



## **Лекция 3. Тема: “Бактерии и вирусы – возбудители болезней растений”.**

### **Вопросы:**

1. Общие сведения о фитопатогенных бактериях.
2. Систематика фитопатогенных бактерий, и болезни растений, вызываемые ими.
3. Вирусы растений. Строение вирусов растений. Болезни, вызываемые вирусами.

## Общие сведения о фитопатогенных бактериях

Бактерии – прокариоты, размеры клеток колеблются в длину от 0,5-4.5 мкм, в ширину от 0,3 - 0.6 мкм. колонии. Большинство фитопатогенных бактерий подвижны, жгутики располагаются как полярно (на концах клетки), так и перитрихально (по всей поверхности). Форма клетки, в основном, в виде прямых или изогнутых палочек, палочковидные бактерии могут образовывать легко распадающиеся, иногда ветвящиеся цепочки. Ряд бактерий (род *Bacillus*) способны образовать внутри клеток эндоспоры покрытые толстыми оболочками, которые выдерживают неблагоприятные условия среды.

Химическая деградация клеточных покровов. Фитопатогенные бактерии синтезируют много ферментов, разрушают углеводные полимеры клеточные стенки растений. Выделение ферментов позволяет проникнуть в клетку, питается ее содержимым, продвигаться в зараженной ткани растения; продукты деградации полимеров клеточной стенки - моносахариды, используются паразитами для питания.

## Систематика бактерий и вызываемые ими болезни

В основе системы фитопатогенных бактерий имеет значение симптомы вызываемых болезней. Поэтому видовое название бактерий часто соответствует названию растения-хозяина: *Pseudomonas tabaci*, или бактерии, вызывающие мягкие гнили из-за разложения пектина, выделяют в род *Pectobacterium*.

Молекулярные методы показали: гены, под контролем которых находятся признаки, такие как специализация к хозяевам, продукция ферментов занимают лишь небольшие участки генома и не имеют большой диагностической ценности.

На основе гибридизации ДНК различных штаммов возникло понятие о геномных видах, к которым относят штаммы, имеющие более 70% гибридизирующихся участков, различия в температуре плавления ДНК.

Молекулярная классификация: секвенирование рибосомальных генов, ДНК-РНК и ДНК-ДНК гибридизация позволили исключить противоречия фенетических классификаций.

В настоящее время применяют комплексные системы, сочетающие на разных по иерархии таксономических уровнях молекулярные и фенотипические данные. Согласно таким классификациям, фитопатогенные бактерии включаются в следующие таксоны:

Отдел *FIMICUTES* (грам-положительные).

Отдел *GRACILICUTES* (грам-отрицательные)

Отдел *TENERICUTES* (бактерии без оболочек или микоплазмы)

Группа *ACTINOMYCETES* (актиномицеты).

## Отдел *GRACILICUTES* (грам-отрицательные)

### Семейство *Enterobacteriaceae*.

Это подвижные бактерии - перитрихи, объединены в род *Erwinia*, вызывают два типа болезней. *E.amylovora* вызывает почернение цветков и листьев яблони и груши и ожоги наземных частей растений, которые вызваны бактериальными токсинами в зараженных тканях. Инфицирование *E.carotovora*, *E.chrysanthemi*, *E.atroseptica* и др. приводит к мокрым гнилям плодов, клубней, стеблей различных растений. Распад зараженных тканей происходит под действием пектолитических ферментов.

### Семейство *Pseudomonadaceae*.

Подвижные моно- или лофотрихи. Включает три рода *Pseudomonas*, *Burkholderia* и *Xanthomonas*. *Xanthomonas* синтезируют пигмент, поэтому их колонии окрашены в желтый цвет.

Бактерии рода *Pseudomonas* вызывают несколько типов болезней: *P.savastanoi* - опухоли на ветках пораженных олеандров и маслин. Большинство псевдомонад заражают листья разных видов растений, вызывая образование пятен, со светлым ореолом, поскольку инфильтрации бактериального токсина, вызывают распад хлоропластов. Виды делят на основе специализации: *P.phaseolicola* – вызывает ореольную пятнистости фасоли, *P.tabaci* - возбудитель бактериальной рябухи табака и т.д. Геносистематика показала, что различия между ними не небольшие, поэтому **45 видов**, вызывающих пятнистости листьев, было объединено в два вида: название *P.syringae* и *P.savastanoi* с большим числом патологических вариантов.

Род *Burkholderia solanacearum* - вызывает опасное заболевание - трахеобактериоз или бактериальное увядание пасленовых. Бактерии из рода *Xanthomonas* вызывают пятнистости листьев, поражение органов (гоммоз хлопчатника и др.), гнили плодов (бактериоз огурца) поражение сосудов - сосудистый бактериоз капусты, и другие болезни.

Многие виды имеют статус патологических вариантов внутри видов *X.campestris*, *X.oryzae*, *X.vesicatoria*, *X.axonopodis*.

# Отдел *GRACILICUTES* (грам-отрицательные)

## Семейство *Rhizobiaceae*.

Представители семейства *Rhizobiaceae* - подвижные бактерии с полярными жгутиками. Вызывают опухоли пораженных частей растений.

Род *Rhizobium* включает клубеньковые бактерии. Они внедряются в клетки корней бобовых растений и вызывают их разрастание (образование клубеньков). В клубеньки бактерий, при помощи фермента нитрогеназы включается молекулярный азот из воздуха в химические соединения, которые усваиваются растениями. Поэтому, несмотря на небольшой вред, наносимый бактериями (отток питательных веществ в зараженные участки корня для формирования клубеньков и питания бактерий), присутствие ризобий в корнях дает растению большие выгоды - мутуалистический симбиоз.

## Отдел *GRACILICUTES* (грам-отрицательные)

Род *Agrobacterium*, наиболее распространен вид *A. tumefaciens*. Эти бактерии вызывают разрастание зараженной ткани, образование галлов (раковые галлы), формируются на прикорневой части стебля (корончатые галлы), на листьях, стеблях, корнях. Бактерии попадают в ткани растений из почвы через ранки. Бактериальный рак поражает растения семейства двудольных: яблоня, виноград, томаты, подсолнечник и др.

Вид *A. rhizogenes* приводит к разрастанию корней инфицированных растений. Рост опухоли индуцирует крупная T1 плазида, которая выходит из бактериальных клеток в зараженные растительные; участок плазмиды встраивается в растительную хромосому, реплицируется, экспрессируется в ней, как дополнительные гены. Клетка синтезирует ростовые вещества, которые вызывают образование галла. Опины, особые аминокислоты, служат питанием для бактерий.

После того, как были выяснены своеобразные черты взаимоотношений агробактерий с растительными клетками, пристальное внимание к ним проявили не только фитопатологи, но и молекулярные биологи. T1-плазида - удобный вектор, который можно нагрузить полезными генами и передать их растению от донора, разделенного с акцепторным видом репродуктивным барьером нескрещиваемости.

*A. tumefaciens* является объектом генных манипуляций с растениями.

## Отдел *FIMICUTES* (грам-положительные)

Род *Bacillus* – подвижные бактерии, жгутики расположены по всей поверхности (перитрихи), образуют споры, обитают в почве, питание сапротрофное. Например, *B. megathericum* - возбудитель гнили плодов картофеля, кукурузы, тыквы, кабачка и других растений.

Род *Clavibacter* (*Corynebacterium*) - неподвижные бактерии, образуют цепочки.

*C. michiganense* – бактерии, вызывают инфекционное увядание (вилт), обитают в ксилеме пасленовых. *C. michiganense* имеет два подрода:

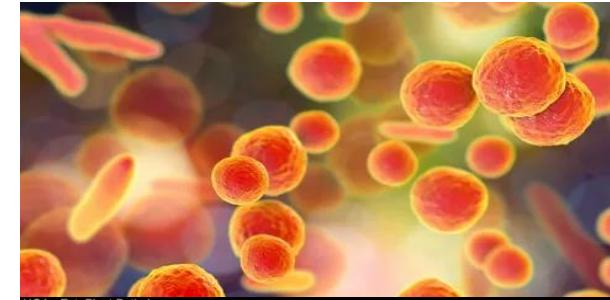
*subsp. sepedonicum* - возбудителем кольцевой гнили картофеля.

*subsp. michiganense* - возбудитель бактериального рака томатов и др.

# Отдел *TENERICUTES* (бактерии без оболочек или микоплазмы)

Фитопатогенные микоплазмы - фитоплазмы – мелкие, в основном овальные бактерии, не имеют клеточной стенки и поэтому меняют форму клеток в гантелевидную, грушевидную, спирально скрученную (спироплазмы) и др. Фитоплазмы облигатные имеют биотрофное питание. Это внутриклеточные паразиты, обитают в сосудах (флоэма) пораженных растений, нарушают флоэмный транспорт метаболитов угнетают ростовые процессы, приводят к кустистости, мелколистности, хлорозу и др. Инфицирование от растения к растению передается сосущими насекомыми. Симптомы болезней сближают фитоплазмы с вирусами растений. Известно более 50 различных фитоплазм и связанных с ними заболеваний. Многие особенности, биохимические механизмы, жизненная стратегия фитоплазм **остаются неясными.**

Так, у арабидопсиса фитоплазма вырабатывает особый белок SAP54, вызывающий позеленение лепестков у арабидопсиса. Белок принадлежит к регулятору развития, транскрипционным факторам генов MADS. Транскрипционные факторы, которые подвергаются действию фитоплазмы, отвечают за формирование цветков и их органов у арабидопсиса.



Healthy      Infe



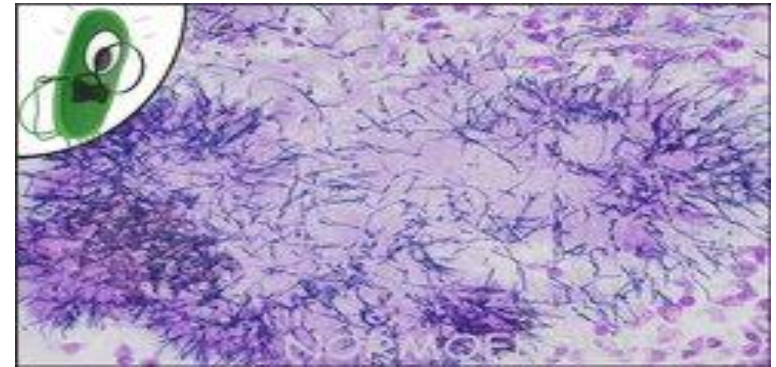
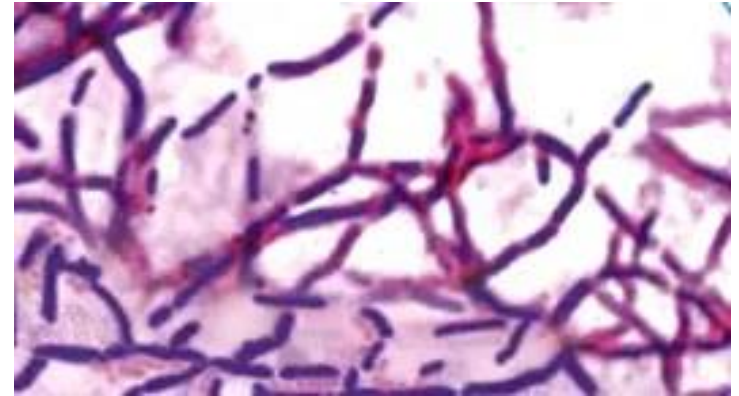


## Группа *ACTINOMYCETES* (устар. лучистые грибки)

Актиномицеты стадиях развития образуют разветвленный мицелий со спорами. Споры формируются на концах гиф свободно или в спорангиях. Имеют кислотоустойчивую клеточную стенку, по структуре близки к грамотрицательным

Актиномицеты - почвенные сапротрофы, развивающиеся в богатых органическим веществом почвах, однако, некоторые виды рода

*Streptomyces* заражают клубни картофеля, вызывают поверхностные поражения (обыкновенная парша).



# Классификация болезней растений

- по возбудителям (виروзы, бактериозы);
- по культурам (болезни злаков, картофеля);
- по месту проявления болезни – местные (локальные) и общие (диффузия);
- по симптомам (проявление болезни)- пятнистости, гнили;
- по возрасту или фазе развития растений (болезни семян, всходов, взрослых растений);
- по органам растений (болезни листьев, плодов);
- по продолжительности течения (острые и хронические болезни);

# Общие сведения о вирусах – возбудителях болезней растений

Все вирусы - неклеточных прокариоты, облигатные паразиты бактерий, растений или животных, особенности строения вирусов ставят их в полную зависимость от хозяина. Вирусы растений или фитопатогенные вирусы – это формы субмикроскопических инфекционных агентов.

Общие свойства:

- не имеют клеточного строения;
- наличие только одного типа нуклеиновой кислоты: РНК или ДНК;
- нуклеиновые кислоты, покрыты молекулами белка одного типа (у некоторых вирусов имеется несколько типов белков оболочки), которые образуют кристаллические структуры, у сложно устроенных вирусов эти структуры погружены в наружную мембрану, имеющую в своем составе белки, липиды;
- геном может быть представлен одной цепочкой (однокомпонентный или целостный геном) или их имеется несколько (фрагментированный геном).
- отсутствует собственная белоксинтезирующей система;
- не видны в световой микроскоп (размеры от 20 до 300 нм);
- отсутствуют ферменты энергетического обмена;
- не имеют собственного метаболизма, поэтому полностью зависят от клетки растения-хозяина (т. е. являются облигатными внутриклеточными паразитами);

В природе вирусы существуют в двух формах : внеклеточной и внутриклеточной. Большинство вирусов растений являются РНК-содержащими.

# Общие сведения о вирусах – возбудителях болезней растений

Известно более 1 тысячи болезней растений, вызываемых вирусами.

Вирусы делят на две группы по взаимоотношениям с переносчиком:

**неперсистентные** (не сохраняющиеся в теле переносчика)  
и **персистентные** (сохраняющиеся).

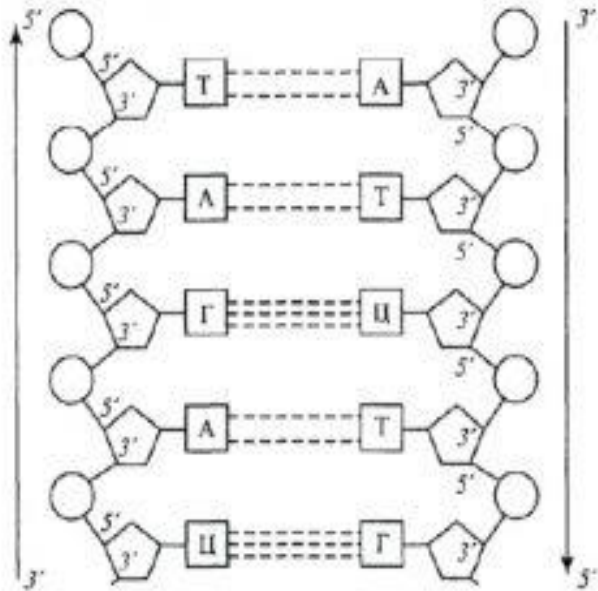


Схема первичной структуры  
двухцепочечной ДНК фитовируса



Вирус табачной мозаики *Tobacco mosaic virus*  
Растение-хозяин – табак (*Nicotiana tabacum*)

# Принципы классификации вирусов

Названия вирусов растений образованы при первоначальном выделении и описании вируса, в основном, в соответствии с растением-хозяином и внешними симптомами заболевания, например, *вирус табачной мозаики*, *вирус желтой карликовости ячменя* и др. При этом, закрепляется имя растения-хозяина, из которого впервые был выделен возбудитель. Международные названия используют английские названия вирусов: *barley yellow draft virus*; *tobacco mosaic virus*.

При классификации вирусов используют генетически стабильные признаки:

- тип нуклеиновой кислоты (ДНК или РНК);
- характер распределения фрагментов генома в вирионах;
- количество нитей и фрагментов генома;
- молекулярная масса полипептидов капсида;
- морфологические свойства вирионов: форма, размер, тип симметрии;
- антигенность и особенности серологических тестов с антисыворотками определенного типа;
- способы передачи вируса, отношение к переносчикам;
- круг растений-хозяев, характер симптомов.

Вирусы растений объединены в 26 групп согласно классификации Международного комитета по таксономии вирусов. Современная классификация вирусов растений **не является естественной**. Группы вирусов растений неоднородны по составу, некоторые из них представлены только одним видом.

# Система вирусов

Попытки создания линнеевской системы при классификации вирусов: отдел — класс — порядок — семейство — род — вид, оказались неудачными, поскольку вирусы имеют полифилетическое происхождение (произошли от разных предков).

Поэтому созданы лишь системы **низших таксонов - порядков и ниже**.

Разделение на порядки основано на структуре генома: РНК или ДНК, число цепей, плюс- или минус-цепи. Название порядка заканчивается словом *virales*.

На семейства разделение проводят на основе структуры частиц (кубическая симметрия капсида, спиральная, наличие мембраны), формы частицы, способов передачи.

Наименование семейств заканчивается суффиксом *viridae*.

Роды объединяют сходные вирусы, которые различаются хозяином, вирулентностью.

Наименования родов заканчиваются словом *virus*.

Виды обозначаются традиционным наименованием.

# Классификация вирусов растений (по рекомендациям Международного номенклатурного комитета)

Геном	Семейство	Род	Вид
ДНК двухцепочечная	<i>Caulimoviridae</i>	<i>Caulimovirus</i>	<i>Вирус мозаики цветной капусты</i>
ДНК одноцепочечная	<i>Geminoviridae</i>	<i>Mastrevirus</i>	<i>Вирус штриховатости кукурузы</i>
РНК двухцепочечная	<i>Rhnbdoziridae</i>	<i>Alphacryptovirus</i>	Криптический вирус 1 белого клевера
РНК одноцепочечная (- цепь)	<i>Bromovmdae</i>	<i>Nucleorhabdovirus</i>	<i>Вирус желтой карликовости картофеля</i>
РНК одноцепочечная	<i>Comoviridae</i>	<i>Bromovirus</i>	Вирус мозаики костра
(+ цепь)	<i>Luteoviridae</i>	<i>Cucumovirus</i>	<i>Вирус огуречной мозаики</i>
	<i>Sequiviridae</i>	<i>Nepovirus</i>	<i>Вирус кольцевой пятнистости табака</i>
	<i>Tombusvindae</i>	<i>Potyvirus</i>	УБК
		<i>Tobravirus</i>	<i>Вирус погремковости</i>

# Распространение вирусов растений

Вирусы могут распространяться **горизонтально** (от больных растений к здоровым) и **вертикально** (от родителей потомству).

**Горизонтальная передача** бывает двух типов: **контактная и векторная**.

**Контактная передача** характерна для вирусов, которые накапливаются в эпидермальных клетках способных сохраняться в соке вне клеток растения.

Контактное распространение происходит при касании листьев или корней зараженных растений со здоровыми. Сок, содержащий вирусные частицы при наличии на листьях мелких ранок может перейти из одного растения в другое.

Для вируса желтой мозаики турнепса, ВТМ это основной способ передачи.

Передача происходит при уходе за растениями (пасынкование *томата*, культивация и др.).

Распространенный способ горизонтальной передачи вирусов – **векторный** (переносчиками). Переносчики вирусов - членистоногие насекомые, клещи, имеют колюще-сосущий ротовой аппарат. Насекомые прокалывают покровы растения и через одну трубочку нагнетают внутрь слюну, содержащую ферменты, которые расщепляют высокомолекулярные соединения сока, а через вторую - всасывают частично переваренную пищу. Особенности питания насекомых являются идеальными для распространения вирусов.



# Распространение вирусов растений

Для **флоэмных вирусов** характерна передача насекомыми, которые питаются флоэмным соком растений - единственный природный способ попадания вирусов в места размножения. Эффективность переноса вирусов насекомыми гораздо выше, чем при контактном заражении.

Около 200 видов насекомых-переносчиков относится к семейству тлей, которые имеют широкую специализацию в передаче вирусов. Например, персиковая тля (*Myzus persicae*) способна передать до 70 разных вирусов. Один и тот же вирус может передаваться разными тлями (есть и исключения).

**Желтую карликовость ячменя** вызывает комплекс вирусов, каждый из которых передается только одним-двумя видами тли.

**Вирус скручивания листьев картофеля** (*L-вирус*) передается тремя видами тлей, **вирус тристецы цитрусовых** переносится только одним видом - цитрусовой тлей (*Toxoptera citrididus*). Вирусы передаются цикадами,

из 109 видов цикадок, 94 вида передают лишь по одному вирусу, семь видов цикадок - по два вируса, семь - по три вируса, один вид.

# Распространение вирусов растений

*Вертикальное распространение* происходит при при размножении семенами и вегетативными частями.

В семенах сохраняется около 20% известных вирусов, заражение семян редко достигает 100%. Семенами передаются вирус мозаики фасоли, сои, крапчатости нута, мозаики ячменя, мозаики люцерны, соли и сои, крапчатости нута, вирус кольцевой пятнистости малины.

В вегетативных органах растений - луковицах, клубнях или черенках вирусы сохраняются, поэтому они инфицируют растения, размножающимся вегетативными органами: картофелю, плодовым, ягодным культурам.

# Распространение вирусов растений

Вирусы, обитающие в почве, распространяются **грибами и нематодами**. Вирусы, распространяемые нематодами (20 вирусов), сохраняются в корневищах, семенах травянистых растений.

Важнейшие заболевания: кольцевые пятнистости на листьях, вирус кольцевой пятнистости малины, табака, вирус погремковости табака, вирус розеточности персика и др. Нематоды прокалывают покровную ткань растения и питаются всасыванием клеточного содержимого.

Как передают вирусы грибы: частицы грибов адсорбируются на поверхности зооспор, зооспоры на поверхности корневых волосков покрываются оболочками, а вирусные частицы оказываются под оболочкой. Если содержимое зооспоры переливается в клетку корня, вирусы также оказываются в клетке. Например, гриб *Olpidium brassicae* распространяет вирус некроза табака, *Olpidium cucurbitae* - вирус некроза огурцов.

Ряд вирусов злаков передаются миксомицетом *Polymyxa graminis*.

# Система вирусов

Попытки создания линнеевской системы при классификации вирусов: отдел — класс — порядок — семейство — род — вид, оказались неудачными, поскольку вирусы имеют полифилетическое происхождение (произошли от разных предков).

Поэтому созданы лишь системы **низших таксонов - порядков и ниже**.

Разделение на порядки основано на структуре генома: ДНК или РНК, число цепей, плюс- и минус-цепи. Название порядка заканчивается словом *virales*.

Разделение на семейства проводится на основе структуры частиц (спиральная или кубическая симметрия капсида, наличие мембраны), формы частицы, а также способов передачи. Наименование семейств заканчивается суффиксом *viridae*. В роды объединяют сходные вирусы, различающиеся кругом хозяев, вирулентностью.

Наименования родов заканчиваются словом *virus*.

Виды обозначаются традиционным наименованием.