

## Лекция 3. БОЛЕЗНИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

### 3.1. Понятие о болезнях растений

Фитопатология (греч. *phyton* – растение, *pathos* – болезнь, *logos* – учение) – наука о болезнях растений и мерах борьбы с ними.

Фитопатология решает как теоретические, так и практические задачи, основными из которых являются: изучение болезней растений, вызываемых грибами, бактериями, вирусами, цветковыми растениями-паразитами и другими патогенами, а также болезней, возникающих под влиянием неблагоприятных условий окружающей среды, и разработка научно-обоснованной, высокоэффективной системы защитных мероприятий, которая бы позволяла предупреждать возникновение и развитие болезней или снижать до минимума потери, вызываемые болезнями растений.

Первые определения болезни растений были даны еще в начале XIX века. О. Декандоль в 1832 году считал, что болезнью растения следует называть любое отклонение от его нормального развития (это определение рассматривает патологический процесс односторонне, как физиологическое явление и не включает понятие о причинах его вызывающих).

Профессор Н. А. Наумов в 1952 году дал следующее определение болезни: болезнь – это нарушение взаимоотношений между растением и окружающей средой (в данном определении абсолютизируется роль окружающей среды в патологическом процессе).

Наиболее полное определение болезни было дано в 1962 году Т. Д. Страховым. Болезнь – это состояние организма, возникающее и изменчиво развивающееся под влиянием неблагоприятно складывающихся взаимосвязей его с патогенными факторами и окружающей средой и обычно характеризующееся расстройством физиологии, структуры и продуктивности растения. (В этом определении болезнь рассматривается как результат взаимосвязи в единой системе растение-патоген или неблагоприятное воздействие-среда).

Более современное определение болезни дано ГОСТом 24507-81: «Болезнь – это нарушение нормального обмена веществ клеток, органов и целого растения под влиянием фитопатогена или неблагоприятных условий среды и приводящее к снижению продуктивности растений или к полной их гибели».

Изменение жизнедеятельности растений в процессе болезни называется патологическим процессом или патогенезом. Патологический процесс у растений проявляется в виде определенных признаков, которые обусловлены морфологическими и физиолого-биохимическими изменениями, происходящими в растении в ходе развития болезни.

К патоморфологическим изменениям относят: нарушение роста растения в целом: низкорослость, карликовость, реже гигантомания, а также изменение формы органов и тканей пораженных растений. В основе изменения формы органов, тканей пораженных болезнью растений лежат нарушения их анатомического строения, которые проявляются в виде гипертрофии – увеличения размера пораженных клеток растений; гиперплазии – увеличения количества клеток вследствие их ускоренного деления под действием патогена или другого болезнетворного агента; гипоплазии – недоразвития клеток или уменьшения их количества в пораженной ткани; дегенерации – превращения клеток или их оболочек в вещества различного химического состава, которые скапливаются в растении или могут выделяться на поверхности пораженных тканей; некроза – отмирания части клеток тканей; склеротизации – одревеснения клеток тканей; разрыва эпидермиса; мацерации – размягчения клеточных стенок и рассоединения клеток в пораженной ткани вследствие растворения межклеточного вещества.

К патофизиологическим относят ряд следующих изменений.

1. Нарушение фотосинтеза. Это связано с уменьшением количества хлорофилла и некоторых ферментов, из-за разрушения их патогенными микроорганизмами. Разрушение хлорофилла сопровождается посветлением листьев или отдельных их участков. При сильном нарушении фотосинтеза формируются карликовые растения.

2. Нарушение водного режима. Происходит вследствие поражения патогеном корней или сосудистой системы растений, усиления транспирации в результате повреждения поверхностных тканей и по другим причинам;

3. Нарушение дыхательных процессов. Повышение активности дыхания приводит к усиленному расходованию питательных веществ и снижению продуктивности растений. Кроме того, при этом могут выделяться вредные вещества отравляющие растительные клетки. При понижении активности дыхания клетки испытывают недостаток энергии для синтетических процессов.

4. Нарушение обмена веществ из-за поражения сосудистой системы растений, из-за нарушения деятельности ферментов, нарушения процессов фотосинтеза, из-за использования углеводов возбуждателем и т. д.

Все выше названные изменения в конечном итоге, так или иначе, влияют на состояние и продуктивность растений. По причине болезней происходит недобор урожая, а иногда и полная гибель посевов.

Существует несколько принципов классификации болезней растений.

По этиологии (причинам возникновения) болезни растений подразделяются на:

1. Неинфекционные болезни, не передающиеся от больного растения к здоровому, среди которых

выделяют:

1.1. Болезни, вызываемые неблагоприятными погодными условиями (подмерзание растений, солнечные ожоги, увядания, захват зерновых, выпирание озимых);

1.2. Болезни, вызываемые неблагоприятными почвенными условиями (увядание, хлороз, гниль сердечка свеклы и др.);

1.3. Болезни, вызываемые механическими повреждениями; болезни, вызываемые химическими соединениями;

1.4. Болезни, вызываемые радиационным излучением и др.

2. Инфекционные болезни, они вызываются биотическими факторами (факторами живой природы) и обладают свойством передачи от больного растения к здоровому, среди них выделяют:

2.1. Грибные болезни (микозы);

2.2. Бактериальные (бактериозы);

2.3. Актиномикозные (актиномикозы);

2.4. Микоплазменные (микоплазмозы);

2.5. Вирусные (виروзы);

2.6. Вироидные (виридозы);

2.7. Вызываемые цветковыми растениями-паразитами (антофитозы).

В зависимости от групп поражаемых культур болезни подразделяются на болезни зерновых, болезни зернобобовых, технических, овощных, плодовых, ягодных, эфиромасличных и других групп культур.

По продолжительности болезни делят на: острые – развиваются быстро и заканчиваются в пределах одного вегетационного периода; хронические – развиваются на многолетних растениях, часто в хронической форме проявляются неинфекционные болезни.

В зависимости от степени локализации болезни бывают: местные (локальные) – поражают небольшие участки или отдельные органы, не распространяясь по всему растению; общие (диффузные) – поражают все растение или большую его часть.

По способности поражать растения в определенной фазе развития: болезни всходов; болезни питомников; болезни взрослых растений.

В зависимости от поражаемых органов растений болезни подразделяются на: болезни семян, болезни листьев, корней, плодов и т. д.

Для практических целей диагностики болезней растений по внешним признакам их группируют в следующие типы.

*Пятнистости* (некрозы) образуются в результате отмирания отдельных участков пораженной ткани, могут быть различной формы, размеров, окраски. Наиболее часто пятнистости вызывают грибы, бактерии, вирусы, а также абиотические факторы – механические повреждения, химические вещества, недостаток элементов питания и другие.

*Гнили* представляют собой размягчение органов, богатых питательными веществами и водой (корнеплоды, плоды, стебли, клубни и др.).

*Увядание* характеризуется пониклостью листьев, ветвей и других органов, что связано с потерей тургора клетками растения.

*Изменение цвета отдельных листьев, целых органов или всего растения*, что связано с нарушением строения и физиологических функций хлоропластов и проявляется в виде хлороза, мозаичной расцветки листьев, пестролистности и общего пожелтения листьев.

*Деформация* представляет собой изменение формы пораженных органов растений, что может проявляться в виде уродливости, деревянистости, израстания. Кроме того, может отмечаться общая деформация растения, когда увеличивается количество укороченных стеблей, на всем растении могут быть укороченные или морщинистые листья.

*Налеты*. На вегетативных или генеративных органах серая, белая, бурая, коричневая или черная, легко стирающаяся плесень, эпидермис под ней без повреждений.

*Пустулы*. На пораженных органах – бугорки спор, покрытые эпидермисом или выступающие из трещин ткани растений, имеющие желтую, бурую, оранжевую, коричневую, черную окраску.

*Опухоли, или наросты*. Ненормальное разрастание отдельных органов растений различной величины и формы.

*Мумификация*. Превращение плодов или семян в темные плотные образования темного цвета с гладкой или шероховатой поверхностью.

*Пылящие массы (головня)*. Разрушение и превращение пораженных органов (зерна, стебли, листья) в порошок или массу черного или коричневого цвета.

*Камедетечение, или гоммоз*. Выделение из трещин больных органов растений (как правило, древесных пород) камеди – тягучей, клейкой янтарно-желтой или бурой жидкости, быстро твердеющей на воздухе.

Заболевание не всегда характеризуется только одним симптомом, иногда их имеется несколько. Так, при грибных пятнистостях на отмерших участках появляются спороношения в виде налетов, подушечек, темных или другого цвета точек – плодовых тел. Эти симптомы являются характерными диагностическими признаками.

При пятнистостях, вызываемых бактериями, часто заметна маслянистость, а в местах поражения можно увидеть капельки жидкости – бактериальный экссудат.

### 3.2. Неинфекционные болезни растений

К неинфекционным относятся болезни, не способные распространяться от растения к растению, причинами которых являются главным образом неблагоприятные для роста развития растений условия окружающей среды. Последствие неинфекционных болезней, так же, как и инфекционных, сводится к потере урожая и к снижению качества сельскохозяйственной продукции. В зависимости от причины болезни недобор урожая может достигать 50 % и более. Кроме того, ослабляя растение, неинфекционные болезни способствуют более сильному их поражению инфекционными болезнями.

#### 3.2.1. Болезни растений, вызываемые недостатком элементов питания в почве

Наиболее частой причиной неинфекционных болезней растений является недостаток в почве питательных веществ (болезни голодания). Это вызывает серьезные нарушения в развитии растений, которые проявляются в виде карликовости, недоразвития, изменения окраски, некроза листьев и т. д.

Голодание растений не всегда связано с отсутствием или недостаточным количеством элементов питания в почве. Важное значение имеют формы, в которых они находятся (доступные или недоступные), что в свою очередь зависит от свойств почвы – кислотности, влажности, состава микрофлоры и т. д.

Так, причиной «железного» хлороза плодовых деревьев является не недостаточное количества железа в почве, а высокая карбонатность ее, в связи с чем железо находится здесь в нерастворимом и недоступном для растений состоянии. Внесение железа в данном случае не улучшает состояние деревьев, так как оно связывается с почвой и не усваивается. Наиболее рациональный прием защиты плодовых деревьев от «железного» хлороза – подкисление почвы или посев в междурядьях сада определенных видов трав, способных своими выделениями подкислять почву.

В чрезмерно сухой или избыточно влажной почве также плохо усваиваются питательные вещества, даже если они в достаточном количестве. На очень холодных почвах возможно азотное или фосфорное голодание растений.

Неодинакова потребность в одних и тех же элементах питания у различных видов растений. Так, плодовые культуры особенно остро реагируют на дефицит цинка в почве.

Симптомы недостатка одного и того же элемента питания у разных культур в большинстве случаев сходны. Однако бывает исключение. Так, недостаток фосфора у зерновых культур проявляется в виде красноватых или фиолетовых полос на листьях, а у картофеля – в виде узкой темно-коричневой полоски на кончиках нижних листьев.

Иногда сходные признаки могут быть вызваны дефицитом совершенно различных элементов питания (азота и фосфора, азота и меди, магния и железа и др.).

Все это необходимо учитывать при диагностике болезней голодания и при проведении защитных мероприятий.

*Болезни растений, вызываемые недостатком азота.* Азот входит в состав белков, аминокислот, алкалоидов, хлорофилла. Соединения азота в растении постоянно перемещаются из старых растительных тканей в молодые, поэтому недостаток азота сначала проявляется на старых органах, а затем уже распространяется на все растение.

При недостатке азота замедляется рост побегов, листьев, корней. Окраска листьев бледно-зеленая с желтоватым оттенком (азотный хлороз). У некоторых растений (капуста, плодовые, ягодные культуры) на листьях появляются оранжевые и красные оттенки. Цветение и плодоношение ослабляется, уменьшается размер плодов, возможно опадание молодых завязей. У злаков резко снижается коэффициент кущения и т. д.

Азотное голодание может вызывать засоренность посевов, садов, что приводит к истощению в почве запасов азота, а также недостаточное внесение азотных удобрений, особенно на легких песчаных бедных органическими веществами почвах.

Симптомы недостатка азота появляются также при внесении в почву большого количества органических веществ – источников углерода, что резко активизирует деятельность почвенной микрофлоры, вследствие чего значительная часть почвенного азота переходит в недоступную для растений форму. У культур, возделываемых на переувлажненных кислых почвах, признаки азотного голодания обусловлены низкой активностью нитрифицирующих бактерий.

Для устранения недостатка азота в почве необходимо внесение азотных удобрений, включение в севооборот бобовых культур, создание почвенных условий, способствующих усилению нитрификации и ослаблению денитрификации, борьба с сорняками и т. д.

Избыток азота также вреден для растений и проявляется в удлинении вегетации, задержке цветения и плодообразования; злаковые культуры формируют слишком длинные стебли и полегают.

*Болезни растений, вызываемые недостатком фосфора.* Фосфор входит в состав нуклеиновой кислоты, нуклепротеидов, фосфолипидов, ферментов.

При недостатке фосфора в почве происходит замедление роста побегов, корней, листьев. Растения характеризуются слабым цветением, преждевременным опаданием листьев. У злаковых культур замедляется кущение и появляется красно-фиолетовая окраска листьев. У плодовых деревьев недостаток фосфора вызывает узколистность, замедление роста побегов, жилки листа приобретают красноватый оттенок, черешки становятся прямостоячими, на них появляется красноватый оттенок, у побегов неестественно красная или бронзовая окраска, особенно в холодное лето. Картофель вследствие дефицита фосфора поражается железистой пятнистостью или ржавостью клубней. Болезнь имеет вид ржавых красновато-коричневых пятен в мякоти на разрезе клубня. Такие клубни содержат меньше витамина С и крахмала. У бобовых из-за дефицита фосфора возникает недоразвитость семян.

*Причинами фосфорного голодания могут быть, с одной стороны, недостаток соединений фосфора в почве, с другой стороны, недоступность фосфора растениям, особенно на кислых, тяжелых, глинистых почвах с высоким содержанием железа.*

Устраняется недостаток фосфора соответствующим внесением фосфорных удобрений.

*Болезни растений, вызываемые недостатком калия.* Калий участвует в обмене веществ, фотосинтезе, в ферментативных системах.

Недостаточное количество калия в почве приводит к угнетению роста растений в целом, побеги и стебли развиваются слабо, нередко искривляются, междоузлия укорочены, засыхают верхушки стеблей.

Злаки усиленно кустятся, количество цветonoсных стеблей уменьшается, корни развиваются слабо. У картофеля при недостатке калия развивается болезнь, называемая «бронзовость листьев». Вначале листья темно-зеленые, морщинистые, вялые по краям, между жилками появляются пятна цвета бронзы, позднее старые листья желтеют и засыхают, особенно по краям. У плодовых деревьев окраска листьев светло-желтая, но в дальнейшем развивается краевой ожог. Краевые части листа буреют и отмирают. Может происходить отмирание побегов. Образуются мелкие плоды.

*Причинами калийного голодания могут быть недостаток калия в почве, который сильнее проявляется на песчаных почвах, а также избыточное внесение кальция и магния при известковании кислых почв.*

При первых признаках калийного голодания проводят подкормки калийными удобрениями.

*Болезни растений, вызываемые недостатком железа.* Железо участвует в процессах дыхания и фотосинтеза.

Основной симптом его недостатка для растений – сильный хлороз. Поскольку этот элемент в растении малоподвижен, то наиболее отчетливо признаки голодания проявляются на молодых органах. Сначала на листьях образуются хлоротичные пятна, затем лист желтеет целиком, по краям образуются некрозы, и листовая пластинка засыхает.

Многолетние культуры (плодовые, ягодные) от недостатка железа страдают сильнее, чем однолетние.

*Причинами голодания могут быть недоступность железа в почве, особенно карбонатного и высокие концентрации в почве соединений цинка, марганца, меди, фосфора.*

При проявлении данного заболевания эффективно опрыскивание растений и внесение в почву комплексных органических соединений железа (хелатов). Кроме того, залужение в садах, за счет подкисления почвы, улучшает усвояемость железа.

*Болезни растений, вызываемые недостатком магния.* Магний входит в состав ферментов, в состав молекулы хлорофилла.

Характерным признаком его недостатка является междужилковый хлороз, начинающийся почти всегда с нижних листьев. При недостаточном поступлении магния в растение его используют главным образом молодые растущие листья, где образуется хлорофилл. В связи с тем, что отток магния из нижних листьев в верхние идет по жилкам, они и примыкающие к ним ткани сохраняют зеленую окраску, а отдаленные от жилок участки становятся желтыми, оранжевыми, красными, фиолетовыми. Сильное магниевое голодание приводит к преждевременному сбрасыванию листьев.

Магниевое голодание усиливается при использовании физиологически кислых удобрений, так как они усиливают вымывание магния, особенно на легких песчаных почвах.

При первых признаках голодания рекомендуется подкормка удобрениями, содержащими в своем составе магний.

*Болезни растений, вызываемые недостатком кальция.* Кальций входит в состав клеточных стенок.

Его недостаточное количество приводит к замедлению роста корней, даже при небольшом дефиците кончики корней прекращают рост, остаются короткими. При большом недостатке корни отмирают, начиная с кончиков. Признаки заболевания проявляются и на молодых тканях надземной части. Молодые листья деформируются, мельчают, на них образуются пятна, края желтеют, затем листья буреют, иногда закручиваются вверх. Возможно отмирание конусов нарастания. Нередко гибнет все растение.

Для нормализации поступления кальция в растения необходимо его дополнительное внесение.

*Болезни растений, вызываемые недостатком бора.* Чаще наблюдаются у растений на карбонатных почвах, при этом отмирает точка роста стебля.

У растений льна становятся узкими, искривленными листья, края их увядают и отмирают.

У свеклы недостаток бора вызывает гниль сердечка, т. е. отмирание самых молодых листьев и точки роста, позднее болезнь проявляется в виде черной сухой гнили корнеплодов.

У плодовых деревьев наблюдается опробковение плодов.

При первых признаках голодания необходимо внести борные удобрения.

*Болезни растений, вызываемые недостатком меди.* Приводят к частичному хлорозу листьев, особенно молодых, потере тургора тканями, задержке образования стеблей, семян.

У плодовых деревьев первые симптомы медного голодания проявляются в виде пятен на верхних листьях, затем увядают и отмирают верхушки побегов. При многолетнем повторении отмирания дерево приобретает кустистый вид.

Для устранения симптомов голодания рекомендуется использовать медьсодержащие удобрения.

### 3.2.2. Болезни растений, вызываемые неблагоприятными условиями влажности

Влажностью воздуха определяется характер транспирации растений. Очень сухой воздух, в сочетании с высокой температурой вызывает *засуху зерновых культур*. При этом зеленые части растений буреют, нарушается нормальный процесс накопления в зерновках питательных веществ, они преждевременно заканчивают свое формирование и созревают до срока. В итоге формируются мелкие, щуплые зерна, в отдельных колосьях они не формируются совсем, некоторые растения погибают полностью.

Если воздушная засуха в сочетании с высокой температурой приходится на период цветения зерновых, то это вызывает *череззерницу и пустоколосицу (белоколосицу)*. Болезнь проявляется в нарушении процесса оплодотворения, в колосе образуется меньше зерновок, чем при нормальных условиях, или они не образуются вовсе. Нормальный по внешнему виду колос белеет и быстро засыхает.

Высокая влажность воздуха также может нарушать нормальный рост и развитие растений, особенно если она сочетается с высокой температурой, что, например, приводит к *истеканию зерна*, т. е. формированию щуплых неполновесных зерновок. В основе этого процесса лежит нарушение ферментативной деятельности в клетках зерновок: вместо синтеза запасных веществ идет их гидролиз, накапливаются сахара, повышается осмотическое давление клеточного сока, из-за чего в зерна засасывается много воды, клеточные стенки разрываются, и сахаристая жидкость выходит наружу через трещины и поры. Причем данная жидкость создает благоприятную среду для развития патогенных микроорганизмов.

Для нормального роста и развития разным видам растений нужна неодинаковая влажность почвы. Неблагоприятные условия влажности почвы ослабляют растения, делают их восприимчивыми к патогенам и, чаще всего, к возбудителям корневых гнилей. Особенно опасно чередование обильной влажности с пересыханием почвы. Это приводит к растрескиванию корнеплодов моркови и свеклы, клубней картофеля, которое объясняется тем, что при продолжительной засухе наружные ткани прекращают рост и после выпадения осадков, когда развитие корнеплода или клубня возобновляется, они растрескиваются. Такие поражения ухудшают товарный вид продукции, а также облегчают доступ к внутренним тканям клубней и ги в почве может привести к гибели растений. Примером заболевания, связанного с недостатком влаги в почве, является вершинная гниль томата.

### 3.2.3. Болезни растений, вызываемые неблагоприятными температурными условиями

Растения чутко реагируют на существенные изменения температурных условий внешней среды. Особенно губительны для них низкие температуры.

При температуре 0 °С замедляется рост растений, желтеют и деформируются пластинки листа, дыхательные процессы преобладают над ассимиляционными, что приводит к *переохлаждению*, которое особенно часто проявляется на всходах. Длительное понижение температуры, ослабляя растения, может привести их к гибели.

Переохлаждение опасно также для продукции при хранении. В результате ослабевают защитные свойства клубней, корнеплодов, плодов и они быстрее заселяются сапрофитными микроорганизмами.

Особенно вредно *замерзание*, так как этот процесс необратим и приводит к нарушению целостности растительной ткани. При этом в межклеточных пространствах и в самих клетках образуются кристаллы льда. Кроме того, клетки обезвоживаются, так как вода из них перемещается в межклеточные пространства, в результате нарушается коллоидное состояние протоплазмы, кристаллы в межклетниках разрастаются еще больше и повреждают плазматические мембраны. При оттаивании замерзшей ткани из нее вытекает клеточный сок, ткань становится как бы прозрачной, затем чернеет и высыхает. Чем богаче растения водой, тем сильнее они повреждаются морозом. Это объясняет большее повреждение молодых органов. Так, даже небольшие заморозки весной сильно повреждают молодые листья, цветки конуса нарастания побегов, в то время как зимой эти же растения в состоянии покоя выдерживают продолжительное действие низких температур.

Для древесных пород большую опасность представляет чередование оттаивания и замораживания. Вследствие этого на деревьях возникают *морозобойные трещины*, которые развиваются после оттепелей, резко сменяющихся сильными морозами. Это результат неравномерного сжатия наружных и внутренних слоев древесины при резком понижении температуры вследствие плохой теплопроводности дерева, что приводит к разрыву наружных частей ствола в продольном направлении. Чаще всего морозобойные трещины захватывают только кору, но иногда они доходят до глубоких слоев.

При внезапном повышении температуры после сильных морозов на деревьях развивается отлуп. В этом случае наружные слои ствола расширяются сильнее, чем внутренние и происходит отрыв коры от древесины, отлупные трещины кольцом охватывают ствол дерева и могут распространяться на несколько метров по длине ствола, что ослабляет деревья и способствует их гибели.

Большую опасность представляют также *солнечно-морозные ожоги*, которые возникают при резком колебании температур осенью, зимой и особенно весной. Под действием солнечных лучей клетки выходят из состояния покоя и становятся очень чувствительными к воздействию отрицательных температур в ночные часы. В зоне повреждения (наиболее крупные ветви и стволы с южной и юго-западной стороны) кора темнеет, подсыхает и опадает, а обнажившаяся древесина становится незащищенной от неблагоприятных воздействий. Иногда такие ожоги переходят в опухоли неинфекционной природы.

Иногда под действием низких температур на деревьях развивается *морозобойный рак*. Вокруг поврежденного ожогом участка коры сначала образуется наплыв, состоящий из ткани, богатой водой и пластическими веществами. При незначительном повреждении коры наплыв полностью затягивает рану, и болезнь дальше не развивается. Наплыв одревесневает и надежно защищает древесину от воздействий окружающей среды. Если наплыв, не успев одревеснеть, подвергается новому воздействию мороза, то рана не затягивается, а вокруг первого наплыва образуется второй. Иногда в центре раны развивается воронкообразное углубление. Такие раковые опухоли нарушают рост ветвей, нередко приводя к их гибели.

Все эти повреждения опасны для деревьев сами по себе, но, кроме того, они способствуют большей чувствительности древесных культур к инфекционным болезням. Для защиты деревьев от вышеназванных повреждений проводят их побелку, осенью обвязывают лапником и т. д.

Многие болезни развиваются из-за воздействия на растения повышенных температур. Особенно страдают от них ткани с повышенным содержанием воды. Продолжительное пребывание растений при температуре 40–50 °С вызывает в них необратимые изменения. Степень повреждения зависит от культуры, возраста, размеров растения. Наиболее чувствительны к перегреву всходы. Тепловое повреждение растений часто отмечается в теплицах. На листьях солнечные ожоги проявляются в виде желтых или бурых пятен. Происходит преждевременный листопад.

В условиях избыточной влажности почвы растения резко замедляют рост, становятся низкорослыми, слабыми, хлоротичными с недоразвитой корневой системой. Семена в переувлажненной почве загнивают до или сразу же после прорастания. Избыточное увлажнение почвы угнетает развитие растений, прежде всего из-за недостаточного поступления воздуха к корням. Примерами таких поражений являются *вымокание* посевов озимых зерновых или гибель плодовых деревьев, вследствие застоя на полях и в садах весенней воды.

Низкая влажность почвы не только ослабляет растения, ухудшает их общее развитие, но может быть и причиной серьезных патологических изменений в растении. При длительном недостатке влаги в почве семена не прорастают или дают слабые всходы, из которых развиваются низкорослые растения. Впоследствии у таких растений опадают почки, цветки, плоды или начинается преждевременное цветение. Продолжительный дефицит вла

### 3.2.4. Болезни растений, связанные с загрязнением окружающей среды

В эту группу входят болезни, вызванные ядовитыми для растений соединениями, которые могут находиться в воздухе, почве, воде.

Воздух больших городов и промышленных центров всегда загрязнен различными отходами промышленного производства, а также мелкими частицами угля, песка, извести, в массе представленных дымом и пылью. Кроме твердых частиц, в составе дыма и пыли имеются газообразные продукты, такие как углекислый газ, окись углерода, сернистый газ, пары сильных минеральных кислот (азотной, серной, фтористой), хлор и другие продукты, оказывающие вредное действие на растения.

Дым и пыль из заводских труб попадают на листья, ветви и стебли растений, покрывают их налетом, закупоривающим устьица и приводящим к нарушению газообмена, что вызывает патологический процесс и гибель листьев (их преждевременное опадание) или всего растения. При длительном действии на растения дыма промышленных предприятий у деревьев уменьшается прирост по диаметру, преждевременно опадают листья, отмирают ветви и даже вершина. Пыль от цементных заводов, оседая на цветках, препятствует оплодотворению и образованию плодов и этим оказывает вредное влияние на плодовые деревья садов.

В воздухе промышленных городов, где концентрируются крупные металлургические и химические заводы, содержатся большие количества сернистого газа, сероводорода, сероуглерода и других вредных газов, выбрасываемых с дымом или в процессах производства. Эти вредные газы могут вызывать отмирание листьев и хвои и другие заболевания растений.

Вредное действие дегтярных испарений приводит к появлению коричневых пятен с ярко очерченными краями. Листья становятся вялыми, хлорофилловые зерна разрушаются. Отравление от газопроводов, проложенных в земле, приводит к патологическому развитию корешков, замедленному их росту и т. д. и к гибели растения.

По характеру и течению процесса заболевания, вызываемые вредными газами, часто делят на хронические и острые. В первом случае, при действии небольших концентраций газа, жизненные функции

растения нарушаются постепенно. Во втором случае, при действии больших концентраций газа, у растений происходит поражение отдельных частей, в особенности листьев, на которых образуются некротические пятна. У хвойных деревьев признаком острого заболевания является винно-красная окраска хвои верхушек или всей хвои и дальнейшее ее опадание.

Неправильное использование пестицидов также может оказать токсическое действие на растения и привести к поражению всех его частей. При этом обычно изменяется окраска растения, на листьях образуются пятна темно-бурого или кирпичного цвета, такие места часто засыхают. Иногда пластинки листьев продырявливаются. Листья с пятнами могут оставаться на растениях или же вскоре опадают. Часто листья становятся курчавыми, жесткими и очень легко ломаются. Если повреждено большое количество листьев, плоды плохо созревают, не имеют характерного цвета, созревание их запаздывает, что связано с задержкой роста.

При отравлении пестицидами в растениях происходят глубокие физиологические, анатомические и цитологические изменения. Определенный пестицид вызывает характерное повреждение. Так, медь оставляет на растении красные или коричневые долго сохраняющиеся пятна, на плодах образуются бурые пятна. Листья томатов, пораженные медьсодержащими пестицидами, часто скручиваются с верхней стороны, становятся жесткими.

### **3.2.5. Болезни растений, вызываемые другими абиотическими и биотическими факторами**

К данной группе относят *болезни, связанные с механическими повреждениями растений*. Такие повреждения возможны в процессе посадки или посева, в период ухода за растениями, во время уборки, транспортировки и закладки продукции на хранение. Кроме этого механические повреждения растениям могут наносить насекомые, животные, сильный ветер, град, ливни, снегопады, удары молнии и т. д. В результате повреждений происходит ослабление растений, нарушения целостности тканей, органов и нормального процесса жизнедеятельности.

Через повреждения происходит проникновение патогенов и развитие вследствие этого инфекционных болезней.

## **3.3. Инфекционные болезни растений**

Болезни, возникающие в результате воздействия на растения других чуждых для них организмов, называют инфекционными, или паразитарными. Возбудителями инфекционных болезней растений могут быть грибы, бактерии, актиномицеты, вирусы, микоплазменные организмы (микоплазмы), некоторые цветковые растения-паразиты (заразиха, повилика, омела).

Инфекционность паразитарных болезней обусловлена способностью фитопатогенных организмов вызывать заражение, а также их быстрым и массовым размножением и распространением от больных растений к здоровым.

Инфекционные болезни растений существенно снижают урожайность сельскохозяйственных культур и ухудшают качество полученной продукции.

### **3.3.1. Понятие о паразитизме возбудителей болезней растений и его формах**

По способу питания все живые организмы, населяющие землю, делятся на автотрофов и гетеротрофов. Автотрофы – организмы способные создавать органическое вещество самостоятельно. Гетеротрофы – организмы, которые не могут вырабатывать органическое вещество самостоятельно и питаются только за счет органического вещества, создаваемого автотрофами.

Все болезнетворные организмы являются гетеротрофами. По отношению к характеру используемого органического вещества гетеротрофные организмы делят на сапрофитов и паразитов.

Сапрофиты питаются мертвыми растениями, животными или другими органическими остатками. Несмотря на отсутствие строгой специализации в питании у сапрофитной группы организмов в целом, у большинства сапрофитных грибов четко выражена способность развиваться только на растительных остатках того или иного вида растений или на их отдельных органах.

Основным местом обитания сапрофитов является почва. Участие их в почвенных процессах очень велико. Некоторые сапрофитные микроорганизмы обладают способностью в процессе своей жизнедеятельности выделять токсины, губительно действующие на многих представителей фитопатогенных грибов и бактерий. Ряд из них в настоящее время используется для производства биологических препаратов, применяемых для защиты сельскохозяйственных культур от фитопатогенов обитающих в почве.

Паразитизм – тип отношения одного организма (паразита) к другому (хозяину), при котором один живет за счет другого, удовлетворяя свои потребности в источниках энергии. При паразитизме наблюдается частичная или полная зависимость одного организма от другого.

Паразитные организмы развиваются на поверхности или внутри других организмов, из живых клеток которых они извлекают питательные вещества.

Инфекционные болезни растений являются результатом взаимоотношений паразитного организма и питающего растения (растения-хозяина).

По степени выраженности паразитических свойств болезнетворные микроорганизмы делятся на:

1. *Облигатные сапрофиты* – питаются мертвыми растениями или органическим веществом почвы. Некоторые из них разрушают лесоматериалы, другие живут в почве, являясь антагонистами ряда возбудителей болезней растений.

2. *Облигатные паразиты* – живут только за счет содержимого живых клеток растения-хозяина. Паразитизм в облигатной форме наиболее часто встречается у грибов (возбудители ржавчины, мучнистой росы, ложной мучнистой росы). Среди фитопатогенных бактерий обязательных паразитов вообще нет. Фитопатогенные вирусы, в современном представлении, следует причислять к особой группе облигатных паразитов.

3. *Факультативные сапрофиты* ведут паразитический образ жизни на живых растениях, но при определенных условиях могут продолжать свое развитие на мертвых растительных тканях (возбудители парши яблони и груши).

4. *Факультативные паразиты* очень многочисленная группа возбудителей болезней растений, которые ведут, как правило, сапрофитный образ жизни на мертвой растительной ткани, однако могут распространяться на примыкающие к мертвым здоровые ткани, предварительно убивая их клетки своими токсинами (возбудители черного рака яблони, серой гнили овощей).

Кроме рассмотренных типов взаимоотношений между гетеротрофными организмами, чаще всего грибами и зелеными растениями, встречается симбиоз, т. е. сожительство двух разных организмов. При симбиозе каждый из двух организмов получает взаимную жизненно необходимую помощь один от другого. Микотрофное питание растений является примером симбиоза. В этом случае мицелий гриба входит в контакт с клетками корней, и тем самым, способствует поглощению растением воды и минеральных питательных веществ из почвы. В свою очередь питание и развитие гриба в значительной мере обеспечиваются выделениями или содержимым клеток корней растений. Такое сожительство грибов и корней растений называют микоризой.

### 3.3.2. Специализация возбудителей болезней растений

Специализация фитопатогенов – это приспособленность к питанию за счет определенных растений, органов, тканей. Различают несколько типов паразитической специализации фитопатогенов. *Филогенетическая специализация* – это приуроченность фитопатогена к определенным питающим растениям. Так, гриб *Botrytis cinerea* поражает представителей очень многих семейств растений, вызывая у них серую гниль листьев, плодов, стеблей и других органов; гриб *Rhizoctonia solani* является возбудителем корневой гнили многих культурных и сорных растений. Паразитные организмы, обладающие широким диапазоном в выборе питающего субстрата, называются *полифагами*.

Для облигатных и близких к ним паразитов круг растений-хозяев бывает ограничен в пределах одного ботанического семейства, рода и даже вида растений. Например, грибы возбудители стеблевой ржавчины и мучнистой росы злаков поражают только злаковые культуры, а гриб возбудитель фитофтороза – ряд растений из рода *Solanum* (картофель, томат). Гриб *Ustilago tritici*, приурочен только к пшенице и вызывает у нее пыльную головню. Паразитные организмы с ограниченным кругом растений-хозяев называют *монофагами*.

Кроме филогенетической специализации, паразитные организмы различаются по приуроченности к поражению определенных органов, так называемой *органотропной специализации*. Так, возбудитель килы крестоцветных культур (*Plasmodiophora brassicae*) поражает корневую систему, а *Monilia fructigena* – главным образом плоды (яблони, груши). Некоторые фитопатогены для своего питания избирают определенную ткань растений-хозяев (только паренхиму, только проводящую или покровную ткань и т. д.), это говорит о *гистотропной специализации* паразитного организма.

Существует также *онтогенетическая* или *стадийно-возрастная* специализация – это приуроченность патогена к определенному возрасту растений, так, возбудители корнееды поражают свеклу в стадии всходов, а возбудитель спорыньи инфицирует колосья злаковых растений в фазу цветения.

Возбудители болезни растений могут обладать одновременно одной и более специализациями. Так, возбудитель пыльной головни пшеницы поражает зерновую культуру – филогенетическая специализация; зерно – органотропная специализация; проникает в растения в стадии цветения – онтогенетическая специализация.

### 3.3.3. Грибы как возбудители болезней сельскохозяйственных культур

Грибы – большая группа гетеротрофных организмов (свыше 100 тыс. видов), которые выделены в самостоятельное царство и по ряду признаков занимают промежуточное положение между растениями и животными. С растениями грибы объединяет питание путем всасывания пищи, а не заглатывания и неограниченный рост. Они сходны с животными по наличию в продуктах обмена мочевины, в оболочках клеток хитина, запасного продукта – гликогена, а не крахмала. Грибы, лишенные способности к автотрофному питанию, используют готовые органические вещества растительного или животного происхождения. Они играют важную роль в природе и жизни человека. Поселяясь на остатках растений, животных, грибы выполняют санитарную функцию, минерализуя органические соединения. Благодаря богатому набору ферментов грибы используются человеком в хлебопечении, сыроварении, кондитерской, кожевенной, текстильной и химической промышленности. Физиологически активные вещества, вырабатываемые грибами, находят применение в медицине, на их основе создаются антибиотики, анальгетики и другие лекарственные препараты. Из спор грибов, паразитирующих на насекомых, созданы биопестициды для борьбы с ними. Грибы-гиперпаразиты (паразиты второго порядка) используются в борьбе с возбудителями болезней сельскохозяйственных культур. На основе спор такого гриба, как триходерма лигнорум, создана целая серия биологических препаратов: триходермин с различными индексами против корневых гнилей овощных культур, черной ножки, бактериозов капусты и других болезней растений. Некоторые виды грибов стали сельскохозяйственными культурами (шампиньоны).

Однако роль грибов в жизни человека как положительна, так и отрицательна. Более 10 тыс. видов грибов являются возбудителями болезней растений. Свыше 80 % заболеваний сельскохозяйственных культур вызывается грибами, что приводит к значительным потерям урожая, а иногда и к полной гибели посевов. Кроме того, токсины многих грибов – возбудителей болезней сельскохозяйственных культур – вредны для здоровья человека и животных. Зарегистрированы случаи отравления хлебом, приготовленным из муки с примесью склероциев спорыньи. Известны также грибковые болезни человека и животных.

**Морфология вегетативных органов грибов.** К морфологическим особенностям грибов относятся наличие у них вегетативного тела нитчатого строения и способность к размножению спорами. Вегетативное тело грибов – мицелий – представляет собой совокупность тончайших ветвящихся гиф.

Нарастание мицелия происходит при неограниченном росте гиф, толщина которых не превышает 5–6 мкм. Вместе с тем, у некоторых простейших грибов (плазмодиофоромицеты) нитчатый типичный мицелий отсутствует, и вегетативное тело представлено одной клеткой, нередко лишенной оболочки, так называемым *амебоидом*, или *плазмодиумом*, обычно располагающимся внутри питающей клетки растения-хозяина.

Мицелий у различных групп грибов имеет различное микроскопическое строение. У низших грибов к которым относят хитридиомицеты, оомицеты и зигомицеты гифы хотя и достигают нескольких сантиметров в длину, но не имеют поперечных перегородок и мицелий представляет собой одну сильно разветвленную клетку с большим количеством ядер в ней. Такой мицелий называют одноклеточным, или *нечленистым*, а иногда *неклеточным*, или *несептированным*.

У всех высших грибов (аскомицеты, базидиомицеты, дейтеромицеты) гифы мицелия имеют многочисленные перегородки. Такой мицелий называется многоклеточным, или *членистым*, или *септированным*. Клетки мицелия высших грибов могут быть одноядерные, двуядерные и многоядерные.

У большинства грибов гифы мицелия бесцветные, и в массе он представляет собой белое пушистое образование, иногда темнеющее при переходе к спороношению. У других грибов первоначально бесцветные гифы постепенно пигментируются в бурые или темные тона. У отдельных видов грибов мицелий может окрашиваться в красный, голубой, зеленый и другие яркие цвета, что связано с отложением в клеточных оболочках различных пигментов. Окраска гиф мицелия и спороношений грибов является важным диагностическим признаком.

У многих сапрофитных форм, а иногда у некоторых паразитов мицелий может простираться по поверхности питающего субстрата в виде рыхлого или уплотненного тонкого налета. Такой тип мицелия называется *экзофитным*, или *эпифитным*. Паразитические грибы, у которых мицелий развивается на поверхности растений, называются эктопаразитами. Наиболее типичными их представителями являются настоящие мучнисторосяные грибы (*Erysiphaceae*).

Большинство фитопатогенных грибов имеет мицелий *эндофитный*, т. е. располагающийся внутри тканей растения. Паразитические грибы, имеющие внутренний мицелий, называются эндопаразитами. При этом мицелий может проникать внутрь клеток растения-хозяина и пронизывать их (внутриклеточный мицелий) или располагаться в межклетниках (межклеточный мицелий), проникая в соседние клетки растения при помощи гаусторий. Межклеточный мицелий характерен для паразитных форм (*Peronosporaceae*, *Uredinales*, некоторые *Erysiphaceae* и др.). Нередко мицелий может развиваться в межклетниках и пронизывать клетки тканей (*Ustilaginales* и др.).

Распространение мицелия по растению или внутри тканей обычно имеет ограниченный характер и захватывает небольшие участки листа, плода или другого органа (*местный*, или *локальный* мицелий).

В более редких случаях встречается *диффузный* мицелий, охватывающий все или почти все органы растения. Диффузное разрастание мицелия обычно бывает у растений, развивающихся из зараженных семян, клубней, луковиц, у которых были заражены корневища или спящие почки. Из них затем вырастают диффузно зараженные побеги. Иногда у головневых, ржавчинных, некоторых пероноспорных и других грибов наблюдается многолетнее развитие мицелия в зимующих органах.

**Видоизменения мицелия.** В процессе эволюции у грибов выработалась способность видоизменять вегетативное тело для лучшей адаптации к постоянно меняющимся условиям окружающей среды.

Для прикрепления к питающему субстрату экзофитный мицелий образует *ризоиды* и *аппрессории*. Ризоиды – тонкие, лишенные собственных ядер ответвления мицелия для прикрепления к субстрату гиф и спорангиеносцев (муконовые грибы); аппрессории – присоски, предназначенные для прикрепления ростковых гиф и мицелия к субстрату (мучнисторосяные, ржавчинные и другие грибы).

Как поверхностный, так и внутренний межклеточный мицелий образует особые органы *гаустории*, проникающие внутрь живых клеток растения в виде простых булавовидно вздутых или часто разветвленных специализированных ответвлений гиф, которые выполняют функцию питания. Форма гаусторий бывает различной у разных видов грибов.

Гаустории и аппрессории характерны для паразитных грибов, хотя аппрессории иногда встречаются и у сапрофитных форм.

Одним из видоизменений мицелия являются *анастомозы* – выросты двух соседних гиф одного или разных мицелиев, срастающихся друг с другом в форме соединительных мостиков. Через такие анастомозы происходит обмен содержимым клеток, в том числе и ядерным, что обеспечивает разнокачественность мицелия. Появление анастомозов иногда связано с неблагоприятными условиями, например, с недостатком питания.

У высших грибов (сумчатых и базидиальных) наблюдается особенно обильное развитие мицелия (разрастание и уплотнение разнообразного характера), которое приводит к формированию особых образований. Простейшей формой такого мицелиального образования являются *мицелиальные пленки*. Они часто встречаются у дереворазрушающих трутовых грибов и напоминают замшевую кожу. Размер пленки достигает нескольких десятков сантиметров, и она обладает достаточно высокой прочностью.

При параллельном росте большого количества гиф в одном направлении часто наблюдается образование *тяжей (шнуров)*, состоящих из параллельно расположенных и частично сросшихся в продольном направлении гиф.

Более сложной формой мицелиального образования являются *ризоморфы* – ветвящиеся сплетения мицелия с темноокрашенными поверхностными гифами. Наружные гифы ризоморф обычно отмершие, темные, толстостенные, а внутренние – бесцветные, тонкостенные, живые. Ризоморфы служат для распространения гриба и передвижения питательных веществ, устойчивы к неблагоприятным условиям и способны долго сохранять жизнеспособность. Типичные ризоморфы характерны для известного гриба опенка. Внешне они очень сходны с корневыми разветвлениями и предназначены для охватывания субстрата, для размножения и образования плодовых тел.

*Склероции* – плотные переплетения гиф округлой или вытянутой формы, размером от десятых долей миллиметра до нескольких сантиметров. Мицелий наружной части склероция чаще темноокрашенный, толстостенный. Внутренняя часть склероция состоит из сильно обезвоженных, тонких, бесцветных гиф, богатых питательными веществами.

Склероции у грибов являются покоящейся стадией, в которой гриб способен сохраняться в период неблагоприятных условий: засуха, низкие температуры. Многие виды грибов зимуют в состоянии склероциев, которые в качестве обязательной стадии входят в их цикл развития. После периода покоя склероции прорастают обычно с образованием спороносящих органов или чаще – мицелия.

В состав склероция в одних случаях входят только гифы гриба (спорынья злаков, белая гниль овощных), а в других – склероции построены из измененных тканей питающего растения (обычно плода, пронизанного во всех направлениях мицелием – черный рак плодовых семечковых). Такое образование склероция называется *мумификацией*. При мумификации с накоплением в грибнице запасных питательных веществ происходит обезвоживание тканей растения. Мумии также являются покоящимися стадиями гриба (плодовая гниль яблок, груш и др.).

К видоизменениям мицелия, которые служат, в основном, для вегетативного размножения грибов относят оидии, бластоспоры (почкующиеся клетки), хламидоспоры, геммы.

*Оидии*, или *артроспоры*, – округлые или удлинённые клетки с тонкой оболочкой, служащие для вегетативного размножения грибов. Сохраняются оидии непродолжительное время, прорастают обычно

мицелием. Формирование оидий идет путем образования поперечных перегородок в неклеточном мицелии или дополнительных перегородок в многоклеточном мицелии при последующем распаде всего мицелия или отдельных гиф на отдельные клетки, обособляющиеся друг от друга. У многих грибов оидии входят в цикл развития в качестве обязательной стадии.

*Бластоспоры* – почкующийся мицелий. Представляет собой маленькие выросты на поверхности округлившись и обособленных клеток мицелия. Постепенно они увеличиваются, отделяются от материнской клетки и снова начинают почковаться. Бластоспоры встречаются в цикле развития дрожжевых и некоторых других голосумчатых грибов.

*Хламидоспоры* – это толстостенные клетки, образующиеся одиночно или группами, часто в цепочках на вегетативном мицелии. Эти клетки имеют плотные утолщенные оболочки, обычно темноокрашенные и инкрустированные на поверхности бородавочками, складками, которые создают иногда сетчатый узор, шипами.

Хламидоспоры при отсутствии достаточной влажности сохраняют жизнеспособность в течение многих лет, но большинство из них при благоприятных условиях способно прорасти сразу же после образования.

Обычно хламидоспоры прорастают в органы спороношений, характерные для вида, а также в росток мицелия.

У многих грибов (например, головневых) хламидоспоры входят в цикл их развития в качестве обязательной стадии, но бывают случаи, когда хламидоспоры формируются и при неблагоприятных условиях у мукоровых, базидиальных грибов.

*Геммы* – клетки мицелия, по способу образования напоминающие хламидоспоры, но отличающиеся непостоянством размера и формы. Как и хламидоспоры, они способны длительное время сохраняться, а при благоприятных условиях прорасти мицелием.

Перечисленные видоизменения мицелия указывают на большую пластичность грибов. Описанные мицелиальные образования служат не только для сохранения, распространения, питания, прикрепления к питающему субстрату, но и для вегетативного размножения гриба. Эта биологическая особенность встречается у многих видов и имеет большое биологическое значение.

**Питание грибов.** Для нормальной жизнедеятельности, роста и размножения грибы нуждаются в многочисленных элементах питания: углерод, азот, сера, фосфор, калий и магний; микроэлементы: железо, цинк, медь, кобальт, марганец, молибден и др.; витаминах: биотин, тиамин; ростовых и других биологически активных веществах.

Питательные вещества поступают в организм гриба через оболочки гиф осмотическим путем или при помощи специальных органов – гаусториев. Поэтому грибы могут поглощать питательные вещества только в виде водных растворов. Превращение сложных органических соединений растительных тканей (белков, жиров, полисахаридов) в более простые водорастворимые соединения осуществляется грибами с помощью ферментов. В состав ферментативного аппарата грибов входят ферменты, разрушающие клетчатку, и пектиновые вещества (целлюлаза, пектиназа, протопектиназа), гидролизующие крахмал (амилаза), расщепляющие белки (протеаза) и др. При участии ферментов происходит и обратный процесс – синтез комплексных высокомолекулярных соединений, идущих на построение тела гриба за счет поглощаемых им простых молекул.

**Размножение грибов.** Грибы размножаются вегетативным и репродуктивным способами.

Вегетативное размножение осуществляется не специализированными или мало специализированными частями мицелия. Оно может происходить при помощи частиц или обрывков грибницы, которые дают начало новому мицелию. Этот простой способ размножения грибов довольно широко распространен в природе; его используют также при искусственном разведении грибов, например, шампиньона, вешенки, и при пересевах чистых культур в лабораториях. Более специализированными частями вегетативного размножения грибов являются образования мицелия, которые обособляются на отдельные клетки и легко отделяются. К таким органам вегетативного размножения относятся хламидоспоры, бластоспоры, оидии и геммы.

Репродуктивное размножение осуществляется спорами, которые образуются при помощи специальных органов спороношения, отличающихся от вегетативных гиф, и может быть бесполом и половым.

Наиболее простым органом бесполого размножения является *спорангий*, представляющий собой шарообразно вздутый конец гифы. Внутри спорангия в большом количестве образуются неподвижные, одноклеточные *спорангиоспоры*. Гифа, на верхней части которой образуется спорангий, называется *спорангионосец*.

У многих низших грибов бесполое размножение происходит при помощи *зооспор*, снабженных жгутиками, благодаря которым они легко перемещаются во влажной среде. Зооспоры развиваются в зооспорангиях. У наиболее примитивных современных форм грибов, например, у видов *Olpidium*, зооспорангий формируется прямо из вегетативного тела. При этом все тело особи (амебод) состоит из одной клетки, которая лишена собственной оболочки и находится внутри живой клетки растения-хозяина. С достижением зрелости амебод полностью превращается в

зооспорангий. При этом амёбид покрывается оболочкой и его содержимое распадается на отдельные одноядерные участки, которые в виде одножгутиковых зооспор выходят наружу и, распространяясь в водной среде, осуществляют заражение чувствительных растений (рис. 3.4).

У других более высокоорганизованных грибов (например, у пероноспорных грибов) зооспорангии формируются в большом количестве на концах видоизмененных ветвей мицелия спорангиеносцев, обособившихся в качестве органов размножения, и резко отличающихся от вегетативных гиф по форме, характеру роста и другим признакам.

При созревании зооспорангии отрываются от спорангиеносцев и разносятся воздушными потоками или каплями дождя.

При прорастании зооспорангия у большинства оомицетов образуются типичные зооспоры с двумя жгутиками. Но у некоторых видов подвижные стадии утрачены, и зооспорангии прорастают с образованием ростковой трубочки, удлиняющейся затем в вегетативный мицелий. Такие зооспорангии часто называют конидиями, хотя по своему происхождению они являются истинными зооспорангиями.

Достаточно распространенной формой бесполого размножения является конидиальное спороношение, характерное для высших грибов – сумчатых, несовершенных, реже базидиальных, представленное конидиеносцами с конидиями. *Конидиеносец* – это ответвление мицелия, на вершине которого экзогенно формируются споры – *конидии*. Иногда конидиеносцы собраны в пучки – *коремии*, либо формируются в особых вместилищах – *пикнидах* или *конидиальных ложах* (рис. 3.5).

Коремии представляют собой небольшую группу конидиеносцев, сросшихся по длине и приподнимающихся над субстратом в виде веника.

Ложа – скопление очень большого количества конидиеносцев на ограниченном сплетении мицелия; ложа закладываются под покровными тканями органов растения-хозяина, которые они разрывают и выступают наружу. Иногда они развиваются на поверхности субстрата.

Пикнида – наиболее сложное образование, представляющее собой плодовое тело гриба. Это шарообразное или иной формы споровместилище с плотными стенками, внутренняя поверхность которых покрыта слоем конидиеносцев, отчленивающих конидии во внутреннюю полость пикниды. На вершинах пикниды имеется отверстие для выхода конидий.

Конидиеносцы и конидии очень разнообразны по форме, строению и окраске, эти признаки часто используются в систематике грибов при выделении видов, родов, семейств и порядков. Конидиальное спороношение встречается как у высших, так и у некоторых низших грибов (рис. 3.6).

К половому относится такое спороношение, при котором споры возникают только после слияния разнокачественных в половом отношении клеток-гамет, т. е. идет половой процесс. Различают три основные фазы полового процесса: плазмогамия – слияние отцовской и материнской клеток, кариогамия – слияние ядер, редукция – деление ядер.

Половые клетки могут быть морфологически одинаковыми или отличающимися друг от друга. Половой процесс морфологически одинаковых гамет называют изогамия, а морфологически различных мужской и женской половых клеток – оогамия.

У грибов, имеющих половой процесс, в цикле развития чередуются гаплоидные ( $n$ ) и диплоидные ( $2n$ ) состояния, причем у некоторых грибов диплоидная фаза может быть такой, что после плазмогамии ядра не сливаются, и наблюдается фаза дикариона ( $n+n$ ).

Основное предназначение полового процесса – образование споры, способной перезимовать или сохраняться длительное время при неблагоприятных условиях, а затем осуществлять первичное заражение растений. Половой процесс обеспечивает также возможность к изменчивости и наследованию признаков отцовской и материнской клеток.

Половое размножение у грибов различных классов характеризуется специфическими особенностями (рис. 3.7). У простейших форм грибов оно осуществляется путем слияния двух разнополюх зооспор, в результате чего формируется *циста*, или зимний зооспорангий. При слиянии содержимого двух одинаковых по форме и величине клеток разнополого мицелия образуются *зигоспоры*. В результате слияния содержимого двух различных по строению половых клеток формируются *ооспоры*.

Цисты, зигоспоры, ооспоры характерны для низших грибов. Они представляют собой покоящиеся споры, имеют толстую прочную оболочку и предназначены для сохранения гриба в неблагоприятных условиях.

Половое размножение у представителей высших грибов завершается образованием *асков* или *базидий*. Аски – это различной формы мешковидные образования, внутри которых развиваются аскоспоры. Обычно каждый аск содержит восемь аскоспор. Базидия представляет собой клетку цилиндрической или булавовидной формы, на поверхности которой формируются базидиоспоры. Чаще всего их бывает четыре.

У большинства грибов на разных этапах индивидуального развития образуются различные спороношения. Чаще всего гриб дает два спороношения: половое и бесполое. Однако известно немало грибов, в цикл развития которых (циклом развития у грибов называют последовательное прохождение

различных стадий и спороношений, завершающееся образованием исходных спор), помимо полового, входит несколько бесполох спороношений, иногда сильно отличающихся друг от друга. Это явление получило название *плеоморфизма*. Некоторые грибы имеют лишь одно какое-либо спороношение – бесполое или половое.

**Сохранение и распространение грибов.** Грибы сохраняются в окружающей среде в зимний период или при неблагоприятных для развития условиях в форме некоторых видоизменений мицелия (склероции, тяжи, хламидоспоры), спор полового, а иногда бесполого спороношения, реже в виде живого мицелия. Основными источниками первичной грибной инфекции являются почва, растительные остатки, семенной и посадочный материал, а также многолетние растения.

От растения к растению грибы распространяются с воздушными потоками (анемохория), водой и дождем (гидрохория), с помощью насекомых или животных (энтомохория, зоохория). Перенос инфекции фитопатогенных грибов может осуществляться также при проведении механизированных и ручных работ при уходе за растениями. Распространяются грибы преимущественно спорами бесполого спороношения.

**Отношение грибов к условиям окружающей среды.** Большое значение для роста и развития грибов имеет влажность субстрата и окружающей среды. Большинство грибов влаголюбивы, особенно необходимо наличие капельножидкой влаги и высокой относительной влажности воздуха для прорастания спор и заражения растений.

Особенно влаголюбивы некоторые группы низших грибов, а также некоторые базидиальные и несовершенные грибы. Однако избыточное увлажнение для многих грибов неблагоприятно, так как при этом снижается доступ кислорода, необходимого для их развития. Известны также грибы, хорошо развивающиеся в относительно засушливых условиях, например, возбудители настоящей мучнистой росы.

Оптимальная температура для развития фитопатогенных грибов 18–25 °С. В тоже время рост их может происходить в более широких температурных пределах 2–40 °С. При более низких температурах развиваются лишь немногие грибы, такие как *Fusarium nivale* – возбудитель снежной плесени озимых, *Sclerotinia graminearum* – возбудитель склеротиниоза злаков.

Все грибы аэробы, хотя требовательность к уровню обеспечения кислородом может быть различной для разных их видов.

Важное значение для роста и развития грибов, особенно почвообитающих, имеет кислотность среды. В основном они предпочитают кислые субстраты и слабокислую реакцию среды. Оптимальная кислотность для большей части грибов находится в диапазоне рН от 4 до 6, хотя есть виды, предпочитающие более кислую, нейтральную и даже щелочную среду.

Грибы безразличны к освещению, однако для их спороношения необходим рассеянный свет. Мицелий большинства грибов лучше развивается при отсутствии света, исключение составляют мучнисторосяные.

**Понятие о цикле развития грибов.** Развитие грибов в природе происходит в несколько стадий и имеет циклический характер. Под циклом развития грибов понимают последовательное прохождение грибом определенных фаз развития. Наиболее типичной для грибов является следующая схема цикла развития:

- 1) вегетативная стадия – мицелий, плазмодий (вегетативное тело гриба);
- 2) стадия бесполого размножения (бесполое спороношение гриба типа конидий, спорангиеспор, зооспор);
- 3) стадия полового размножения (формирование спор в результате полового процесса).

Часто наблюдаются упрощенные схемы циклов развития (несовершенные грибы) или усложненные (ржавчинные грибы).

**Систематика грибов.** Все грибы объединены в группы и размещены в определенной системе. Такие подразделения грибов на определенные группы с установлением связи между ними называются систематикой грибов.

В основу современной систематики грибов положены морфологические, цитологические, биологические, физиолого-биохимические признаки.

Согласно данной систематики грибы относятся к трем царствам, включающим в себя семь отделов четырнадцать классов (см. приложение).

### 3.4. Краткая характеристика основных систематических групп

#### Отдел *Chytridiomycota*

Отдел *Chytridiomycota* (Хитридиомицеты) относится к царству грибов *Mycota*, группе низшие грибы и включает в себя класс *Chytridiomycetes*.

Вегетативное тело – многоядерный плазмодий или зачаточный мицелий, ризомицелий. Бесполое размножение осуществляется зооспорами с одним жгутиком. Половой процесс – изогамия с образованием покоящихся спор (цист). Цисты сохраняются в почве до 10 лет. Представители класса облигатные внутриклеточные паразиты, вызывают следующие типы болезней: наросты (опухоли), гнили, чаще подземных органов растений. Жизнедеятельность грибов класса *Chytridiomycetes* тесно связана с водной средой. Многие из них паразитируют на водорослях и водных высших растениях. Фитопатогенные виды

предпочитают повышенную влажность почвы, а также кислую реакцию почвенного раствора.

Наиболее вредоносными представителями класса являются виды: *Olpidium brassica* – возбудитель черной ножки капустной рассады и *Synchytrium endobioticum* – возбудитель рака картофеля.

### Отдел *Oomycota*

Отдел *Oomycota* (Оомицеты) относится к царству грибов *Chromista*, группе низшие грибы и включает в себя класс *Oomycetes*.

Вегетативное тело – хорошо развитый одноклеточный мицелий. Бесполое размножение осуществляется зооспорами и конидиями в зависимости от вида патогена и условий окружающей среды. Половой процесс – оогамия с образованием ооспор. Ооспора двухъядерная, покоящаяся, прорастает в зооспорангий. Представители класса сапрофиты и паразиты с различным уровнем паразитизма, вызывают пятнистости с налетом надземных частей растений, гнили подземных частей, деформации, пустулы. Большинство оомицетов предпочитают условия повышенной влажности воздуха и почвы, умеренную температуру. Основными представителями фитопатогенных видов являются: *Pythium debarianum* – один из возбудителей корневой гнили свеклы, черной ножки рассады овощных культур; *Phytophthora infestans* – возбудитель фитофтороза картофеля и томатов; *Plasmopara viticola* – возбудитель милдью (ложномучнистой росы) винограда; *Peronospora schachtii* – возбудитель пероноспороза (ложномучнистой росы) свеклы; *Peronospora destructor* – возбудитель пероноспороза (ложномучнистой росы) лука; *Peronoplasmopara cubensis* – возбудитель пероноспороза (ложномучнистой росы) огурца; *Bremia lactuca* – возбудитель ложномучнистой росы салата.

### Отдел *Zygomycota*

Отдел *Zygomycota* (Зигомицеты) относится к царству грибов *Mycota*, группе низшие грибы, включает в себя класс *Zygomycetes*.

Вегетативное тело у грибов данного класса представлено хорошо развитым, одноклеточным мицелием. Бесполое размножение осуществляется неподвижными спорангиеспорами. Половой процесс – зигогамия с образованием покоящихся зигоспор, которые впоследствии прорастают в спорангии со спорангиеспорами. В основном сапрофиты, но иногда паразитируют на насекомых и растениях, вызывая на пораженных органах образование налета. *Mucor racemosus* – возбудитель головчатой плесени пищевых продуктов, овощей и *Rizopus nigricans* – возбудитель черной или хлебной плесени широко распространены в природе, обычно встречаются на заплесневевшем хлебе, могут вызывать гниль плодов и ягод, овощей, плесневение семян.

### Отдел *Ascomycota*

Отдел *Ascomycota* (Аскомицеты, или сумчатые) относится к царству грибов *Mycota*, группе высшие грибы, включает в себя четыре класса: *Archaeascomycetes*, *Hemiascomycetes*, *Euascomycetes*, *Loculoascomycetes*.

Представители отдела характеризуются хорошо развитым многоклеточным чаще эндогенным мицелием, образующим многочисленные видоизменения: геммы, оидии, хламидоспоры, склероции и т. д. Бесполое размножение осуществляется конидиями или отсутствует. Конидии образуются в течение вегетационного периода многократно, являясь источником вторичной инфекции. Половой процесс заканчивается формированием асков с аскоспорами (сумок с сумкоспорами). Они могут располагаться непосредственно на мицелии или в особых его вместилищах – плодовых телах. Различают следующие типы плодовых тел: *клеистоцеций* – полностью закрытое плодовое тело в виде шара; *перитеций* – полукрытое плодовое тело в виде кувшина; *апотеций* – открытое плодовое тело в виде блюда, диска. Кроме того, для некоторых представителей отдела характерны ложные плодовые тела – *псевдопитеции*, формирующиеся после периода зимнего покоя из мицелия внутри тканей листьев и других органов растений.

Плодовые тела довольно разнообразны по окраске, величине, строению и расположению относительно субстрата. Они могут быть одиночными или сгруппированными, нередко погруженными в общую строму, представляющую собой более или менее объемистое сплетение мицелия различной консистенции (рис. 3.8).

Для грибов данного отдела характерны все уровни паразитизма. Они могут вызывать следующие типы болезней: деформации, налеты, гнили, пятнистости, мумификации и другие.

Класс *Archaeascomycetes* (архаеаскомицеты, или голосумчатые) объединяет грибы, у которых отсутствуют плодовые тела, а аски образуются непосредственно на мицелии из зиготы без образования аскогенных гиф.

Включает в себя около 100 видов узкоспециализированных паразитов, поражающих среди сельскохозяйственных растений главным образом плодовые косточковые, вызывая гипертрофию, деформации, «ведьмины метлы». Бесполое размножение у представителей класса отсутствует, следовательно, отсутствует и вторичная инфекция, аскоспоры способны почковаться, все облигатные паразиты.

Наиболее распространенными видами являются: *Taphrina pruni* – возбудитель болезни «кармашки слив»; *Taphrina cerasi* – возбудитель болезни «ведьмины метлы» вишни, черешни; *Taphrina deformans* –

возбудитель болезни «курчавость листьев» персика (рис. 3.9).

К классу *Euscomycetes* (эуаскомицеты, или плодосумчатые) относят грибы, для которых характерно образование различных плодовых тел. В зависимости от типа плодовых тел класс делится на группы порядков, порядки.

Наиболее широко представленными возбудителями болезней сельскохозяйственных культур являются представители порядка эризифовых, или мучнисторосяных. Плодовые тела – клейстотеции – находятся у них на поверхности мицелия. Роды внутри порядка различаются по количеству асков в плодовых телах и форме придатков на поверхности плодовых тел.

К мучнисторосяным относятся виды: *Erysiphe graminis* – возбудитель мучнистой росы злаков; *Erysiphe communis* – возбудитель мучнистой росы бобовых культур; *Sphaerotheca mors-uvae* – возбудитель американской мучнистой росы крыжовника и др.

Другим важным порядком плодосумчатых грибов являются клавицепсовы, или спорыньевые, для которых характерны полуоткрытые плодовые тела – перитеции. К данному порядку относятся виды: *Claviceps purpurea* – возбудитель спорыньи злаков; *Epichloe typhina* – возбудитель чехловидной болезни злаков.

Большое количество фитопатогенных видов относится к плодосумчатым грибам порядка гелоциевые. Плодовые тела у них – апотеции воронковидной формы на удлиненных ножках, развиваются из склероциев после периода их покоя. Представителями порядка являются виды: *Sclerotinia trifoliorum* – возбудитель рака клевера; *Sclerotinia sclerotiorum* – возбудитель белой гнили овощных культур, подсолнечника; *Monilinia fructigena* – возбудитель плодовой гнили яблок и груш; *Monilinia cinerea* – возбудитель монилиоזה косточковых.

Класс *Loculoascomycetes* (локуломицеты, или полостносумчатые) включает в себя грибы, у которых отсутствуют настоящие плодовые тела, а аски образуются в особых полостях (локулах) мицелиальных стром – псевдотеция.

Представителями данного класса являются виды: *Venturia inaequalis* – сумчатая стадия возбудителя парши яблони; *Venturia pirina* – сумчатая стадия возбудителя парши груши; *Ophiobolus graminis* – возбудитель офиоболезни корневой гнили зерновых.

### Отдел *Basidiomycota*

Отдел *Basidiomycota* (Базидиомицеты, или базидиальные грибы) относится к царству грибов *Mycota*, группе высшие грибы, включает в себя три класса, однако наиболее вредоносные фитопатогенные виды относятся к двум из них – *Ustilaginomycetes* и *Urediniomycetes*. Вегетативное тело базидиальных грибов представлено хорошо развитым многоклеточным, чаще эндогенным мицелием, который образует многочисленные видоизменения: хламидоспоры, склероции, тяжи и др. Бесполое размножение осуществляется конидиями, но чаще отсутствует. Половое размножение осуществляется базидиоспорами, которые формируются на поверхности базидий. Базидии могут быть одноклеточными – *холобазидии* и многоклеточными – *гетеробазидии*. Представители класса могут быть как сапрофитами, так и паразитами с различной степенью выраженности паразитических свойств. Базидиомицеты вызывают следующие типы болезней растений: налет, деформация, головня, пустулы, или подушечки, гнили, пятнистости и другие.

Класс *Ustilaginomycetes* (Головневые) включает в себя узкоспециализированных облигатных паразитов высших растений, которые поражают зерновые культуры, злаковые травы, лук, вызывая разрушение органов с образованием пылящей споровой массы (головни). Мицелий у головневых грибов внутренний, диффузный, распространяется по межклеточникам, питание осуществляется с помощью гаусторий. Плодовые тела отсутствуют, базидии образуются при прорастании покоящихся спор – *телиоспор*. По способу образования – это вегетативные споры, являющиеся хламидоспорами, которые формируются в результате распада мицелия на отдельные клетки, покрытые плотной оболочкой.

По типу проявления головня бывает:

1. Твердая головня – вместо зерна образуется черный комочек, поражаются только репродуктивные органы – зерновка.
2. Пыльная головня – разрушаются все части колоса, остается голый стержень.
3. Стеблевая головня – полосы, заполненные черной массой на стеблях, влагалищах листьев и других вегетативных органах.
4. Пузырчатая головня – на листьях, стеблях, зернах, початках, султанах появляются вздутия в виде желваков (гипертрофия клеток), содержащих черно-оливковую массу телиоспор.

По типам заражения все головневые грибы можно подразделить на три основные группы:

1. Заражение происходит в период прорастания семян (ростковый тип) за счет спор, находящихся на поверхности семян или в почве, а также за счет спор или гемм, находящихся под пленкой (у пленчатых культур).

2. Заражение происходит через цветок в период цветения (цветковый тип).

3. Заражение происходит в течение почти всей вегетации растений (вегетативный тип).

Выделение семейств, родов внутри класса основано на различиях в строении базидий и телиоспор.

К данному классу относится большое количество возбудителей одних из наиболее вредоносных болезней

зерновых культур – головневых, это такие как *Ustilago tritici* – возбудитель пыльной головки пшеницы; *Ustilago nuda* – возбудитель пыльной головки ячменя; *Ustilago hordei* – возбудитель твердой (твердо-каменной) головки ячменя; *Ustilago zaeae* – возбудитель пузырчатой головки кукурузы; *Ustilago avenae* – возбудитель пыльной головки овса; *Ustilago levis* – возбудитель покрытой головки овса; *Sphacelotheca panici-miliacei* – возбудитель головки проса; *Sorosporium reilianum* – возбудитель пыльной головки кукурузы; *Tilletia caries* – возбудитель твердой головки пшеницы; *Urocystis occulta* – возбудитель стеблевой головки ржи; *Urocystis tritici* – возбудитель стеблевой головки пшеницы.

Класс *Urediniomycetes* (Ржавчинные) включает в себя облигатных паразитов с узкой филогенетической специализацией, которые образуют на пораженных органах пустулы, или подушечки. Мицелий эндогенный, межклеточный, местный. Для ржавчинных грибов характерно стадийное развитие и несколько следующих друг за другом типов спороношений.

*Эцидиальная стадия* (весенняя) включает в себя следующие спороношения: *спермагонии со спермациями*; *эци с эциоспорами*. *Урединиальная стадия* (летняя) включает в себя одно спороношение – урединии с урединиоспорами. Телиальная стадия (зимняя) состоит из *телиопустул с телиоспорами* и базидий с базидиоспорами.

Различают возбудителей ржавчин:

- 1) с полным циклом развития, для которых характерны все пять типов спороношений (возбудители линейной ржавчины злаков, корончатой ржавчины овса);
- 2) с неполным циклом развития, в циклах развития которых отсутствуют некоторые типы спороношений (возбудитель желтой ржавчины злаков);
- 3) с полным необязательным циклом развития, которые могут развиваться как по полному, так и по неполному циклу в зависимости от условий (возбудители бурой ржавчины пшеницы, бурой ржавчины ржи, карликовой ржавчины ячменя и др.).

Ржавчины бывают однохозяйные, когда все стадии своего развития они проходят на одном растении (ржавчина льна, ржавчина свеклы, ржавчина клевера); разнохозяйные – на разных растениях (корончатая ржавчина овса, стеблевая или линейная ржавчина злаков, ржавчина гороха).

Систематика ржавчинных грибов основана на различиях в строении и расположении телиоспор.

Наиболее вредоносными видами ржавчинных грибов для сельскохозяйственных культур являются: *Uromyces pisi* – возбудитель ржавчины гороха; *Uromyces betae* – возбудитель ржавчины свеклы; *Puccinia graminis* – возбудитель линейной ржавчины злаков; *Puccinia triticina* – возбудитель бурой ржавчины пшеницы; *Puccinia dispersa* – возбудитель бурой ржавчины ржи; *Puccinia coronifera* – возбудитель корончатой ржавчины овса; *Puccinia striiformis* – возбудитель желтой ржавчины злаков; *Phragmidium rubi-idea* – возбудитель ржавчины малины; *Melampsora lini* – возбудитель ржавчины льна; *Cronartium ribicola* – возбудитель столбчатой ржавчины смородины.

## Отдел *Deuteromycota*

Отдел *Deuteromycota* (Дейтеромицеты, или Несовершенные грибы) относится к царству грибов *Mycota*, группе высшие грибы, включает в себя три класса, однако наиболее важные фитопатогенные виды собраны в двух – *Hyphomycetes*, *Coelomycetes*.

Вегетативное тело несовершенных грибов представлено многоклеточным, хорошо развитым, чаще эндогенным мицелием. Размножение только бесполое с помощью конидий, половое отсутствует. Если у какого-то вида несовершенных грибов установлена половая стадия, то возбудителя в данной стадии относят к другому классу грибов чаще к аскомицетам, реже к базидиальным. Например, если в цикле развития возбудителя парши яблони *Fusicladium dendriticum*, относящегося к несовершенным грибам, встречается половая стадия, то в данной стадии его относят к аскомицетам, и он называется *Venturia inaequalis*.

У представителей данного класса встречаются все типы паразитизма.

Типы вызываемых болезней: гнили сочных частей растений, пятнистости, увядание, образование язв.

У немногих представителей класса отсутствует и конидиальное спороношение. Такие грибы часто образуют склероции, а иногда встречаются только в виде мицелия. Деление на классы, порядки, семейства, роды основано на различиях в характере конидиального спороношения.

Класс *Hyphomycetes* (Гифомицеты). Конидии образуются на одиночных конидиеносцах или собраны в пучки (коремии) или в подушечки (спородохии).

Конидиеносцы и конидии могут быть бесцветные или окрашены в различные цвета. Очень разнообразна форма конидий. К наиболее значимым фитопатогенным видам относятся: *Monilia fructigena* – конидиальная стадия возбудителя плодовой гнили семечковых; *Monilia cinerea* – возбудитель монилиального ожога косточковых; *Botrytis cinerea* – возбудитель серой гнили плодов и овощей; *Botrytis allii* – возбудитель шейковой гнили лука; *Oospora pustulans* – возбудитель бугорчатой парши картофеля; *Cladosporium fulvum* – возбудитель бурой пятнистости листьев томата; *Fusicladium dendriticum* – конидиальная стадия возбудителя парши яблони; *Cercospora beticola* – возбудитель церкоспороза свеклы; *Drechslera graminea* – возбудитель полосатой пятнистости листьев ячменя; *Drechslera teres* – возбудитель сетчатой пятнистости листьев ячменя; *Alternaria solani* – возбудитель альтернариоза картофеля и томатов; *Alternaria brassicae* – возбудитель альтернариоза крестоцветных; *Fusarium nivale* – возбудитель снежной плесени озимых; *Fusarium*

*graminearum* – возбудитель болезни «пьяный хлеб» или фузариоз колоса; *Fusarium lini* – возбудитель болезни фузариоза льна.

Класс *Coelomycetes* (Коеломицеты) включает в себя несовершенные грибы, конидиальное спороношение которых формируется в конидиальных ложе и пикнидах и, в зависимости от их особенностей, класс делится на порядки, семейства, роды.

Порядок *Melanconiales* (Меланкониевые) – конидиеносцы собраны в ложе. Обычно ложе погружено в субстрат, а сверху прикрыто кутикулой, эпидермисом или перидермой растения-хозяина. После созревания конидий прикрытие разрывается, и конидии в слизи выступают наружу. Такой тип спороношения определяет характер проявления заболевания – образование язвы или пятна на поверхности пораженного органа. Представителями данного порядка являются: *Colletotrichum lindemutianum* – возбудитель антракноза фасоли; *Gloesporium ribis* – возбудитель антракноза смородины; *Cylindrosporium hiemale* – конидиальная стадия возбудителя коккомикоза вишни.

Порядок *Sphaeropsidales* (Сфаеропсидные) – конидиеносцы собраны в пикниды. Пикниды, как правило, темноокрашенные, шаровидные, жесткие, кожистые, с устьицем или замкнутые, свободные или погруженные в субстрат.

Представители порядка виды: *Phoma betae* – возбудитель фомоза, или зональной пятнистости листьев свеклы; *Sphaeropsis malorum* – возбудитель черного рака плодовых деревьев; *Ascochyta pisi* – возбудитель бледнопятнистого аскохитоза гороха; *Ascochyta lini* – возбудитель аскохитоза льна; *Septoria nodorum* – возбудитель септориоза пшеницы; *Septoria lycopersici* – возбудитель септориоза томатов.

### 3.5. Бактерии – возбудители болезней сельскохозяйственных культур

Бактерии представляют собой одноклеточные бесхлорофильные организмы, живущие за счет готовых органических веществ.

**Морфологическая характеристика и биологические особенности фитопатогенных бактерий.** Бактериальная клетка состоит из цитоплазмы, в которой в виде мелких зерен распределено ядерное вещество, представленное ДНК. Истинное (обособленное) ядро отсутствует. Цитоплазматическая масса окружена толстой многослойной оболочкой, которая придает клетке определенную форму, у некоторых видов бактерий оболочка имеет слизистый чехол или капсулу, которая предохраняет бактериальную клетку от неблагоприятных внешних воздействий (прямых солнечных лучей, высыхания и т. д.).

Почти все фитопатогенные бактерии имеют палочковидную форму, чаще всего палочки прямые с закругленным концом, иногда слабо изогнутые с булавовидными вздутиями на концах, средние размеры от 0,5 до 4,5 мкм в длину и 0,3–0,6 мкм в ширину.

Большинство фитопатобактерий подвижны благодаря жгутикам. В зависимости от их расположения бактерии бывают: монотрихи – с одним полярным жгутиком; лофотрихи – с пучком жгутиков на одном из концов клетки; перетрихи – со жгутиками, расположенными по всей поверхности клетки.

При неблагоприятных условиях фитопатобактерии образуют фильтрующиеся формы (L-формы) без клеточных стенок, с наступлением благоприятных условий они восстанавливают свою первоначальную форму. В L-форме бактерии могут длительное время находиться в растениях латентно (скрытно), что затрудняет своевременную диагностику бактериозов.

Бактерии обладают способностью окрашиваться по Грамму, что связано с особенностью клеточных стенок удерживать красители. Данное свойство широко используется в диагностике бактериозов. Бактериальные клетки окрашивают раствором грам-виолета или грам-йода, затем обесцвечивают этиловым спиртом, после чего у одних видов краситель вымывается, у других – прочно связывается и клетки остаются окрашенными. Бактерии, удерживающие краситель, называются *грамположительными*, а обесцвечивающиеся – *грамотрицательными*. Большинство видов фитопатогенных бактерий грамположительны, за исключением возбудителей бактериального рака томата и кольцевой гнили картофеля.

По характеру питания фитопатогенные бактерии – гетеротрофы. Облигатных паразитов среди них не установлено. Большинство их факультативные сапротрофы и факультативные паразиты.

Фитопатобактерии обладают способностью синтезировать два типа пигментов (красящих веществ):

1) водонерастворимые, которые не выделяются в питательную среду, а окрашивают колонии самих бактерий в определенный для данного вида цвет. Так, колонии возбудителей черного бактериоза пшеницы и сосудистого бактериоза капусты всегда желтого цвета;

2) водорастворимые, которые переходят в питательную среду, окрашивая ее. Так, бактерии рода *Pseudomonas* (возб. бактериального рака косточковых, угловатой пятнистости листьев огурца) выделяют зеленый флуоресцирующий пигмент и вызывают в ультрафиолетовом свете хорошо видимое свечение.

Большинство фитопатогенных бактерий имеют в своем составе ферменты, расщепляющие клеточные оболочки и пектиновые вещества (протопектиноза, пектиноза); белок (протеаза); гидролизующие крахмал (амилаза); расщепляющие хлорофильные зерна (хлорофиллаза) и др., с их помощью бактерии переводят содержащиеся в растительной клетке и необходимые для них вещества в усвояемые формы.

Питаются бактерии осмотически, через оболочку клеток. Патогенные бактерии могут выделять токсины, которые воздействуя на растение, нарушают его ферментативные системы, вызывая отмирание или

увядание тканей и органов.

Бактерии размножаются вегетативным путем – простым делением материнской клетки пополам (при благоприятных условиях оно повторяется каждые 20–30 минут). Наследственные изменения у бактерий происходят в результате спонтанных мутаций и рекомбинаций. Рекомбинации или обмен генетической информацией у фитопатогенных бактерий осуществляется за счет:

1) трансформации, когда ДНК, выделенная одним штаммом бактерий, поглощается живыми клетками другого штамма и включается в их геном;

2) трансдукцией, когда генетическое вещество передается из одной клетки в другую при помощи бактериофага – вируса бактерии;

3) конъюгации, когда происходит контакт между бактериальными клетками и передача наследственной информации из одной в другую.

Большинство бактерий аэробы, хорошо размножаются в нейтральной и слабощелочной среде (рН 7,0–8,0) при повышенной влажности воздуха. Оптимальная температура для размножения бактерий 20–25 °С. Однако начинается оно при температуре 5–10 °С. При температуре 40 °С бактерии погибают в течение 10 минут.

*Распространение бактерий и первичные очаги бактериальной инфекции.* Бактерии не проникают в растения через покровные ткани. Заражение происходит через естественные отверстия – устьица, чечевички или повреждения покровных тканей. В растениях бактерии передвигаются по сосудистой системе. Распространение патогена от больных растений к здоровым осуществляется следующими путями:

1. С помощью ветра, дождя, человека (при уходе за растением).

2. При механическом контакте больных и здоровых растений, особенно если на последних имеются механические повреждения.

3. С семенами и посадочным материалом. С семенами распространяются возбудители угловатой пятнистости листьев огурца, сосудистого бактериоза капусты, с посадочным материалом – черной ножки картофеля. С больными семенами и посадочным материалом бактерии могут распространяться на далекие расстояния из одной страны в другую.

4. С орудиями труда (сельскохозяйственные машины, ножи и др. инструменты) и тарой.

5. Переносчиками фитопатобактерий могут служить насекомые, птицы. Например, на близкие расстояния бактериальный ожог плодовых переносят пчелы, на далекие перелетные птицы, а мокрую бактериальную гниль картофеля в хранилище распространяет плодовая муха-дрозофила.

Источником бактериальной инфекции являются:

1. Послеуборочные остатки до полной их минерализации.

2. Почва (непродолжительное время, так как их подавляют антагонисты – почвенные микроорганизмы, исключение составляют возбудитель корневого рака плодовых деревьев и некоторые другие виды).

3. Поверхность растений, где патоген может находиться некоторое время в неактивной фазе. Так, возбудитель бактериального ожога плодовых может в течение многих месяцев находиться на поверхности почек, не вызывая симптомов болезни.

4. Тело насекомых. Так, возбудитель слизистого бактериоза капусты сохраняется в личинках капустной мухи.

5. Растительные ткани, где бактерии могут находиться в латентной, фильтрующейся форме (L-форма) без обнаружения характерных симптомов болезни.

6. Семена и посадочный материал (основной источник инфекции).

**Типы бактериозов и методы их диагностики.** Бактериозами называют болезни растений, вызываемые бактериями.

По степени поражения растительных тканей все бактериозы делятся на:

1) диффузные, когда патоген проникает в сосудистую систему, распространяется в проводящих пучках и, размножаясь, закупоривает их. Данный тип бактериозов проявляется в виде увядания растений (бактериальное увядание томата);

2) местные, проявляется в виде поражения участков паренхимы отдельных органов растений. Основные симптомы местных бактериозов:

а) некрозы – расширяющиеся участки отмерших клеток, имеющих бурую или черную окраску (бактериальный рак косточковых, угловатая пятнистость листьев огурца);

б) гнили, когда под действием соответствующих ферментов (пектиназы и протопектиназы) разрушается межклеточное вещество (мацерация тканей), вследствие чего пораженная ткань превращается в мягкую кашицеобразную массу с характерным запахом (мокрая бактериальная гниль картофеля);

в) опухоли, галлы (встречаются реже), когда бактерии стимулируют усиленное деление клеток пораженной ткани (корневой рак плодовых деревьев);

г) угнетение растений, ненормальное развитие отдельных органов (незавершенное формирование кочана у капусты при поражении ее сосудистым бактериозом);

д) для некоторых бактериозов, как симптом, характерно образование бактериального экссудата (слизистых выделений) на поверхности пораженных органов (угловатая пятнистость листьев огурца).

Часто для бактериозов характерно сочетание различных симптомов. При поражении черной ножкой картофеля происходит увядание стеблей в период вегетации и гниль клубней в период хранения.

Методы диагностики бактериозов:

1. Тщательное изучение симптомов болезни (визуальная диагностика).
2. Микроскопический анализ срезов пораженной ткани с использованием красителей, облегчающих распознавание бактерий.
3. Изоляция и подробное изучение возбудителя (характер роста колоний, окраска, способности вызывать на искусственно инфицированных растениях те же симптомы что и на исследуемом растении при естественном поражении).

Для идентификации бактерий используют такие признаки как структура ДНК, состав клеточной стенки, окраска по Грамму, реакция на сыворотку (серологический метод).

### 3.6. Вирусы – возбудители болезней сельскохозяйственных культур

Вирусы представляют собой особую группу неклеточных форм жизни, обладающих собственным геномом, способных к воспроизведению в клетках всех видов организмов.

**Морфологические и биологические особенности вирусов.** Вирусные частицы (вирионы) имеют характерные для каждого вида вируса форму и размеры. Это очень мелкие организмы, которые можно видеть только в электронный микроскоп. Например, вирионы вируса табачной мозаики представляют собой палочки длиной 300 нм и диаметром 16 нм (нанометр – одна миллионная миллиметра).

Фитопатогенные вирусы можно отнести к 5-ти морфологическим формам:

палочковидные (вирус табачной мозаики); нитевидные (вирус мозаики лука, X-вирус картофеля, вирус желтухи свеклы); сферические (вирус бронзовости томата, вирус кольцевой пятнистости вишни); бациллоподобные (вирус штриховатой мозаики пшеницы, вирус желтой карликовости картофеля); изометрические (вирус короткоузлие винограда).

Вирусные частицы способны образовывать в клетке кристаллы или располагаться аморфно, чаще всего в цитоплазме, иногда в ядрах и вакуолях.

По химическому составу вирусы являются нуклеопротеидами и состоят из белка, который выполняет защитную функцию, расположен вокруг нуклеиновой кислоты и называется капсид, и нуклеиновой кислоты (у фитопатовирусов – РНК), носителя генетической информации. По процентному содержанию нуклеиновая кислота занимает небольшую долю в вирусной частице – 5–35 %, остальные 65–95 % составляет белок.

Вирусы являются облигатными внутриклеточными паразитами на генетическом уровне, обладающие высокой инфекционностью.

Различные вирусы по-разному реагируют на температуру окружающей среды. Некоторые теряют свою жизнеспособность при температуре 25–45 °С, а другие выдерживают нагревание до температуры 80–90 °С в течение 10 минут (вирус табачной мозаики). По стойкости в окружающей среде вирусы бывают:

1) стойкие – сохраняют целостность частиц при нагревании, подкислении и т. д. продолжительное время, сохраняют инфекционность в отжатом соке больных растений (вирус табачной мозаики > 50 лет);

2) нестойкие – содержатся в растениях обычно в небольших концентрациях, инактивируются при температуре 25–50 °С, а в отжатом соке пораженных растений через несколько часов.

Вирусы обладают наследственностью и изменчивостью. Существует огромное количество штаммов одного и того же вида вируса, что затрудняет разработку защитных мероприятий против них.

Филогенетическая специализация вирусов может быть узкой (S вирус картофеля поражает только картофель) и широкой (вирус мозаики люцерны поражает 92 вида растений из 28 семейств).

Размножение вирусов называется репликацией (восстановление себе подобных). Существует несколько стадий размножения вирусов:

1) Адсорбция – вирус прикрепляется к клетке, никаких патологических изменений в клетке нет.

2) Проникновение в клетку и освобождение нуклеиновой кислоты из белковой оболочки. РНК становится активной.

3) Стадия подготовительных процессов, или эклипс-стадия. В этот период вирусная частица начинает управлять клеткой.

4) Синтез нуклеиновой кислоты и образование новых молекул вирусного белка с последующим их объединением в новые вирусные частицы.

5) Освобождение вируса из клетки и заражение других клеток.

**Распространение вирусов и первичные источники вирусной инфекции.** Вирусы могут проникать в растение только через поврежденную покровную ткань. От одной клетки к другой вирусы перемещаются по плазмодесмам. Перемещение вируса по растению осуществляется по сосудистой системе, преимущественно флоэме, сверху вниз. От больных растений к здоровым вирусы передаются исключительно с клеточным соком. Различают следующие способы передачи вирусов:

1. *Контактно-механический.* Передача вирусов осуществляется при механическом соприкосновении листьев, стеблей и т. д. больных и здоровых растений. Достаточно небольших ранок на поверхности растений, чтобы появилась возможность контактной передачи вируса (например, повреждения волосков на листьях). Способствуют распространению контактных вирусов механические повреждения растений при прищипке, пасынковании и других приемах ухода. Контактным способом распространяются вирусы, которые развиваются в клетках эпидермиса, т. е. возбудители мозаик.

2. *Векторная передача.* Осуществляется с помощью переносчиков. Самый распространенный способ передачи вирусов. Известно около 400 видов насекомых и клещей, переносящих свыше 200 различных вирусов. Например, персиковая тля способна передавать более 60 вирусов. Однако, механизм переноса вирусов насекомыми неодинаков. В связи с этим различают следующие способы передачи вирусов насекомыми:

1) *стилетный*, или *неперсистентный* способ, когда насекомое, питаясь кратковременно на больном растении (0,5–2 мин), становится вирофорным (т. е. способным передавать вирусную инфекцию здоровому растению), но в течение нескольких часов теряет это свойство. Так переносят вирусы тли, а болезни, передаваемые ими – мозаики (огуречный вирус 1, мозаика свеклы, вирусы земляники, малины и др.);

2) *персистентный* способ, когда насекомое становится вирофорным не сразу после начала питания на больном растении, а спустя определенное время, от нескольких часов до нескольких дней (этот период называется латентным, или инкубационным) и сохраняют инфекционность в течение 100 и более часов. Такую передачу осуществляют специализированные насекомые, чаще всего цикадки, реже трипсы, тли, клещи и др. Болезни, передаваемые таким путем, относятся к группе желтух (бронзовость томата, курчавость верхушки свеклы и др.);

3) *полуперсистентный* способ, когда насекомое сохраняет свою вирофорность от 10 до 100 часов после питания на больном растении (вирус желтухи свеклы, вирус М картофеля).

3. *Передача вирусов семенами, посадочным материалом, прививкой.* Передача вирусов через пыльцу к семенам происходит в процессе опыления, встречается редко; передача через посадочный материал, больные луковицы, клубни, усы распространена широко. Прививкой могут передаваться все вирусы без исключения.

4. *Передача вируса другими путями (нематоды, цветущие растения паразиты и т. д.)*

К источникам вирусной инфекции в природе относятся: многолетние культурные и сорные растения; посадочный материал (клубни, луковицы, корнеплоды и т. д.); семена, особенно для вирусов, поражающих бобовые культуры (фасоль, сою и др.); вегетативный материал плодовых и ягодных культур заготовленный с больных растений; пораженные растительные остатки; организм насекомых переносчиков; почва (в ней вирусы могут сохраняться чрезвычайно редко в кристаллическом виде).

**Симптомы вирусозов, методы их диагностики и вредоносность.** Вирусозами называются болезни, вызываемые вирусами. Различают следующие типы вирусозов.

1. *Мозаики*, для которых характерно изменение окраски пораженных органов, чередование светлых и темно-зеленых участков, что связано с угнетением образования пластид или с разрушением хлоропластов (мозаика лука, свеклы, табака). Мозаики в свою очередь проявляются в виде: изменения окраски или собственно мозаик; некрозов или пятнистостей, когда разрушаются не только хлоропласты в клетках, но происходит гибель самих клеток (стрик томата, полосатая мозаика картофеля); частичной или местной деформации органов. Например, папоротниковидность или нитевидность листьев (мозаика томата), курчавость листовой пластинки (морщинистая мозаика картофеля).

2. *Желтухи*, для которых характерна общая хлоротичность без мозаичной окраски, кроме этого у больных растений наблюдаются и другие отклонения в развитии, что связано с глубокими нарушениями обмена веществ в растениях. Ростовые явления преобладают над процессами развития. В связи с этим желтухи могут проявляться в виде чрезмерной кустистости и образования «ведьминых метел». Растение как бы останавливается на фазе кушения (так, при закукливании овса образуется 40–50 побегов), а выколашивание задерживается, если и происходит, то метелка не выходит из влагалища или выходит уродливой. Для желтух может быть характерна общая глубокая деформация, а также нарушение репродуктивных функций растения или полная его стерильность.

**Основные методы диагностики вирусозов:**

1. *Визуальная диагностика* – метод, основанный на изучении внешних признаков болезни, самый доступный и неточный метод.

2. *Серологический метод*, или *метод сывороток*. Основан на том, что вирусы (антигены), будучи введены в кровь теплокровных животных, вызывают накопление в плазме крови (сыворотке) специфических видоизмененных белков (антител). Полученная из крови животного сыворотка с антителами строго специфична и обладает способностью реагировать только с тем вирусом (антигеном), который был введен в тело животного, и по отношению к которому были получены антитела.

3. *Установление инфекционности болезни.* Заражают соком больного растения здоровые. Больной привой прививают на здоровый подвой. Используют насекомых, которых выдерживают определенное время на больных растениях, а затем переносят на здоровые. Пересаживают растения. Например, если причиной хлороза малины были плохие почвенные условия, то при пересадке растений в хорошую почву они перестают болеть через 3–4 недели и приобретают нормальный зеленый вид.

4. *Метод растений индикаторов* основан на использовании растений, дающих очень четкую реакцию, строго специфичную определенному виду вируса (для вируса табачной мозаики, который поражает многие растения, таким растением является табак).

5. *Метод электронной микроскопии.* Зная форму и строение вирусных частиц определенного вида, и изучая сок больных растений под микроскопом, можно правильно диагностировать тот или иной вирусоз.

6. *Метод включений*. Большинство вирусов образуют в клетке специфические включения или кристаллы, состоящие из вирусных частиц. Имеется каталог таких включений, в нем около 50 вирусов.

Так, вирус табачной мозаики, образует в клетках гексагональные и игловидные кристаллы, вирус мозаики свеклы – веретенновидные кристаллы.

7. *Иммуноферментный анализ*, особенно точный метод. Если определенной группы фермент поместить в питательную среду и туда же поместить вирусные частицы, связывающие этот фермент, то по оставшемуся количеству фермента можно судить о наличии вируса.

8. *Люминесцентный метод* основан на особом свечении клеток с вирусом.

Вирозы широко распространены, и встречаются практически на всех сельскохозяйственных культурах во всех странах. Описано около 600 вирусов, паразитирующих на высших растениях. 9 % наиболее вредоносных болезней вызывается вирусами. На долю вирозов приходится 20 % биологических потерь урожая от вредителей болезней и сорняков.

Для вирозов характерно разнообразие вредоносности:

- 1) существенное снижение урожайности сельскохозяйственных культур;
- 2) изменение пищевой, кормовой и технологической ценности получаемой продукции (снижение содержания крахмала у картофеля, сахаристости у сахарной свеклы);
- 3) снижение хозяйственной ценности посевного и посадочного материала (плохая всхожесть семян и развитие растений);
- 4) снижение холодостойкости растений;
- 5) повышение восприимчивости растений к другим болезням (отмечено, что картофель пораженный вирусом скручивания листьев в большей степени подвержен заболеванию фитофторозом).

Однако, несмотря на разнообразие вредоносности, вирусы, как правило, не приводят к гибели растений. Вирозы, в отличие от других болезней растений, часто обладают латентностью (т. е. скрытым развитием), что затрудняет их диагностику.

### 3.7. Микоплазмы и актиномицеты – возбудители болезней сельскохозяйственных культур

**Микоплазмы как возбудители болезней сельскохозяйственных культур.** Микоплазмы – это специфическая группа фитопатогенных организмов, занимающая промежуточное положение между вирусами и бактериями.

В отличие от вирусов микоплазмы имеют клеточное строение, клетки округлой, реже удлинённой и гантелевидной формы, в диаметре от 0,1 до 1 мкм. Характеризуются полиморфизмом, когда один и тот же вид микоплазм может иметь неодинаковые по размерам и форме клетки.

Клетки микоплазм не имеют настоящей клеточной стенки, окружены трехслойной мембраной (в отличие от бактерий), в них присутствуют два типа нуклеиновых кислот ДНК и РНК (в отличие от вирусов).

В отличие от вирусов микоплазмы способны размножаться на искусственных питательных средах. Размножение микоплазм происходит почкованием или бинарным делением.

Микоплазмы чувствительны к антибиотикам из группы тетрациклина (в отличие от вирусов), как и бактерии сами могут подвергаться вирусной инфекции. Распространение микоплазм внутри растений происходит в основном по сосудам флоэмы. Переносят микоплазмы чаще цикадки персистентным способом. Зимуют микоплазмы только в живых вегетативных частях растений – клубнях, луковицах, корнеплодах, корнях и т. д. В растительных остатках не сохраняются, семенами не передаются (в отличие от бактерий).

Многие виды микоплазм имеют широкую филогенетическую специализацию. Так, микоплазма столбура пасленовых способна поражать томат, картофель, перец, выюнок, бодяк, молочай, цикорий и другие растения, относящиеся к различным ботаническим семействам.

Болезни растений, вызываемые микоплазмами, носят название – микоплазмозы. Первые сведения и микоплазмах как о возбудителях болезней растений появились только в 1967 году. В настоящее время насчитывается более 50 видов болезней растений, в отношении к которым была установлена микоплазменная этиология. Это такие болезни как столбур томата, израстание малины, реверсия смородины, пролиферация и мелкоплодность яблони, ведьмины метлы картофеля, позеленение цветков (филлодия) клевера. Микоплазменные болезни очень вредоносны и могут привести к полной потере урожая за счет глубоких нарушений генеративных функций растений и их общего развития.

Наиболее распространенные симптомы микоплазмозов: угнетение роста (карликовость), деформация вегетативных и генеративных органов, «ведьмины метлы», общий хлороз, увядание, некроз, мелколистность и др.

Диагностика микоплазмозов включает в себе следующие методы:

1. Электронно-микроскопическое исследование (обнаружение в растительных клетках микоплазм).
2. Установление инфекционности заболевания (прививкой или с помощью насекомых-переносчиков).
3. Микробиологический метод – осуществление триоды Коха:
  - а) выделение возбудителя в чистую культуру;
  - б) заражение им здоровых растений и получение симптомов идентичных первоначальным;
  - в) повторное выделение возбудителя из искусственно зараженных растений.

4. Реакция возбудителя на антибиотики из группы тетрациклинов.

**Актиномицеты, их биологические особенности, актиномикозные болезни растений.** Актиномицеты занимают промежуточное положение между грибами и бактериями. У них, как и у бактерий, отсутствует настоящее ядро, но в отличие от бактерий вегетативное тело представлено тонкими, ветвящимися, лучисто разрастающимися во все стороны гифами. Совокупность таких гиф называют, как и у грибов, мицелием. За выраженный лучистый характер растения мицелия актиномицеты называют иногда лучистыми грибами.

Размножаются актиномицеты участками мицелия или спорами, образующимися на специальных органах – спораносцах. Спораносцы бывают спиральные или прямые, споры – шаровидные или палочковидные.

Большинство представителей группы ведет сапрофитный образ жизни и только некоторые из них паразитируют на растениях, вызывая заболевание – актиномикозы.

Среди фитопатогенных актиномицетов наибольший интерес представляют виды рода *Actinomyces*, вызывающие паршу у растений, в Беларуси распространены обыкновенная парша клубней картофеля и парша свеклы.

Актиномицеты менее влаголюбивы, чем грибы и бактерии, хорошо размножаются при влажности почвы 17–20 % от полной полевой влагоемкости. Повышенная температура благоприятно сказывается на их развитии (оптимальная температура 25–27 °С). Актиномицеты предпочитают щелочную среду почвенного раствора, поэтому известкование почвы резко усиливает распространение актиномикозов не только в год внесения извести, но и в последующие 5–10 лет.

Сохраняются актиномицеты, как правило, в почве, соломе, свежем навозе, а также в пораженных клубнях корнеплодах. Инфекция передается с пораженным посадочным материалом и свежим навозом.

В местах поражения образуются трещины, бородавки, язвы, происходит опробкование тканей.

Для диагностики актиномикозов используются следующие методы: окрашивание по Грамму; метод электронной микроскопии; выделение микроорганизмов в чистую культуру и изучение колоний.

### 3.8. Сопряженность патологических процессов при инфекционных и неинфекционных болезнях

Нарушения, вызванные в растительном организме неинфекционными заболеваниями, ослабляя растение, повышают его восприимчивость к инфекции. Так возникают комплексные или сопряженные болезни, которые начинаются как неинфекционные под воздействием абиотических факторов, а затем усугубляются факторами инфекционного характера.

Пример такого комплексного заболевания – *выпревание* озимых. Неинфекционная стадия отмечается в условиях неблагоприятной перезимовки озимых, ослабляющей растения: пониженные места, избыточная влажность почвы, низкая температура весной, частые оттепели зимой, выпадение снега на непромерзшую почву. Инфекционная стадия проявляется после освобождения полей от снега. На ослабленных растениях образуется серый ватообразный и хлопьеобразный налет мицелия сумчатого гриба *Sclerotinia graminearum*. Инфекционная стадия этой болезни, как правило, приводит к гибели растений и изреживанию посевов.

Для защиты растений от данной сопряженной болезни рекомендуется сбалансированное минеральное питание, ликвидация неровностей поля, возделывание устойчивых сортов, ранневесеннее боронование.

Теорию «сопряженности патологических процессов» впервые сформулировал М. С. Дунин в 1946 году. Он показал, что в большинстве своем болезни являются результатом воздействия последовательно и одновременно действующих абиотических и биотических факторов, обуславливающих сложный патологический процесс.

Таким образом, для правильного обоснования мер борьбы необходимо установить основную причину болезни.

### 3.9. Понятие об иммунитете растений

Иммунитет (от латинского *immunitas* – освобождение от чего-либо) – полная невосприимчивость организма к инфекционному заболеванию.

Основные принципы иммунитета были сформулированы русским ученым И. И. Мечениковым. Теоретическое обоснование опыта изучения иммунитета растений к инфекционным болезням было сделано Н. И. Вавиловым, и в 1919 году опубликована его монография «Иммунитет растений к инфекционным заболеваниям».

В настоящее время понятие иммунитет формулируется как проявляемая устойчивость или невосприимчивость к болезни в случае непосредственного контакта растений с возбудителями, способными вызвать данную болезнь при существовании необходимых для заражения условий.

Существуют несколько типов иммунитета растений к инфекционным болезням.

1. *Врожденный, или естественный, иммунитет* – это свойство растений не поражаться болезнью, передаваемое по наследству, контролируемое генами устойчивости. Врожденный иммунитет в свою очередь может быть:

– активным, когда растения активно противостоят возбудителю: антитоксические реакции, образование фитоалексинов, активизация процессов дыхания, образование защитных некрозов – участков отмершей

ткани вокруг паразита. Так, некоторые сорта табака реагируют на внедрение вируса табачной мозаики, а эта реакция называется суперчувствительностью;

– пассивным – это свойство растений препятствовать развитию паразита независимо от наличия инфекции, которое связано с анатомо-морфологическими, физико-химическими, физиолого-биохимическими и другими особенностями растений (наличие воскового налета, толщина кутикулы, осмотическое давление, химический состав растений, реакция клеточного сока, наличие физиологически активных веществ и т. д).

2. *Приобретенный, или искусственный, иммунитет* – это свойство растений не поражаться патогеном, приобретенное ими в процессе онтогенеза. Приобретенный иммунитет подразделяется на:

– инфекционный – возникает у растений вследствие перенесения ими болезни;

– неинфекционный – создается с помощью специальных приемов, под влиянием обработки растений или семян иммунизирующими средствами. Иммунизация – это повышение устойчивости к болезням с помощью искусственных приемов (химическая – с помощью удобрений, микроэлементов и т. д.; биологическая – использование живых организмов и продуктов их жизнедеятельности).

3. *Неспецифический иммунитет* – это такой иммунитет, в основе которого лежит неспособность возбудителя вызывать заражение данного круга растений, т. е. возбудитель в процессе эволюции не приспособился паразитировать на данном виде растений. Так, зерновые культуры никогда не поражаются возбудителем фитофтороза картофеля.

4. *Специфический иммунитет* – это иммунитет, присущий сортам растений в пределах вида, который поражается данным возбудителем и зависит от физиолого-биохимических и других особенностей сорта. Так, возбудитель рака картофеля, поражающий картофель в целом, не поражает сорта Аксамит, Пригожий 2 и др.