

## Лекція № 3

### Тема: «Фітопатогенні збудники хвороб, розвиток і етапи інфекційного процесу. Хвороби викликані паразитичними та напівпаразитичними квітковими рослинами»

#### План

1. Гриби, як збудники хвороб рослин.
2. Віруси і віроїди, як збудники хвороб рослин.
3. Бактерії, як збудники хвороб рослин.
4. Актиноміцети, як збудники хвороб рослин.
5. Фітоплазми, як збудники хвороб рослин.

#### Література

- Моніторинг шкідників і хвороб сільськогосподарських культур : навч. посібн. / С. В. Станкевич, І. В. Забродіна. – Х.: Вид. Іванченка І. С., 2021. 521 с.
- Засоби захисту рослин від шкідливих організмів : навч. Посібник / С. В. Станкевич, В. М. Положенець, В. М. Кабанець та ін. – Житомир: Рута, 2023. 428 с.
- Ключевич М. М., Данилко Р. С. Тропанові та піролізидинові алкалоїди у лікарській рослинній сировині. Таврійський науковий вісник. 2024. № 136, том 1. С. 172-177.
- Вигера С., Ключевич М., Ковальчук Р. Методологія освітніх програм школи філософії їжі та природокористування: навч.-метод. посібник / за наук. редакцією С. Вигери. Київ: ЦП «Компринт», 2024. 137 с.
- Вигера С. М., Ключевич М. М., Можарівська І. А. Інноваційна методологія покращення харчових фіторесурсів і продовольчої безпеки для мудрої їди. Moderní aspekty vědy: LI. Díl mezinárodní kolektivní monografie / Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o.. Česká republika: Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o., 2024. P. 143–152. DOI – <https://doi.org/10.52058/51-2024>
- Інтегрований захист ріпака від хвороб, шкідників і бур'янів : навч. посібн. – Житомир : Видавництво «Рута», 2024. 388 с.
- Фунгіциди і технічні засоби їх застосування: навч. посіб. / С. В. Станкевич, Л. В. Немерицька та ін. – Житомир: Видавництво «Рута», 2022. 216 с.
- Технічні засоби застосування пестицидів: навч. пос. Житомир: ПП Рута, 2023. 188 с.
- Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин: навч. посіб. / С. В. Станкевич, І. в. Забродіна, М. О. Білик та ін. – Х.: Видавництво Іванченка І. С., 2021. 269 с.
- Гербициди і десиканти та технічні засоби їх застосування: навч. посіб. / С. В. Станкевич, М.М. Назаренко. – Житомир: Видавництво «Рута», 2022. 188 с.

Дідора В. Г., Ключевич М. М. Технічні культури : підручник. Вид. 2-е, доповнене. Житомир : Поліський нац. університет, 2024. 462 с.

Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні, 2025 р.

## Зміст лекції

### 1. Гриби, як збудники хвороб рослин

Інфекційні хвороби - хвороби, здатні передаватися від рослини до рослини і що викликається живими організмами - збудниками. Здатність організму викликати хворобу називати патогенністю, а сам організм - фітопатогеном.

Основними збудниками хвороб рослин є: гриби, віруси, выроєди, бактерії, актиноміцети, фітоплазми тощо.

Існування чотирьох рівнів, або типів, паразитизму дозволяє отримати уявлення про можливу еволюцію цього явища. Але всієї вірогідності, вона йшла в напрямі від облигатної сапротрофії до облигатному паразитизму через факультативний паразитизм і факультативний сапротрофію.

Рослина утворює навкруги себе екологічні ніші, привертаючи виділеннями тканин різноманітні організми, у тому числі сапротрофи. Утворюються співтовариства мікроорганізмів, сопутьствующіе- {течіі: в зоні коріння - ризосфера, на поверхні листя - филоплана. Між рослинами і цими співтовариствами встановлюються відносини комменсализма (в дослівному перекладі з латині - "сотрапезничества").

Проте саме у сапротрофов ризосфери і филоплани можуть виникати ознаки паразитизму. Наприклад, пошкоджені і відмираючі тканини коріння заселяють сапротрофи. Виділення деяких з них можуть бути токсичними для живої тканини, внаслідок чого зона відмирання розширяється і швидко заселяється сапротрофами цього типу. Даний тип в даній зоні одержує переваги в боротьбі за існування, і з його популяції походить відбір нової форми - факультативного паразита. Подальше вдосконалення способу дії на тканині, при якому вони залишаються живими і забезпечують більш тривале живлення, приводить до виникнення факультативного сапротрофа, з популяції якого відбувається відбір більш спеціалізованих форм, що втратили сапротрофную фазу - облигатных паразитів.

Простежуючи шлях від сапротрофин до паразитизму, можна спостерігати, як у міру посилення паразитичних властивостей підвищується енергетична ефективність живлення. Ясла облигатные сапротрофы і факультативні паразити вимушені в своєму зростанні слідувати за живильним субстратом, витрачаючи на це енергію і пластичні речовини, то факультативні сапротрофы і облигатные паразити одержують живильні речовини,

використовуючи відповідні системи і енергетичні ресурси рослини-господаря. Таким чином, паразитизм, як надзвичайно вигідний спосіб існування, виник неминуче і, мабуть, на найраніших етапах еволюції життя.

### ***Характер дії патогена на рослину (механізми патогенності)***

Характер дії фітопатогена на рослину визначається рівнем його паразитизму. Механізми патогенності засновані, як правило, на тих, що виділяються патогенами, а іноді і рослинами (а відповідь на зараження) ферментах, токсинах і регуляторах зростання.

Еволюція облигатних паразитів супроводиться втратою токсинів, зміною ферментної системи і придбанням здатності синтезувати регулятори зростання. Основні функції з'єднань, що виділяються облигатними паразитами, полягають в засвоєнні живильних речовин живої клітки і забезпеченні симбіозу з рослиною-господарем. Зміни, пов'язані з цим симбіозом, виявляються в перебудові біохімії, фізіології і морфології клітки відповідно до потреб паразита, тому симбіоз є тимчасовим і закінчується виснаженням і, як правило, загибеллю клітки, тканини або всієї рослини. Часто облигатні паразити стимулюють або інгібують зростання тканин регуляторами зростання, що виділяються, - ауксинами, гиббереллинами і т.д. Проте ці речовини, одержувані кліткою в невласливих для здорового організму кількостях і співвідношенні, також служать потребам патогена, викликаючи у рослин патоморфологические зміни у вигляді деформацій, наріс тон, карликовості і т.д.

Порушення обміну речовин відповідно до потреб паразита. Викликається грибами, бактеріями, вірусами, микоплазмами, актиномицетами.

7. Порушення репродукційних процесів. Головневые гриби багато кого руйнують зав'язі, квітки; віруси багато кого викликають стерильність рослин.

Результатом різних шляхів дії патогена на рослину завжди є зниження його продуктивності, стерилізація або загибель.

### ***Спеціалізації і мінливість патогенов***

Патоген може паразитувати на рослині при дотриманні двох умов: наявність в ньому живильних речовин в доступній для паразита формі і відсутність токсичних для нього з'єднань. Ці умови обмежують екологічні ніші патогена і приводять до його спеціалізації, тобто приуроченості до певного субстрата і здатності заражати певний круг рослин в певні фази. Спеціалізація патогенов характеризується типом і ступенем (виразимою).

По ступеню спеціалізації виділяють узко- і широкоспеціалізовані патогени. Патогени перлон групи здатні інфікувати рослини в строго певну фазу розвитку. Після закінчення цієї фази зараження стає неможливим. Наприклад, тверда голівка пшениці заражає рослини тільки з моменту проростання до появи сходів; запорошена голівка і спорынья - у фазу

цвітіння; церкоспо-троянд буряка розвивається в основному на старіючих тканинах але другій половині вегетації.

Гетерокаріотичное стан може виникати в результаті обміну ядрами двох різних мицелиев (парасексуальний процес) або в результаті мутації в одному з ядер клітки.

Результатом внутрішньовидової мінливості є возникновение новых фізіологічних форм і рас, яке приводить до поразки сортів, що раніше не вражались даною хворобою. В більш широкому масштабі часу мінливість приводить до появи нових хвороб.

### ***Властивості рослини-господаря і патогена, визначальні патологічний процес***

1. Захисні реакції рослини. Одним з вирішальних чинників, визначальних розвиток хвороби, є реакція рослини на патоген. Ця реакція може змінюватися в широкому діапазоні - від високої сприйнятливості до повної стійкості. Стійкість рослини визначається наявністю у строкато захисних функцій, або реакцій, які виявляються на різних етапах хвороби.

Захисні реакції прийнято розділяти на пасивні і активні. Пасивні реакції існують у рослини до контакту з патогеном і забезпечують неприступність рослини для збудника хвороби. В їх основі лежать особливості в будові тканин і органів (закрите цвітіння у злаків забезпечує неприступність зав'язі для запарошеної головешки), хімічний склад клітинного соку - наприклад, наявність і йому токсичних для паразита з'єднань.

Активні, або послеинфекционные реакції виникають у рослин у відповідь на зараження і є пов'язаний із змінами в обміні речовин. Ці реакції ослабляють збудника, уповільнюють його зростання або повністю пригнічують патогена. Вони є специфічними, тобто є направлений проти певного виду патогена, а часто проти окремих фізіологічних форм або рас.

Крім того, стійкість може виявлятися у формі толерантності (витривалості) рослини, тобто його здібності переносить присутність патогена без істотного збитку для себе. Па толерантних сортах патоген може існувати в латентній формі, що робить такі рослини джерелами прихованої інфекції.

2. Патогенні властивості паразита. Виникнення і розвиток хвороби визначаються такими властивостями збудника, як патогенність, вірулентність і агресивність.

Патогенність - це властивість організму викликати захворювання, тобто здатність вести паразитичний спосіб життя. Вірулентність -это якісна міра патогенності, яка означає спеціалізацію патогена і показує, відносно яких рослин даний патоген може проявляти паразитичні властивості.

Агресивність є кількісною мірою патогенності і показує, наскільки бурхливим буде розвиток хвороби, буде яка її шкідливість, як велика вірогідність масового зараження рослин. Агресивність патогена залежить від його здатності викликати зараження мінімальною кількістю інфекційного початку, тривалості інкубаційного періоду, швидкості розповсюдження патогена від рослини до рослини.

Таким чином, якщо від вірулентності патогена залежить виникнення хвороби, то подальший її розвиток визначається агресивністю.

### *Динаміка інфекційного процесу*

Патологічний процес є сукупністю змін, що відбуваються в рослині після його інфікування, тобто відображає взаємостосунки усередині системи патоген - господар. Інфекційний процес - це більш загальне поняття, що позначає взаємодію патогена і рослини в часі і в просторі з урахуванням впливу зовнішніх чинників.

Інфекційний процес включає наступні етапи: збереження первинної інфекції; розповсюдження інфекції; зараження; інкубаційний період; вияв і подальший розвиток хвороби.

1.1. Збереження інфекції може відбуватися в різних екологічних нішах залежно від біології збудника, видового складу рослин, почвепокліматических умов. Ці екологічні ніші, або місця збереження (зимівлі) патогена, називають джерелами первинної інфекції. Джерелами первинної інфекції можуть бути:

- уражені рослини, що перезимували, де збудник хвороби зберігається в стані спокою. Наприклад, збудник іржі гороху - гриб *Нмтусех* ры - зберігається протягом зими у вигляді мицелія в кореневищах молочаю; в багаторічних органах уражених рослин з року в рік зберігаються віруси багато кого, микоплазми, бактерії;

- рослини, уражені хворобою в поточному сезоні. Так, жовта іржа пшениці (а при неповному циклі розвитку - і бура) восени переходить з яровою на пшениці на озимі, в тканинах якої і зимує уредннномицелпп;

- рослинні залишки, що служать джерелом живлення факультативних паразитів і сапротрофів, а також місцем зимівлі спор, що покояться, облигатних паразитів. На рослинних залишках зимують суперечки ржавчинних, мучниеторосяних, пероноспорowych грибів, бактерії багато кого і деякі віруси;

1.2. Розповсюдження патогенов може відбуватися різними шляхами;

- повітряний шлях (анемохория) характерний перш за все для спор грибів. Ефективність такого перенесення визначається життєздатністю спор і зовнішніми умовами. Так, урениоспори ржавчинних грибів зберігають життєздатність в повітрі дуже частку, тоді як конидии фітофторы можуть ефективно переноситися по повітрю тільки при високій вогкості;

- розповсюдження з водою (гідрохорія) має значення при перенесенні інфекції на короткі відстані, звичайно в межах поля, краплями дощу або поливною водою (збудники сірої гнилизни, фпотофтороза, бактерії багато кого);

1.3. Зараження. Процес зараження включає попадання патогена на поверхню рослини, підготовку його до проникнення в тканини і саме проникнення. Ключовий момент в цій ціпуні - проникнення патогена, яке у різних збудників відбувається по-різному:

- у грибів - через кутикулу і епідерміс, природні ходи, повреж денія тканин;

- у бактерій - через природні ходи і пошкодження тканин;

- у вірусів - через пошкожені клітки і рани, нанесені пері носіями;

- у квіткових паразитів - через непошкожену поверхню рослин.

1.4. Інкубаційний період - це проміжок часу між проникненням патогена в тканині і виявом симптомів хвороби. В цей період відбувається розповсюдження патогена » тканинах господаря, його зростання, розвиток, дозрівання і розмноження.

Тривалість інкубаційного періоду має велике значення в загальному ході розвитку хвороби. Чим він коротше, тим швидше розвиватиметься і розповсюджується хворобу. Тривалість інкубаційного періоду залежить від умов середовища, головним чином від температури повітря: чим вище температура, тим коротше інкубаційний період. Велике значення має вогкість повітря. Так, при низькій вогкості симптоми мікозів можуть не виявлятися, інфекція залишається в прихованій формі, а інкубаційний період затягується.

1.5. Вияв хвороби починається з появи її перших симптомів, для мікозів - з моменту утворення спор. Подальший розвиток хвороби супроводиться посиленням симптомів, іноді - появою новою симптомів, ослабінням і загибеллю всієї рослини або окремих органів і тканин.

З моменту вияву хвороби хвора рослина стає джерелом інфекції, сприяючи подальшому її розповсюдженню.

Процес розповсюдження інфекції називають інфекційним ланцюгом патогена. Розрізняють моногенні і полигенные (гетерогенні) інфекційні ланцюги. При монотонному ланцюзі патоген викликає поразку рас-1СЛПЙ тільки одного вигляду (іржа буряка). Гетерогенній називають ланцюг, в якому відбувається почергове зараження основного і проміжного господарів (так, стеблова іржа злаків як проміжний господар має барбарис).

Інфекційний ланцюг може бути безперервною н переривистої. Безперервні ланцюги відрізняються постійним контактом патогена і господаря і характерні для ипрозів. У більшості ж збудників розвиток патогена періодично уривається несприятливими умовами, як правило, взимку.

Останній етап інфекційного процесу завершується утворенням зимуючої стадії збудника, забезпечуючій відновлення процесу в наступний період вегетації.

Гриби являють собою відособлене царство живих організмів (Fungi, або Mucota), рівнозначне царствам рослин і тварин.

**Гриби** – це еукаріотні гетеротрофні організми, які для свого-росту та розвитку потребують готових поживних речовин.

Поживні речовини грибами поглинаються в розчиненому вигляді з навколишнього середовища. Гриби - найчисленніша група патогенів рослин, яка нараховує більше 100 000 видів.

Веgetативне тіло гриба представлене міцелієм, або грибноцею. Основною складовою міцелію є **гіфа** - подовжена галузиста нитка, що має верхівковий ріст. У зв'язку з відсутністю латерального росту всі гіфи в межах одного міцелію мають приблизно однакову товщину. У переважній більшості грибів гіфи і їх видозміни мають оболонку, яка складається із хітину, гемицелюлози і жирних речовин.

Залежно від наявності в гіфах внутрішніх поперечних перегородок (**септ**), розрізняють членистий і нечленистий (септований і несептований) міцелій. *Застосування термінів "клітинний" і "неклітинний", а також "одноклітинний" і "багатоклітинний" слід уникати через їх неточність.* Септи ділять гіфу не на клітини, а на компартменти, лише зовні схожі на клітини. В центрі септи є пора, через яку протоплазма може перетікати з одного компартмента в інший. В кожному компартменті може міститися довільна кількість ядер, які розташовуються уздовж гіфи з приблизно однаковими інтервалами. Таким чином, гіфи не мають клітинної будови, а клітина як така з'являється у грибів лише на стадії розмноження.

Паразити з екзогенним або міжклітинним міцелієм для поглинання поживних речовин з клітин-господарів утворюють **гаусторії** - проникаючі в клітини відростки міцелія різної форми. Екзогенні паразити, крім того, для прикріплення на клітинах утворюють спеціальні органи у вигляді плоских лопатей - **апресорії**.

Міцелій може бути місцевим (в межах органу або частини рослини) і дифузним (що розповсюджується на всю рослину).

Гриби не мають справжніх тканин, проте здатний до видозмін гіф, формуючи несправжні тканини. Розрізняють два види несправжніх тканин: прозенхіма (рихле переплетення гіф) і псевдопаренхіма, що складається з овальних клітин і щільно переплетених гіф.

**Основними видозмінами грибноці є:**

- ризоїди - пучки галузистих гіф, що виконують функції коренів;
- склероції - щільні тіла із псевдопаренхіми, які містять запасні речовини. Вони є зимуючими утвореннями, після закінчення періоду спокою

проростають в міцелій або органи спороношення;

- міцеліальні строми - м'ясисті сплетення гіф, на яких формуються плодові тіла або органи спороношення;

- мицелнальні тяжі (шнури) - продовгуваті пучки паралельних склеєних гіф;

- ризоморфи - темні шнури, що галузяться, паралельних гіф завдовжки до декількох метрів, захищені щільною кіркою. Основна функція мицеліальних тяжів і ризоморф – розповсюдження гриба і пересування води і поживних речовин;

- анастомози - вирости гіф, які зростаються одна з одною та створюють сполучні канали, через які відбувається обмін вмістом клітин та між ядрами.

### **Розмноження грибів**

Гриби мають два типи розмноження: вегетативне і репродуктивне.

**Вегетативне розмноження** здійснюється частинами міцелію або його видозмінами: оідіями, бластоспорами, хламідоспорами і гемами.

Oidii утворюються в результаті розпаду міцелія на окремі клітини з тонкою оболонкою. Мають форму яйця, недовговічні, при проростанні дають початок новому міцелію.

Бластоспори виникають в результаті брунькування гіф або спор.

Хламідоспори і геми утворюються при розпаді міцелія на окремі клітини, покриті щільною оболонкою. Здатні тривалий час зберігатися в несприятливих умовах. Відмінність хламідоспор від гем полягає в характерній для перших постійності форми і розмірів.

**Репродуктивне розмноження** здійснюється спорами і може бути безстатевим і статевим.

**Безстатеве розмноження** пов'язане з утворенням спор на особливому спеціалізованому гілках міцелію. Спори безстатєвого розмноження можуть бути ендогенного і екзогенного походження.

У грибів із безстатєвим розмноженням ендогенні спори (внутрішні) утворюються усередині вмістищ - спорангіїв, розташованих на гілках міцелію - спорангієносцях. Такі спори називаються спорангіоспорами. Ендогенними є і зооспори нижчих грибів, що утворюється в зооспорангіях.

Спори, що утворюються екзогенно (зовнішні), називаються конідіями, а їх органи – конідієносцями. Конідіальне спороношення еволюційно є більш прогресивним і широко поширене серед вищих грибів.

Конідієносці є простими і розгалуженими, розташовуються поодинокі або групами (конідіомами). Виділяють чотири типи розміщення конідієносців:

- коремії – пучки сполучених один з одним конідієносців, на кінцях яких утворюються конідії;
- ложе - подушкоподібне скупчення конідієносців, що сформувалися на поверхні субстрату або частково занурені в нього;

- спородохії – нагадують ложе, але конідієносці сильніше виступають над субстратом;
- пикніди – кулясті вмістилища з щільною оболонкою і вихідним отвором. У середині порожнини пикніди розташовуються короткі конідієносці. Формуючі в пикнідах конідії називають пикноспорами.

Пікніди забезпечують захист спор від зовнішніх умов, тому пикноспори часто є зимуючими.

Через те, що за період вегетації формуються декілька поколінь безстатевого спороношення, то цей вид розмноження служить для масового розселення і збільшення чисельності грибів.

**Статеве розмноження** є головним механізмом мінливості, появи форм з новими ознаками.

Статевий процес включає три фази:

- плазмогамія – злиття чоловічої і жіночої клітин і утворення нової клітини з двома гаплоїдними ядрами - дикаріона;
- каріогамія – злиття ядер дикаріона з утворенням диплоїдної зиготи;
- редукція – мейотичний поділ з утворенням гаплоїдних ядер.

Статевий процес у грибів завершується утворенням спор статевого розмноження:

- цисти - утворюються у Хитрідіоміцетів в результаті изогамії – злиття двох різностатевих, але морфологічно однакових гамет – гаплоїдних зооспор. Гаплоїдні ядра діляться, виникає багатоядерна клітина - зооспорангій;

- ооспори - утворюються у Оомпцетов в результаті оогамії – злиття вмісту оогонія (жіночої статевої клітки) і антеридія (чоловічої). Сформована диплоїдна ооспора має щільну оболонку і переходить в стан спокою;

- зигоспори – виникають у Зігоміцетов в результаті зигогамії – злиття вмісту двох зовні однакових гіф різностатевих міцелій. Після каріогамії і редукції зигоспора проростає в гаплоїдний міцелій, на якому закладаються спорангії із спорангіоспорами;

аскоспори - утворюються у сумчастих грибів в результаті злиття двох клітин гаплоїдних міцелій або перетікання ядра антеридія (чоловічого гаметангія) в аскогон (жіночий гаметангій). Із утвореного дикаріону формуються аскогенні гіфи. Кінцеві клітини цих гіф утворюють сумки (аски), в яких відбуваються каріогамія, редукція і одне-два мітотичних поділи. В результаті поділів формується від 4 до 8 аскоспор, які при дозріванні проростають в гаплоїдний міцелій;

- базидіоспори - спори статевого розмноження базидіальних грибів. Кінцева клітини гіфи дикариотичного міцелія (переважаючого у Базидіомпцетов) утворює базидію - тіло булавоподібної або циліндричної форми.

На відміну від безстатевого, статеве розмноження у грибів відбувається в циклі розвитку однократно.

Цикл розвитку - послідовне проходження грибом різних стадій і спороношень, що завершується утворенням початкових спор.

Початкові спори або інші джерела первинної інфекції забезпечують збереження життєздатності гриба в зимовий період. Це можуть бути спори статевого, безстатевого або вегетативного розмноження, а також зимуючий міцелій і його видозміни типу склероціїв.

Джерело первинної інфекції дає початок циклу розвитку.

## **2. Віруси і віроїди, як збудники хвороб рослин.**

Віруси - неклітинні форми життя і є складними нуклеопротейдами, що складаються із білкової оболонки (95%) і нуклеїнової кислоти (5%).

Вони є облигатними паразитами (внутріклітинними), не мають білоксинтезуючих, ферментативних і енергетичних систем.

Віруси були відкриті Д.І. Іванівським у 1892 році, вивчаючи мозаїчну хворобу тютюну.

До складу вірусів входить білок і нуклеїнова кислота одного типу (ДНК або РНК). Не здатні рости на штучно створених поживних середовищах. Здатні до кристалізації, до утворення нових штамів, що утруднює захист від них.

Після проникнення віріона в клітину нуклеїнова кислота звільняється від білкової оболонки, інактивує ДНК господаря і забезпечує власне відтворення і синтез білка з використанням органелл клітини (головним чином - рибосомного апарату). Із знову синтезованих білкових частинок і нуклеїнової кислоти відбувається формування віріонів нового покоління. Таким чином, віруси - це паразити генома.

Віруси, які викликають хвороби рослин мають в основному сферичну, паличкоподібну і ниткоподібну *форму* і розміри (від 10 до 300 нм). Проте справжні відмінності між вірусами лежать глибше і полягають в різноманітності нуклеїнових кислот: у одних вірусів це подвійна або поодинокі макромолекули ДНК, у інших - РНК, яка, у свою чергу, може бути "позитивною" (позитив, з якого відразу може початися матричний синтез білка) і "негативною" (дзеркальне відображення "позитивного" типу).

Тип полінуклеотиду визначає послідовність дії вірусу після інфікування клітини, а саме - характер першої стадії відтворення.

Систематична номенклатура за К. Сміттам:

-родове позначення рослини-господаря

Відомо більше 600 вірусів, які уражують рослини. Для більшості вірусів характерне системне ураження. Переміщуються віруси з клітини в клітину по плазмодесмах. Нуклеїнова кислота порушує хімічні процеси, характерні для нормального розвитку клітин. Вони здатні уражувати покритонасінні,

голонасінні та папоротеподібні рослини. Відомі віруси бактерій, грибів, водорослей, нематод.

Серед вірусів зустрічаються як вузько-, так і широкоспеціалізованні фітопатогени. До першої групи можна віднести віруси російської мозаїки озимої пшениці, вірус мозаїки кукурудзи, X, S і M-віруси картоплі і інші. До другої - вірус мозаїки люцерни, вірус тютюнової мозаїки.

Широка спеціалізація досягається в результаті генетичної мінливості, яка призводить до утворення численних форм - штамів, спеціалізованих по відношенню до окремих видів рослин. Наприклад, вірус тютюнової мозаїки має більше 200 штамів, що забезпечує широку спеціалізацію не тільки у філогенетичних, але і в онтогенетичних, органотропних і гістотропних відносинах, а також різноманітність симптомів ураження.

Віруси володіють різною стійкістю до дії зовнішніх чинників. За стійкістю *in vitro* їх поділяють на дві групи: стійкі і нестійкі.

Стойкі віруси зберігають цілісність в кристалічній формі при висушуванні рослин-господарів, нагріванні, підкисленні. Так, вірус тютюнової мозаїки витримує нагрівання до 80-90°C протягом 10 хвилин, зберігає інфекційність у віджатому соку рослин до 50 років, може зберігатися в сухих рослинних залишках і курильному тютюні. До стійких вірусів відноситься і X-вірус картоплі. Проте більшість вірусів є нестійкими, інактивуються при температурі 40-60°C, в соку рослин зберігається від декількох годин до декількох днів і негайно втрачає інфекційні властивості при висушуванні рослин.

До таких вірусів можна віднести віруси мозаїки огірка, квасолі, Y-вірус картоплі і інші багато кого.

Найбільш складним наслідком вірусної інфекції є загибель клітин, тканин і всієї рослини.

Фітопатогенні віруси зберігаються в основному в живих тканинах і клітинах рослин.

### ***Розповсюдження вірусів.***

Віруси можуть проникати в рослини тільки через пошкоджену тканину. При цьому характер і причина пошкодження можуть бути різними - механічні травми, укуси комах, пошкодженнями гаусторіями повитиці та ін.

Існують наступні можливі ***способи передачі вірусів*** від однієї рослини до іншої:

**Контактно-механічний.** Передача при безпосередньому взаємопошкоджуючому контакті хворих і здорових рослин, коли віруси передаються з інфекційним соком (вірус тютюнової мозаїки, X-вірус картоплі та інші).

**Контактно-механічний** – передачі сприяє діяльність людини при догляді за рослинами і прибиранні, при якому вірус може зберігатися і розповсюджуватися на руках, одязі, знаряддях.

**Векторна передача** – це передача вірусів переносниками (найпоширеніший спосіб). Основну роль в передачі вірусів відіграють членистоногі із колюче-сисним ротовим апаратом: попелиці, клопи, цикадки, кліщі, трипси - всього близько 200 видів. Окрім того, віруси можуть передаватися нематодами, грибами, квітковими паразитами. Суть способу полягає в тому, що переносник одержує вірус від хворої рослини в процесі живлення або паразитування на ньому. Під час переходу переносника на іншу рослину відбувається передача вірусу через ушкоджені клітки. Такий спосіб передачі припускає збереження вірусу в організмі переносника протягом деякого часу.

Стан переносника після отримання вірусу називають персистентністю. Розрізняють три типи персистентності:

- неперсистентність, при якій переносник зберігає інфекційність протягом декількох годин. При цій передачі вірус зберігається, як правило, поверхнево на частинах ротового апарату комахи, частіше за все - попелиці.
- полуперсистентність - від 10 до 100 годин;
- персистентність - коли переносник зберігає інфекційність більше 100 годин, часто протягом всього життя.

Персистентніє віруси проникають спочатку в травний тракт комахи, потім - в слинні залози, звідки і потрапляють в здорову рослину.

Персистентніє віруси багато кого здатні розмножуватися в організмі переносника і передаватися його потомству через яйця.

Передача вірусів може здійснюватися також через насіння рослин, пилок, органи вегетативного розмноження (вуса суниці, кореневища, бульби), щепи.

### **Симптоми і типи вірусних хвороб рослин.**

Виділяють п'ять основних типів вірусних захворювань (вірозів):

1. Затримка росту супроводиться карликовістю всієї рослини (жовта карликовість картоплі, залялькування вівса) або окремих його частин (*метельчатість верхівки картоплі*).

2. **Зміна забарвлення** різних органів - мозаїка характеризується нерівномірним забарвленням листя, на якому утворюються ясно-зелені, жовто-зелені, жовті плями, розкидані безладно і створюють своєрідний малюнок у вигляді кілець, дугоподібних або лінійних узорів (кільцева, смугаста мозаїки). Залежно від розташування мозаїки на листі розрізняють жилкову, прижилкову та міжжилкову мозаїку. При ясно-жовтому або білому забарвленні мозаїку позначають як аукуба-мозаїка, при суцільному хлоротичному забарвленні поверхні листа - як жовтяницю.

3. **Деформації** органів відбуваються через нерівномірний ріст різних ділянок тканини рослини. Це приводить до зморшкватості і деформації листя (зморшквата мозаїка картоплі, папоротникоподібність листя помідорів), деформації плодів (звичайна мозаїка огірка).

4. **Некрози** виявляються майже в таких же формах, як мозаїки, але характеризуються не зміною забарвлення, а відмиранням тканин (стрик помідорів, смугаста мозаїка картоплі).

5. **Порушення репродуктивних функцій** виявляється в стерильності рослин, опаданні квіток і зав'язей, не формуванні насіння та ін.

### **3. Бактерії, як збудники хвороб рослин.**

**Біологічна характеристика. Бактерії** – одноклітинні організми, що не мають справжнього ядра і відносяться до надцарства Прокаріот (Procariota), царства Дробянок (Mychota), класу Еубактерії (Eubacteria). Переважна більшість бактерій - гетерогрофи.

Майже всі фітопатогенні бактерії мають форму паличок, прямих або слабо зігнутих, рухливі завдяки джгутикам. Нуклеоїд бактерійної клітки складається з ДНК і розподілений в цитоплазмі у вигляді дрібних зерен. Клітина оточена багат шаровою глікопептидною оболонкою – клітинною стінкою, яка надає бактерії певну форму. За несприятливих умов у багатьох бактерій утворюються L-форми, позбавлені клітинної стінки. Такі бактерії можуть довільно змінювати форму і проходити через бактерійні фільтри.

Фітопатогенні бактерії активні в широкому діапазоні температур - від 5 до 40°C, віддають перевагу нейтральному або слаболужному середовищу. В переважній більшості вони - аероби, деякі - факультативно анаробні. Серед бактерій не знайдено облігатних паразитів, всі відомі форми – факультативні паразити або сапротрофи. Патогенні властивості бактерій пов'язані із виділенням ферментів, які руйнують клітинні стінки бактерій, травних ферментів і токсинів.

Безстатеве розмноження відбувається шляхом поділу материнської клітки наполовину. Спори у бактерій виконують функцію не розмноження, а збереження в несприятливих умовах; більшість фітопатогенних бактерій спор не утворює. Спадкові зміни пов'язані з різними парасексуальними механізмами - трансформацією, трансдукцією, кон'югацією.

**1.2. Систематика фітопатогенних бактерій** в значній мірі умовна. Морфологічні відмінності між бактеріями виражені слабо, тому для ідентифікації таксонів використовують комплекс додаткових ознак: забарвлення за Грамом, відношення до субстрату, спосіб дихання, здатність утворювати спори та ін. Найпоширеніша номенклатура виділяє серед бактерій декілька збірних (формальних) груп. Фітопатогенні бактерії представлені в трьох із них:

Група грамнегативних аеробних паличок:

*Родина псевдомонадові (Pseudomonadaceae).*

Роди *Pseudomonas* і *Xanthomonas*. Палички з полярними джгутиками, синтезуючі флуоресцентний пігмент. Найшкідливіші види: *Pseudomonas phaseolicola* - викликає бактеріоз квасолі, *Pseudomonas lachrymans* - кутоподібну плямистість огірка, *Xanthomonas translucens* - чорний бактеріоз пшениці.

*Родина ризобієві (Rhizobiaceae).*

Рід **Agrobacterium**. Грунтоживучі бактерії, патогени підземних частин рослин. Викликають хвороби по типу пухлин. Найвідоміший вид - *Agrobacterium tumefaciens* - збудник кореневого раку плодівих і раку коренеплодів буряка.

Група грамнегативних факультативно анаеробних паличок.

*Родина ентеробактерії (Enterobacteriaceae).*

Рід **Erwinia** - рухливі бактерії, викликають некрози і мокру гниль рослин (*Erwinia phytophthora* - збудник чорної ніжки картоплі).

Група Корінеформних бактерій і Актиноміцетів.

Рід **Corynebacterium (Clavibacter)**. На відміну від інших фітопатогенних бактерій вони нерухомі, грампозитивні. Найшкідливіші збудники хвороб: *Corynebacterium michiganense* - бактерійний рак томатів, *Corynebacterium sepedonicum* - кільцева гниль картоплі.

*Родина стрептоміцетів (Streptomycetaceae).*

Рід **Streptomyces (Actinomyces)**. Детальна характеристика Актиноміцетів нижче.

### ***Бактеріози і заходи захисту від них.***

Відмінність бактеріозів від мікозів визначається рядом особливих властивостей бактерій.

1. Вони не здатні проникати в організм рослини через непошкоджену покривну тканину. Рослина інфікується тільки через природні канали - продихи, сочевички, гідатооди або пошкодження покривних тканин.

2. Зараження рослин бактеріями відбувається тільки за наявності краплинної вологи і високої вологості середовища. Особливо сприяє для розвитку бактеріозів поєднання високої вологості і підвищеної температури навколишнього середовища.

3. Перенесення бактерій повітряним шляхом порівняно із грибами (їх спори) є обмеженим. Переважає розповсюдження патогена водою, комахами і людиною. Але у вологу погоду на хворих органах з'являється ексудат у вигляді крапель, що містить велику кількість бактерій і переноситься перерахованими агентами. Деякі бактерії (наприклад, збудник бактерійного опіку плодівих) формує ексудат у вигляді довгих слизистих ниток, які переносяться вітром на значні відстані. Велику роль при бактеріозах відіграє передача інфекції з насінням. Комахи відіграють у розповсюдженні бактеріозів подвійну роль: по-перше, як переносники інфекції, по-друге, пошкоджуючи покривні тканини, вони відкривають додаткові канали інфікування. Цьому ж можуть сприяти деякі прийоми по догляду за рослинами: міжрядні обробки, пасинкування, обрізання, щеплення та ін.

4. Розповсюдження бактерій по рослині відбувається пасивно. Завдяки малим розмірам, вони переносяться потоком розчинів по судинах, проникаючи до всіх органів, внаслідок чого хвороба часто носить системний характер.

5. Більшість фітопатогенних бактерій, за винятком роду *Agrobacterium*, не утворюють спор. Тому вони не можуть довго зберігатися в ґрунті, але добре зимують на рослинних залишках до їх мінералізації.

6. Багато бактерій можуть тривало зберігатися в латентній (неактивній, прихованій) формі на поверхні рослин або в їх тканинах, не викликаючи симптомів хвороби.

**Типи бактеріозів.** За характером і ступенем ураження виділяють два типи бактеріозів: дифузні, або системні, і місцеві, або локальні.

При бактеріозах першого типу збудник проникає в судинну систему, розповсюджуючись в судинно-волокнистих пучках і прилеглих до них тканин. Основним симптомом системних бактеріозів є в'янення внаслідок закупорки судин.

Місцеві бактеріози пов'язані з ураженням паренхіми окремих органів рослин і супроводжуються різними симптомами. Відомі бактерійні плямистості, викликані некрозами тканин (кутовидна плямистість огірка, бактерійний рак томатів). Некрози можуть виявлятися і в інших формах - наприклад, у відмиранні цілих органів рослин (квіток, зав'язей, плодів).

Поширена бактерійна гниль, що розвивається при ураженні соковитих, багатих вуглеводами тканин (мокра і кільцева гниль картоплі). Крім того, симптоми бактеріозів можуть виявлятися в хлорозах, пухлинах, деформаціях. Часто спостерігається цілий комплекс симптомів, викликаний одним збудником: наприклад, бактерійний рак томатів супроводжується в'яненням рослин, розтріскуванням стебел і плямистістю плодів, чорна ніжка картоплі - в'яненням стебел і гниллю бульб.

**Захист рослин від бактеріозів** ґрунтується в першу чергу на профілактичних заходах, що полягають у знезараженні насіння, вирощування здорового насінного матеріалу, обґрунтованому чергуванні культур, прийомах, сприяючих швидкій мінералізації рослинних залишків в ґрунті, створенні стійких сортів, карантинних заходах, фітопрочистках та ін.

Знищувальні заходи захисту від бактеріозів полягають в обмеженні і зводяться до застосування деяких фунгіцидів широкого спектру дії (фундазол), антибіотиків, регуляторів росту.

#### **4. Актиноміцети, як збудники хвороб рослин.**

*Актиноміцети* – це проміжна група мікроорганізмів між грибами і бактеріями.

Відособленість актиноміцетов від інших коринформних бактерій визначається особливою будовою вегетативного тіла, яке представлене тонкими променисто розростаючими гіфами, які формують компактний галузистий міцелій. Як і родинні бактерії, актиноміцети є прокаріотами, забарвлюються по

Граму. Таким чином, схожість з грибами, яке знаходить відображення і в назві групи - чисто зовнішнє.

Розмноження актиноміцетів здійснюється шматочками міцелію або спорами, що формуються на слабо диференційованих спороносцях різної форми. Спори проростають паростком. В культурі актиноміцети утворюють колонії діаметром до 10 мм, спочатку шкірястої або маслянистої консистенції, пізніше покриті повітряним міцелієм з споронощенням.

Актиноміцети менш вологолюбиві, ніж бактерії, і здатні до нормальної життєдіяльності при низькій вологості і підвищеній температурі ґрунту. За рахунок активного продукування сильнодіючих антибіотиків актиноміцети успішно пригнічують природних конкурентів і антагоністів, що також сприяє їх розвитку і розповсюдженню. Ця особливість визначає інтерес до актиноміцетів при розробці біологічного методу захисту рослин від багатьох фітопатогенів.

За способом живлення актиноміцети – одна з найменш спеціалізованих груп, здатних до сапротрофного знищення як рослинних, так і тваринних залишків і виділень. Фітопатогенні види, які викликають у рослин актиномікози, відносяться до роду *Streptomyces* (= *Actinomyces*). Представники роду є збудниками парші – групи захворювань по типу язв. Так, вид *Streptomyces scabies* (- *Actinomyces scabies*) відомий як збудник парші картоплі.

Серед профілактичних заходів захисту рослин від актиноміцетів велике значення мають прийоми, що запобігають накопиченню збудників у ґрунті: сівозмінна з максимальним видаленням культури, що вражається, прискорена мінералізація рослинних залишків, наприклад, за рахунок відвальних обробітків і просапних культур, обмежене застосування органічних добрив.

Як хімічні засоби боротьби з актиномікозами застосовують фунгіциди.

## **5. Фітоплазми, як збудники хвороб рослин.**

Фітоплазми – це проміжна група мікроорганізмів між бактеріями і вірусами.

Мікоплазми є специфічною групою фітопатогенних прокаріот, виділених в клас Mollicutes з одним порядком Mycoplasmatales. За внутрішньою будовою клітини і біології вони багато в чому подібні із бактеріям: не мають справжнього ядра, діаметр клітин – 0,1-1,0 мкм.

Розмноження мікоплазм відбувається брунькуванням або бінарним поділом. На відміну від бактерій, мікоплазми не мають клітинної стінки, їх клітина відокремлена тільки тришаровою мембраною. Внаслідок цього мікоплазми не мають певної форми, вона може варіювати від округлої і овальної до витягнутої, гантелеподібної залежно від зовнішніх умов. Нечисленні види мають спіральну форму. Витягуючись в тонкі нитки, мікоплазми здатні проникати через бактерійні фільтри, внаслідок чого до середини 20 століття хвороби, що викликаються ними (мікоплазмози), ототожнювали з вірусами.

Як і бактерії, мікоплазми здатні розмножуватися на поживних середовищах, утворюючи дрібні сферичні колонії. Проте в природних умовах ці патогени є облигатними паразитами. Мікоплазми заселяють головним чином флоему, зокрема, ситовидні трубки, і системно поширюються по рослині. Симптоми багатьох мікоплазмозів нагадують ознаки вірозів: деформації, некрози, в'янення, дрібнолистковість, карликовість та ін. Вони можуть спостерігатися окремо або в комплексі. Є і специфічні симптоми, наприклад, відьменні мітли і ниткоподібність паростків картоплі. При деяких захворюваннях спостерігається позеленіння квітин, зростання їх частин (столбур пасльонових), перетворення квіток у листкоподібні органи (реверсія чорної смородини

Багато видів мають широку філогенетичну спеціалізацію, тобто здатні заражати види багатьох рослин. Так, мікоплазма, яка викликає жовтяницю айстр, уражує також моркву, селеру, суніцю; збудник стовбура пасльонових, окрім рослин цієї родини, інфікує березу, осот, молочай. Є і вузькоспеціалізовані види, наприклад, збудник реверсії чорної смородини.

Основними переносчиками мікоплазм, як і вірусів, є комахи із колюче-сисним ротовим апаратом. Багато мікоплазм здатні розмножуватися в тілі комахи, які переносять інфекцію не відразу, а після латентного періоду. Зберігаються мікоплазми тільки в живих тканинах рослин тілі переносників, тому джерелами первинної інфекції часто є органи вегетативного розмноження: бульби, цибулини, кореневища, коренеплоди і т.д.

Методи діагностики, профілактики і терапії мікоплазмозів і вірозів в основному співпадають. Для визначення мікоплазменної інфекції широко використовується мікробіологічний (культуральний) метод, заснований на виділенні збудника в чисту культуру.

До специфічних методів терапії можна віднести лікування за допомогою антибіотиків тетрациклінового ряду, проте препарати немедичного призначення поки знаходяться у стадії розробки.

#### Питання для самоконтролю

1. Інфекційні хвороби рослин.
2. Відмінність між грибноцею і її видозмінами.
3. Віроїди: шкідливість для рослин, симптоми ураження.
4. Відмінність між актиноміцетами і фітоплазмами.