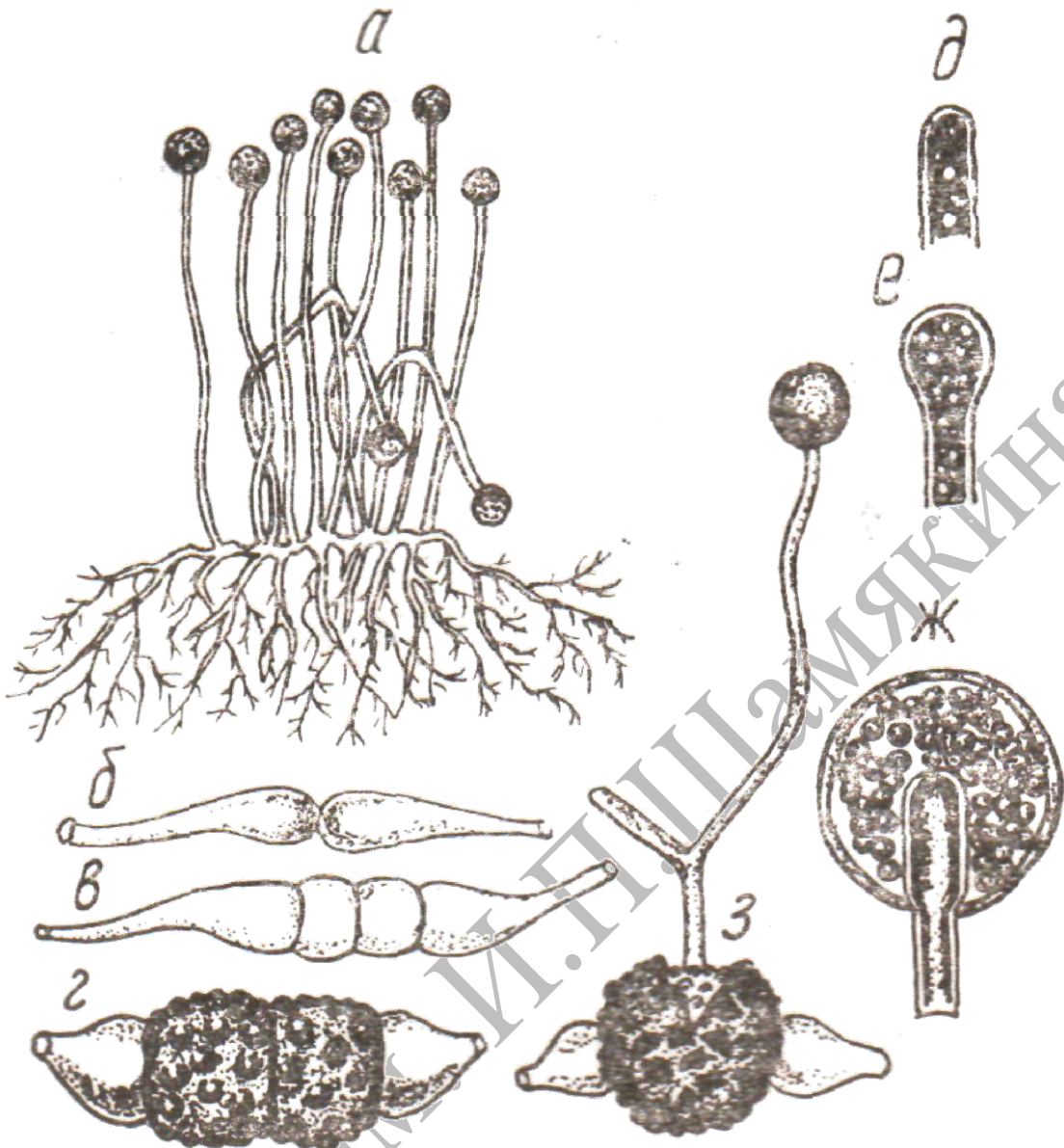


Рис. 9. Mucor mucedo:

а – мицелий со спорангиеносцами и спорангиями; б, в, г – половой процесс и развитие зиготы; д, е, ж – развитие спорангия; з – зрелая зигота и её прорастание.

При половом процессе между гифами образуются поперечные выросты (суспензоры), растущие навстречу друг другу (рис. 8, б, в, г). На концах этих выростов отделяются перегородками многоядерные клетки (гаметангии), при соприкосновении которых их содержимое сливается. При этом образуется зигота, внутри которой сливаются ядра. Зигота покрывается плотной многослойной, скульптурированной оболочкой и становится зигоспорой. Суспензоры, или подвески, остаются связанными с зиготой. Происходит редукционное деление ядра. После некоторого периода покоя зигоспора прорастает короткой гифой со спорангием на конце.

Типичными представителями являются *M. головчатый* (*M. mucedo*), *M. зимующий* (*M. hiemalis*), *M. серо-охристый* (*M. griseo-ochraceus*) и другие.

В дополнение к указанным уже видам этого рода необходимо отметить еще мукор романниановый (*M. ramannianus*). Этот гриб широко распространен в кислых лесных почвах. Отдельные культуры гриба образуют антибиотик рамицин.

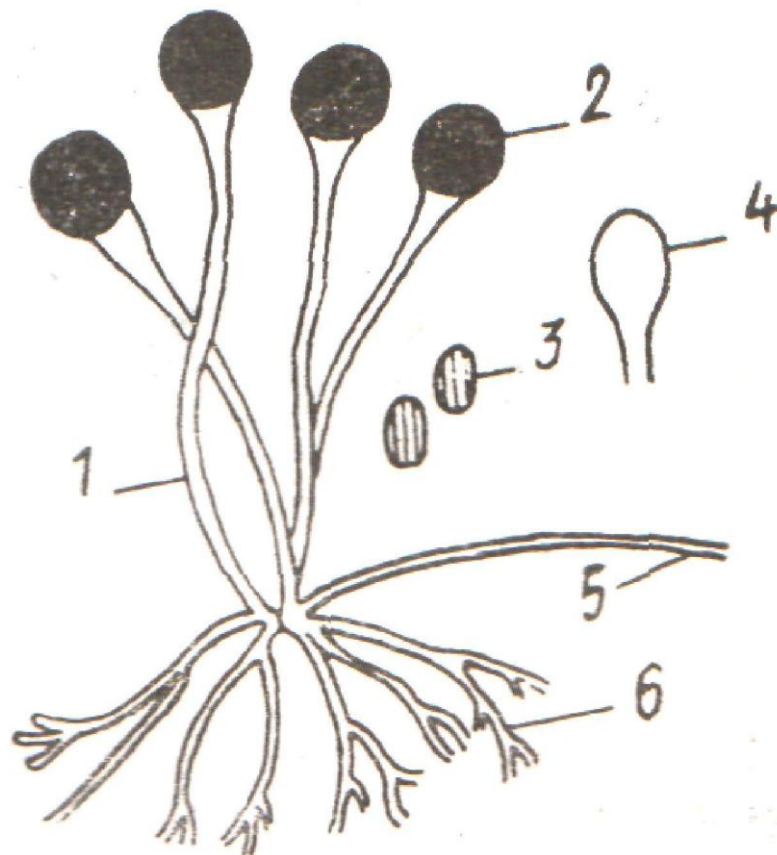


Рис. 10. *Rhizopus*:

- 1 – спорангиеносцы; 2 – спорангии; 3 – споры; 4 – колонка; 5 – столон; 6 – ризоиды.

Род (*Rhizopus*) содержит 11 видов. Колонии грибов образованы хорошо развитым воздушным мицелием, обычно дифференцированным на stolony, спорангиеносцы и ризоиды. Stolony – толстые, дуговидно изогнутые гифы. Спорангиеносцы простые, расположены на stolone пучками (по 2–4).

Спорангии (рис. 10) крупные, шаровидные, с колонкой, при созревании часто спадающиеся и приобретающие колокольчатую или грибовидную форму. Некоторые виды образуют хламидоспоры.

В Беларуси встречается 5 видов. Ризопусы развиваются сапротрофно, и только некоторые паразитируют. Наиболее распространенный вид *R. черный* (*Rh. nigricans*) – возбудитель черной, или хлебной, плесени. Кроме того, он поражает ягоды клубники и земляники, что сопровождается отмиранием завязи у цветков, а также может являться причиной мягкой гнили клубней картофеля.

Многие представители этого рода обладают высокой ферментативной активностью или образуют различные органические кислоты, благодаря чему находят практическое применение, особенно в странах Азии.

Порядок Энтомофторовые (*Entomophthorales*). В этот порядок входит одно семейство – энтомофторовые, почти все представители которого – паразиты насекомых. Энтомофторовые представляют наглядный пример перехода низших водных грибов к наземному образу жизни; на смену подвижным спорам у них появились конидии.

Грибы образуют внутри питающего субстрата слабо разветвленную грибницу большого диаметра (10–13 мкм), с большим количеством жировых капель. В пораженных насекомых мицелий распадается на отдельные элементы, имеющие неправильную формы и размеры, которые постепенно заполняют тело хозяина, замещая разрушенные ткани. Рост гриба продолжается до тех пор, пока все внутренние структуры оказываются разрушенными и тело насекомого приобретает вид хитинового мешка, наполненного грибными элементами.

Гифенные тела могут быть найдены в голове, груди, брюшке и даже в ногах насекомого. Продолжительность периода от прорастания конидий до гибели крупных объектов (саранча) занимает от 5 до 8 суток, у мелких – (комары, мошки, тли) не превышают 2–3 суток. Это показывает, с какой скоростью болезнь может распространяться в популяции.

Смерть насекомых наступает от нарушения циркуляции крови и от выделяемых грибом продуктов жизнедеятельности – токсинов и ферментов.

У представителей грибов этого порядка мицелий вначале одноклеточный, затем септированный, способный распадаться на оидии или хламидоспоры. Конидиеносцы простые или ветвящиеся, цилиндрические или булавовидные, на концах несут по одной конидии. Между конидиеносцами часто располагаются цистиды. Конидии одноклеточные, бесцветные, гладкие, с двойной оболочкой, при созревании отбрасываются на расстояние до 3 см вследствие разрыва оболочки, оставляющей у вершины конидиеносца небольшую бахрому в виде воротничка. У некоторых грибов конидии перед прорастанием делятся на несколько частей, каждая из которых дает мицелиальный росток.

Половой процесс – зигогамия.

Порядок Энтомофторовые объединяет около 80 видов. В Беларуси 2 рода и 7 видов. Большинство из них – паразиты насекомых, некоторые сапротрофы на экскрементах лягушек, ящериц, на базидиальных грибах.

Род энтомофтора (Entomophthora) включает виды с обычно внутренним, хорошо развитым мицелием, образованным толстыми шаровидными гифами. Конидиеносцы простые, булавовидные или внезапно раздутые на вершине (рис. 11). Конидии одноклеточные, многоядерные, шаро-, лимонно- или чечевицевидные, с толстой двухслойной оболочкой. Зигоспоры (результат полового процесса) шаровидные, желтоватые или коричневатые, с гладкой или щетинистой поверхностью.

Род включает более 60 видов, широко распространенных по всему миру. В Беларуси обнаружено 6 видов. Энтомофтора – облигатные паразиты насекомых. Покоящиеся споры используются при разработке биопрепаратов для борьбы с насекомыми – вредителями сельскохозяйственных культур.

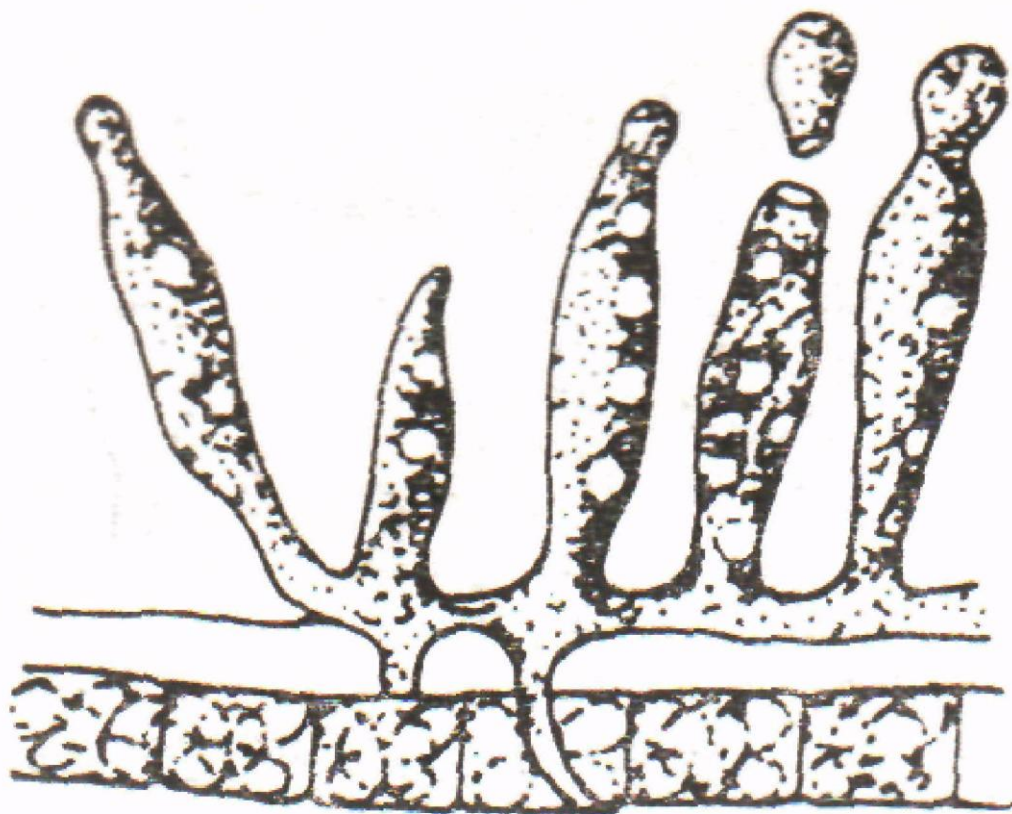


Рис. 11. Entomophthora muscae.
Конидиеносцы с конидиями

Особенно часто встречаются Э. муховая (*E. muscae*), вызывающая «осеннюю болезнь» комнатных мух, Э. скотофаговая (*E. scatophagae*), паразитирующая на навозных мухах, и Э. скученная (*E. conglomerata*), паразитирующая на комарах.

Задания

1. Рассмотреть под лупой общий вид плесени, образованной пилоболусом на свежем конском навозе на 5–7-й день после помещения его во влажную камеру. Приготовить препарат. Для этого взять пинцетом небольшое количество плесени вместе с кусочком субстрата, перенести в каплю воды на предметном стекле и рассмотреть (без покровного стекла) под биноклем или при малом увеличении микроскопа. Рассмотреть и зарисовать часть мицелия, спорангиеносец и спорангий. Обратит внимание на блестящие капельки жидкости, выступающие на поверхности расширенной части спорангиеносца в результате увеличения внутри его тургорного давления.

2. Рассмотреть мицелий и спорангиеносцы мукора. Изготовить временный препарат так же, как и препарат пилоболуса, изучить при малом и большом увеличении микроскопа. Зарисовать несептированный мицелий, спорангиеносцы, спорангии, спорангиеспоры, колонку.

3. Изготовить препарат ризопуса тем же способом, как и предыдущие. Рассмотреть при малом и большом увеличении микроскопа и зарисовать спорангиеносцы, спорангии, шаровидную колонку, спорангиеспоры.

Вопросы для самоконтроля

1. Общая характеристика зигомицетов.
2. Отличие органов бесполого размножения оомицетов и зигомицетов.
3. Особенности полового процесса у зигомицетов.
4. В чем заключается биологический смысл наблюдающейся тенденции у мукоровых замены спорангиев конидиями?
5. Распространение и особенности образа жизни мукоровых и энтомофторовых грибов.
6. Охарактеризовать роль низших грибов в природе и хозяйственной деятельности человека.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горбунова, Н. П. Малый практикум по низшим растениям / Н. П. Горбунова, Е. С. Ключникова, Н. А. Комарницкий. – М., 1976. – 216 с.
2. Жизнь растений : в 6 т. / редкол. : А. Федоров (гл. ред.) [и др.]. – М. : Просвещение, 1977. – Т. 2. – 488 с.
3. Комарницкий, Н. А. Ботаника. Систематика растений / Н. А. Комарницкий, Л. В. Кудряшов, А. А. Уранов. – М., 1975. – 608 с.
4. Лемеза, Н. А. Малый практикум по низшим растениям : учеб. пособие / Н. А. Лемеза, А. С. Шуканов. – Минск : Университетское, 1994. – 288 с.

МГТУ им. И.П.Шамякина

Для заметок

МГПУ им. И.П.Шамякина