

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування  
Навчально-науковий інститут агроекології та землеустрою  
Кафедра агрохімії, ґрунтознавства та землеробства  
ім. С.Т. Вознюка

**05-02-324М**

### **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до проведення практичних занять із навчальної дисципліни  
«Сільськогосподарська вірусологія»  
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за  
освітньо-професійною програмою «Агрономія»  
спеціальності 201 «Агрономія»  
денної (з елементами дуальної) та заочної форм навчання

Рекомендовано науково-  
методичною радою з якості  
ННІАЗ  
Протокол № 12 від 20.02.2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до проведення практичних занять із навчальної дисципліни «Сільськогосподарська вірусологія» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Агрономія» спеціальності 201 «Агрономія» денної (з елементами дуальної) та заочної форм навчання. [Електронне видання] / Володимирець В. О. – Рівне : НУВГП, 2024. – 27 с.

Укладач: Володимирець В. О., к.б.н., доцент кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства ім. С.Т. Вознюка.

Відповідальний за випуск: Колесник Т. М., к.с.-г.н., доцент, завідувач кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства ім. С.Т. Вознюка.

Керівник групи забезпечення ОНП:

Колесник Т. М., к.с.-г.н., доцент кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства ім. С.Т. Вознюка.

© В. О. Володимирець, 2024  
© Національний університет  
водного господарства та  
природокористування, 2024

## З М І С Т

<b>Вступ</b> .....	4
<b>Практичне заняття № 1. Методи культивування вірусів</b> .....	4
<b>Практичне заняття № 2 Морфологічна різноманітність вірусів різних груп</b> .....	8
<b>Практичне заняття № 3. Характеристика механізмів впізнавання вірусами споріднених клітин</b> .....	11
<b>Практичне заняття № 4. Роль вірусів у формуванні транспозонів та інших мігруючих генетичних елементів</b> .....	14
<b>Практичне заняття № 5. Реакції вірусів на дію основних абіотичних факторів</b> .....	18
<b>Практичне заняття № 6. Аналіз шляхів міграції та зараження рослин фітовірусами</b> .....	20
<b>Практичне заняття № 7. Морфологічні ознаки вірусів основних сільськогосподарських культур</b> .....	24

## ВСТУП

«Сільськогосподарська вірусологія» є вибірковою навчальною дисципліною фахової підготовки здобувачів вищої освіти. Вона вивчає поширення, особливості організації, відтворення, поведінки в клітинах і практичне значення вірусних форм організації живого.

Мета викладання навчальної дисципліни «Сільськогосподарська вірусологія» полягає в пізнанні біологічних основ існування вірусних форм і їхньої ролі в біосфері та практичній діяльності людини.

Основними завданнями навчальної дисципліни є:

- знання структури різних груп вірусів;
- розуміння ролі вірусів в еволюції живого;
- знання механізмів відтворення вірусів у клітині;
- розуміння ролі вірусів у перепрограмуванні клітинних процесів;
- знання принципів класифікації вірусів;
- з'ясування ролі вірусів у виникненні хвороб рослин;
- знання перспектив використання вірусів у сучасній молекулярній біології.

Метою проведення практичних занять із дисципліни є набуття здобувачами вмінь: аналізувати та обґрунтовувати вибір сучасних методів культивування вірусів рослин і тварин, аналізувати реакції вірусів на дію основних абіотичних факторів.

### Практичне заняття № 1

**Тема:** Методи культивування вірусів.

**Мета заняття:** ознайомитись із методами культивування різних груп вірусів, з'ясувати необхідні умови для збереження потенційно вірулентних вірусних частинок.

### ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

На відміну від бактерій, багато видів яких можна вирощувати на штучних поживних середовищах, віруси

потребують живої клітини-господаря для відтворення. Заражені клітини господаря (еукаріотичних або прокаріотичних організмів) можна культивувати та вирощувати, а потім середовище росту можна використати як джерело вірусу. Віріони в рідкому середовищі можуть бути відокремлені від клітин господаря шляхом центрифугування або фільтрації. Фільтри можуть фізично затримати все, що присутнє в розчині або суспензії, розміром більше, ніж віріони; в подальшому віруси можуть бути зібрані в фільтраті.

Для культивування вірусів різних груп використовують культури клітин рослин і тварин, курячі ембріони та організми чутливих лабораторних тварин.

Для культивування вірусів тварин і людини культури клітин готують з їхніх тканин. Такі культури поділяють на первинні (неперещеплювані), напівперещеплювані та перещеплювані.

Приготування первинної культури клітин складається з декількох послідовних етапів: подрібнення тканини, роз'єднання клітин шляхом трипсинізації, відмивання отриманої однорідної суспензії ізольованих клітин від трипсину з подальшим суспендуванням клітин у поживному середовищі, що забезпечує їхній ріст.

Перещеплювані культури на відміну від первинних адаптовані до відповідних умов, що забезпечує їм постійне існування *in vitro* та зберігання впродовж декількох десятків пасажів.

Процес відтворення (репродукції) вірусів у культурі клітин оцінюють за цитоплазматичною дією, яке може бути виявлена мікроскопічно та характеризується морфологічними змінами клітин. Характер цитоплазматичної дії вірусів використовують як для їхнього виявлення (індикації), так і для орієнтовної ідентифікації, тобто для визначення їхньої видової приналежності. Деякі віруси можна виявляти й ідентифікувати за включеннями, які вони утворюють в ядрі або цитоплазмі заражених клітин.

Курячі ембріони в порівнянні з культурами клітин значно рідше бувають контаміновані вірусами і мікоплазмами, а також характеризуються порівняно високою життєздатністю та стійкістю до різних факторів.

Видова чутливість тварин до певного вірусу та їхній вік визначають репродуктивну здатність вірусів. У багатьох випадках тільки новонароджені тварини чутливі до того або іншого вірусу. Перевага цього методу перед іншими визначається можливістю виділення тих вірусів, які недостатньо репродукуються в культурі або ембріоні.

Для культивування вірусів рослин, залежно від їхніх властивостей і від мети, використовують чотири типи рослин-господарів: 1) рослини, де вірус може зберігатися тривалий період; 2) рослини, в яких чітко виявляються симптоми, що характерні для зараження конкретним вірусом; 3) рослини, з яких можна отримати велику кількість вірусу; 4) рослини, які використовують для оцінки рівня інфекційності вірусу.

Для культивування використовують, як правило, різні види рослин. Так, наприклад, вірус мозаїки листків люцерни можна довгий час зберігатися в люцерні, його найбільша концентрація спостерігається під час культивування тютюну, для встановлення його патогенності використовують листки квасолі звичайної, а характерні симптоми, які відрізняють його від інших вірусів, виявляються в рослинах тютюну, квасолі та лободи щирецезабарвленої /*Chenopodium amaranticolor*/.

В лабораторній практиці метод механічної інокуляції найчастіше застосовують як засіб передачі вірусів здоровій рослині. В цьому випадку інфекційний вірус (або його РНК) вводиться в клітину внаслідок пошкодження (через мікротравми) кутикули листків, яке викликається застосуванням абразиву. Дрібні (400-700 мкм) абразивні порошки діатомових водоростей (наприклад, "целіт") є найбільш ефективним матеріалом для цього методу. Для механічної інокуляції поверхня листка напилується абразивним порошком, потім наносяться 1-2 краплі вірусної суспензії на оброблену абразивом листову поверхню й за

допомогою скляної палички або пластикової петлі інокулянт разом із абразивом рівномірно розподіляється на поверхні уражених листків. Цю операцію потрібно виконувати з врахуванням багатьох факторів: виду рослини, віку та стану листків, якості абразивного порошку та інших.

Методом механічної інокуляції краще всього передаються віруси, які досягають в рослинах високої концентрації та здатні уражати як епідерміс, так і інші рослинні тканини. До цієї категорії відносяться віруси, що викликають мозаїку, крапчастість або кільцеву плямистість. Через певний період із моменту зараження чутливих до вірусу видів рослин можуть спостерігатися симптоми інфекції.

Віруси здатні вражати не лише цілий організм господаря, але і його окремі клітини, які вирощують у культурі. Цілісна клітинна оболонка рослин не проникна для вірусів і, якщо таку рослину обробити препаратом вірусу, зараження не відбудеться. Але, якщо пошкодити клітинну оболонку рослини пектиназами й целюлазами, то отримані протопласти легко заражаються вірусом у процесі додавання його у середовище для культивування протопластів. Протопласти використовують для культивування вірусів тютюнової мозаїки, огіркової мозаїки, Х-вірусу картоплі та інші.

### ХІД ЗАНЯТТЯ

1. Використовуючи інформаційні джерела, ознайомитись із особливостями вірусів як форм життя.
2. З'ясувати практичну необхідність культивування вірусів.
3. Проаналізувати особливості культивування вірусів тварин.
4. Проаналізувати особливості культивування вірусів рослин.

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Поняття про віруси, їхні особливості.
2. Речовинний склад вірусних частинок.
3. Поширення вірусів у природі.
4. Культивування вірусів тварин і людини.
5. Культивування вірусів рослин.

### **Інформаційні ресурси:**

Гудзь С. П., Перетятко Т. Б., Галушка А. А. Вірусологія. Львів : ЛНУ ім. Ів. Франка, 2018.

Мельничук М. Д. Фітовірусологія : навчальний посібник. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2005.

Шамрай С. М., Леонтєв Д. В. Вірусологія. Харків : Харківський НПУ, 2019.

Методи культивування вірусів та їх оцінка. URL: <https://studfile.net/preview/6808247/page:4/>.

Культивування, практичне значення вірусів та бактеріофагів. URL: <http://www.grandbiology.com/biols-686-1.html>.

Віруси рослин. URL: <https://studfile.net/preview/7103679/page:10/>.

## **Практичне заняття № 2**

**Тема:** Морфологічна різноманітність вірусів різних груп.

**Мета заняття:** З'ясувати особливості структури та морфології різних груп вірусів.

### **ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА**

Окрема вірусна частка називається віріоном. Віріон складається з нуклеїнової кислоти, яка зовні вкрита білковою оболонкою (капсидом). Капсид у найпростішому варіанті складається з однакових білкових субодиниць, які називають капсомерами. Капсид має високу спорідненість до клітинних мембран, завдяки чому полегшується проникнення вірусу цілком або його складових компонентів в чутливу клітину.

Віріони характеризуються доволі різноманітною формою, що визначається взаємним розташуванням білків у капсиді, їхньою кількістю та природою, характером зв'язків між білками та нуклеїновими кислотами, наявністю суперкапсиду тощо.

Виділяють наступні морфологічні типи віріонів (А – віруси архей; В – віруси бактерій; Е – віруси еукаріотів): безмембранні (віріон складається з нуклеїнової кислоти та



капсиду) – паличкоподібні (АЕ), ниткоподібні (АВЕ), звивисті (Е), кільчасті (Е), овоїдні хвостаті (Е), поліедричні (АВЕ), поліедричні з хвостами або віруси типу «головка-хвіст» (АВ), зірчасті або поліедричні з трубчастими капсомерами (ВЕ), шипуваті (Е), подвійні шипуваті (Е); мембранні (віріон складається з нуклеїнової кислоти, капсиду й суперкапсиду) – сферичні (ВЕ), еліпсоїдні (Е), бацилоподібні (Е), сферичні (Е), краплеподібні (А), веретеноподібні (А), пляшкоподібні (А), бобоподібні (Е).

Дослідження показали, що паличкоподібні віріони завжди утворюють структури у вигляді спіралей. Симетрію спіральних структур зручно описувати за допомогою двох параметрів: кількості одиниць на виток ( $u$ ) та відстані між одиницями уздовж осі спіралі ( $p$ ). Крок спіралі ( $P$ ) дорівнює добутку  $p$  на  $u$  ( $P = pu$ ). Віріони спіральної структури мають поворотну вісь симетрії, яка співпадає з віссю спіралі.

Замкнені оболонки віріонів представляють собою чохла більш-менш округлої форми, що побудовані з окремих субодиниць, які специфічно взаємодіють між собою. У типовому випадку вони є правильними опуклими багатогранниками та реалізуються у формі ікосаедра (багатогранник з ікосаедричною симетрією), що має 12 вершин та 20 ребер.

Аналіз електронних мікрофотографій віріонів показав, що часто на них спостерігаються стійкі комплекси за участю п'яти або шести субодиниць. Поеднання білків капсиду в такі групи називається пентамерно-гексамерною кластеризацією, а самі групи – пентонами та гексонами. Ймовірно, що формування цих комплексів зумовлює максимальне збільшення кількості контактів між субодиницями та перешкоджає утворенню щілин між ними. Поверхня капсидів характеризується доосить різноманітною топографією. Білкові молекули тут можуть утворювати западини, гребені, виступи тощо. Деякі віруси з ікосаедричними капсидами мають додаткові структури.

Біліпідно-білкові мембрани здебільшого знаходяться на поверхні віріонів, значно рідше – всередині капсиду. Оболонка

віріона є похідним від мембрани клітини господаря й формується шляхом відбруньковування від неї: плазмалеми, мембрани ендоплазматичної сітки, апарату Гольджі або навіть від зовнішньої чи внутрішньої мембрани ядра. Однак мембрана господаря зазнає глибоких модифікацій.

### ХІД ЗАНЯТТЯ

1. Використовуючи інформаційні джерела, з'ясувати структуру віріонів різних груп.
2. Використовуючи інформаційні джерела, ознайомитись із різноманітністю морфологічних форм віріонів. Зарисувати в зошит п'ять різних форм вірусів (рис. 2.1).
3. Використовуючи інформаційні джерела, ознайомитись із симетрією структурних частин віріонів.
4. На основі морфологічної форми та симетрії структури віріонів обґрунтувати адаптивний характер цих утворень.

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Поняття про віріони, віроїди та пріони.
2. Загальна структура віріона.
3. Різноманітність морфологічних форм віріонів.
4. Капсид і суперкапсид віріонів, симетрія їхніх структурних частин.
5. Генетичний матеріал вірусів.

### **Інформаційні ресурси:**

Гудзь С. П., Перетятко Т. Б., Галушка А. А. Вірусологія. Львів : ЛНУ ім. Ів. Франка, 2018.

Мельничук М. Д. Фітовірусологія : навчальний посібник. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2005.

Шамрай С. М., Леонтєв Д. В. Вірусологія. Харків : Харківський НПУ, 2019.

Морфологія вірусів. URL: <https://www.slideshare.net/olgazelik/ss-28849645>.

Лекція 7. Морфологія, ультраструктура, репродукція ... . URL: <https://moodle.znu.edu.ua/resource/view/PDF>.

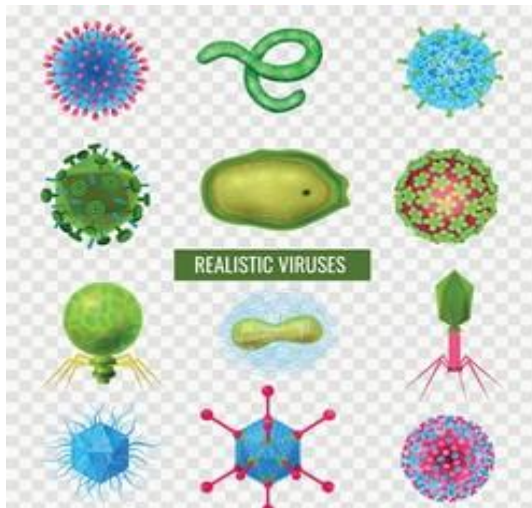


Рис. 2.1. Морфологічні форми віріонів.

### Практичне заняття № 3

**Тема:** Характеристика механізмів впізнавання вірусами споріднених клітин.

**Мета заняття:** З'ясувати відомі механізми впізнавання та зараження вірусами споріднених клітин.

#### ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Віріон спочатку контактує з мембраною клітини-господаря, що є її зовнішнім бар'єром. У подальшому він прикріплюється до неї. Зазвичай прикріплення є специфічним процесом: білок або білки вірусного капсиду зв'язуються зі специфічними рецепторами на поверхні клітини. Тому наявність таких рецепторів визначає вразливість клітини до певного вірусу та можливість її зараження. Оскільки реплікація вірусу здійснюється всередині живої клітини, після прикріплення до її поверхні відбувається проникнення або вхід вірусу всередину клітини. Також віріон або його компоненти

можуть проникати в клітину внаслідок пошкодження мембрани.

Процес зараження клітини вірусом починається із зустрічі віріону та спорідненої клітини (клітини-мішені), однак така зустріч відбувається по-різному для бактеріофагів, вірусів рослин і вірусів тварин. Первинна взаємодія вірусів тварин із клітинами господаря має характер звичайної дифузії через доволі малі розміри віріонів – у рідкому середовищі вони знаходиться в постійному броунівському русі. Ймовірно, зустріч віріонів бактеріофагів із клітинами бактерій також відбувається за механізмом дифузії. У випадку рослинних клітин, які зовні мають крім мембрани, товсту клітинну оболонку, віріони здебільшого потрапляють у цитоплазму завдяки активним переносникам або внаслідок механічних пошкоджень.

Рецепторами для вірусів можуть слугувати різноманітні білки, вуглеводи й ліпіди, що розташовані на поверхні мембрани, клікокаліксу або оболонки. Однак природа не створила для вірусів спеціальних рецепторів на поверхні сприйнятливих клітин. Такі рецептори зазвичай виконують клітинні функції, що не пов'язані з вірусами.

Процес прикріплення вірусу до мембрани представляє специфічну взаємодію вірусного білка з молекулою рецептора клітини. Цей білок називають «антирецептором» або «білком прикріплення». Важливо розуміти, що у вірусів відсутні рецептори, у них наявні лише білки прикріплення або антирецептори. Рецептори має лише клітина-господар із якими можуть зв'язуватися віруси. Зв'язування відбувається за рахунок слабких зв'язків, таких як, водневі зв'язки, іонні взаємодії та сили Ван-дер-Ваальса, ковалентні зв'язки між віріоном і рецептором не виникають.

Клітина, яку уражує вірус, реагує на сигнали, що ініціюються віріоном. Простим прикріпленням до рецепторів багато вірусів запускають активацію каскадів клітинних сигналів. Така активація здебільшого запускає процеси, наприклад ендоцитоз, які є ключовими для входу вірусу до

клітини.

Бактеріофаги вводять свою нуклеїнову кислоту в клітину-господаря оголеною, їхній капсид залишається зовні клітини. Рослинні та тваринні віруси можуть потрапляти в споріднені клітини шляхом ендоцитозу, коли клітинна мембрана оточує та цілком поглинає вірусну частинку. Для окремих обволікаючих вірусів характерне злиття капсиду віруса та клітинної мембрани. Після потрапляння всередину клітини, вірусний капсид розпадається із вивільненням його нуклеїнової кислоти.

### ХІД ЗАНЯТТЯ

1. Використовуючи інформаційні джерела, з'ясувати як віруси різних груп можуть потрапляти всередину клітини господаря.
2. Використовуючи інформаційні джерела, з'ясувати на чому ґрунтується спорідненість вірусів до клітини господаря.
3. Використовуючи інформаційні джерела, проаналізувати молекулярні механізми впізнавання та прикріплення віріона до поверхні клітини.
4. Використовуючи інформаційні джерела, ознайомитись із механізмами проникнення віріона або його частин всередину клітини.

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Шляхи потрапляння вірусів у клітини бактерій, рослин і тварин.
2. Роль рецепторів та «антирецепторів» у процесах впізнавання віріонами споріднених клітин.
3. Молекулярні механізми прикріплення та проникнення віріонів у клітину.
4. Процеси, що відбуваються в клітині після проникнення віріона або його нуклеїнової кислоти.
5. Основні наслідки зараження клітини вірусом.

### **Інформаційні ресурси:**

Гудзь С. П., Перетятко Т. Б., Галушка А. А. Вірусологія. Львів : ЛНУ ім. Ів. Франка, 2018.

Мельничук М. Д. Фітовірусологія : навчальний посібник. Київ : ПоліграфКонсалтінг, 2005.

Шамрай С. М., Леонтьєв Д. В. Вірусологія. Харків : Харківський НПУ, 2019.

Віруси та інформація. URL: <https://virology.com.ua/?p=777>.

Розмноження вірусів. URL: <https://dovidka.biz.ua/rozmnozhennya-virusiv/>.

Розмноження вірусів. Основні етапи взаємодії вірусу й клітини. URL: <https://uahistory.co/gdz/biology-directory-schoolchildren-entrants-barna-2019/59.php>.

Види взаємодії вірусів та клітин. URL: <https://studfile.net/preview/6808247/page:43/>.

#### **Практичне заняття № 4**

**Тема:** Роль вірусів у формуванні транспозонів та інших мігруючих генетичних елементів.

**Мета заняття:** З'ясувати механізми взаємодії нуклеїнових кислот вірусів із генами клітин господаря в процесах формування мігруючих генетичних елементів.

#### **ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА**

Розвиток молекулярної біології дозволив виявити в геномі організмів гени, що можуть змінювати своє положення в хромосомах. Вони отримали назву мігруючих генетичних елементів, «стрибаючих генів», транспозонів. Як правило, вони мають довжину приблизно 2500-7000 пар нуклеотидів, у геномі переважно представлені родинami диспергованих повторів. Виділяють два класи транспозонів: клас 1 включає ретротранспозони, які переміщуються вздовж геному за механізмом зворотної транскрипції з їхньої РНК; клас 2 включає ДНК-транспозони, що переміщуються за механізмом прямого вирізання ділянок і вставляння за участю кодованого

транспозоном ферменту транспозази. Роль транспозонів для організмів ще достеменно нез'ясована. Встановлено, що деякі гени-регулятори, які забезпечують адекватну реакцію рослин на зміну освітлення, з'явилися внаслідок вбудовування в геном транспозонів. Також транспозони здатні викликати дестабілізацію геному, зокрема не менше 80% мутацій і перебудов ДНК є наслідком їхньої активності. Було також запропонована теорія про те, що саме через дерепресію транспозонів темпи виснаження клітинних теломерів прискорюється в сотні разів, зумовлюючи процес старіння як біологічного феномену.

Транспозони здатні тривалий період перебувати в хромосомі в стані спокою. Однак у певний період в частини популяції організму бурхливо активується переміщення транспозонів і, відповідно, зростає їхня мутагенна активність. Таке явище називають транспозиційним вибухом, під час якого відбувається майже одночасне переміщення транспозонів декількох типів. Уперше транспозиційні вибухи були встановлені для рослин кукурудзи. Подібне явище спостерігається й під час схрещування певних ліній мух дрозофіл. Якщо такі вибухи відбуваються в клітинах зародкової лінії, то вони викликають множинні зміни в геномі потомства окремої мухи або рослини. Це зумовлює появу різноманітних, випадковим способом модифікованих нащадків, окремі з яких можуть виявитися краще пристосованою до виживання в нових умовах.

Мобільні елементи накопичуються в геномах організмів, вони виявляються їхніми структурними елементами. Встановлено, що геном нематод приблизно на 10% складається з мобільних елементів, геном риб – ~ на 15%, геном курки – ~ на 23%, геном людини – ~ на 60%, з яких 57% є ретроелементами, у вищих рослин до 90% геному може складатися з ретроелементів. Більшість мобільних елементів не

активні. Лиш деякі з них збільшують кількість своїх копій. У подальшому копії накопичують мутації й стають різними.

Нині встановлено, що деякі мобільні елементи є вірусами, зокрема, окремі ретровіруси можуть інтегруватися в геном господаря, формуючи ендегенні ретровіруси. Так, деякі віруси можуть бути отримані з природних транспозуючих елементів і навпаки. Оскільки віруси можуть переміщуватися між різними особинами, то деякі транспозуючі елементи можуть переміщатися й між геномами (між особинами), а також всередині геному індивіда. Враховуючи широке поширення у геномах мігруючих, незрозуміло, чи варто вважати такі елементи невід'ємною частиною генома виду, або ж вони є успішними паразитами. Вони мають важливий вплив на гени та фенотипи організмів.

Мобільними генетичними елементами є ретротранспозони (ретропозони), що нагадують безкапсидних вірусів і здатні кодувати білки, необхідні для їхнього власного самовідтворення у клітині. Безкапсидні віруси та ретротранспозони можна назвати «фермент-кодуєчими» або «білок-кодуєчими» реплікаторами. Проте такий термін не є вдалим, оскільки рибосома-кодуєчі реплікатори також кодуєть білки.

### ХІД ЗАНЯТТЯ

1. Використовуючи інформаційні джерела, з'ясувати природу мобільних генетичних елементів і транспозонів.
2. Використовуючи довідкову літературу, проаналізувати можливу роль мобільних генетичних елементів у пристосувальній еволюції організмів.
3. Використовуючи довідкову літературу, проаналізувати імовірний зв'язок окремих вірусів у функціонуванні мобільних елементів.
4. Пов'язати механізми відтворення віріонів у клітині з функціонуванням транспозонів.



## ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Поняття про мобільні генетичні елементи.
2. Представленість мобільних генетичних елементів у сучасних організмах.
3. Можлива роль мобільних генетичних елементів в еволюції організмів.
4. Імовірний зв'язок вірусів із виникненням і функціонуванням мобільних генетичних елементів.
5. Можливі механізми функціонування мобільних генетичних елементів.

### **Інформаційні ресурси:**

Гудзь С. П., Перетятко Т. Б., Галушка А. А. Вірусологія. Львів : ЛНУ ім. Ів. Франка, 2018.

Сиволоб А. В., Афанасьєва К. С. Молекулярна організація хромосом. Київ : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2012.

Шамрай С. М., Леонтьєв Д. В. Вірусологія. Харків : Харківський НПУ, 2019.

Транспонуючі елементи (транспозони). URL: <https://ukrayinska.libretexts.org/%D0%91%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F/%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0/>.

Транспозони - «стрибаючі гени». URL: [https://ukrayinska.libretexts.org/%D0%91%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F/%D0%92%D1%81%D1%82%D1%83%D0%BF%D0%BD%D0%B0\\_%D1%82%D0%B0\\_%D0%B7%D0%B0%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0\\_%D0%B1%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F/](https://ukrayinska.libretexts.org/%D0%91%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F/%D0%92%D1%81%D1%82%D1%83%D0%BF%D0%BD%D0%B0_%D1%82%D0%B0_%D0%B7%D0%B0%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0_%D0%B1%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F/).

Таємниця походження пожирачів вірусів. URL: <https://my.science.ua/tayemnytsya-pohodzhennya-pozhyrachiv-virusiv/>.

### **Практичне заняття № 5**

**Тема:** Реакції вірусів на дію основних абіотичних факторів.

**Мета заняття:** З'ясувати вплив факторів зовнішнього середовища на існування віріонів поза клітиною та їхню здатність вражати клітини.

## ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Екологічний підхід до вивчення вірусів зумовлений важливістю пізнання їхньої взаємодії з постійно мінливим навколишнім середовищем. Тому принциповим є розгляд вірусного виду (різновиду, форми) як сукупності особин популяцій і комплексне вивчення популяційних взаємовідносин збудників із своїми господарями в мінливих умовах існування. Важливу роль у цьому відіграють зовнішні абіотичні фактори, що значною мірою впливають на збереження здатності вірусів, перебуваючи певний період поза клітиною, вражати її за сприятливих умов.

Щодо патогенних та потенційно патогенних вірусів людини й свійських тварин екологія вірусів вивчає їхні природні резервуари. Зміни кількості та видового складу вірусів у навколишньому середовищі може бути індикатором його змін. Найбільш маловивченими залишаються віруси рослин, оскільки впродовж ХХ століття увага була сконцентрована передусім на вірусах-патогенах культурних рослин. Однак існує велика група вірусів, які пов'язані з рослинами мутуалістичними зв'язками та перебувають у рослинному організмі у формі персистентних вірусів.

Зовнішні абіотичні фактори середовища впливають на віруси, подібно як і на інших мікроорганізмів. Однак, аналізуючи вплив цих факторів на віруси, варто враховувати, що поза клітиною вірус практично не виявляє явних ознак життя, він тут перебуває в стані глибокого анабіозу. На здатність вірусів зберігатися певний період поза клітиною, а за сприятливих умов вражати споріднені клітини, впливає багато факторів, передусім температурний режим, вологість середовища, різні випромінювання, величина кислотності та окисно-відновного потенціалу середовища, присутність різних хімічних речовин. Оцінювати вплив цих факторів необхідно з

позиції їхньої дії на складові компоненти конкретного віроїда.

Так, тривалість можливого існування вірусу грипу поза організмом залежить від температури й вологості в навколишнього середовищі. За температури повітря нижче 0°C вірус грипу може існувати роками, й чим нижча температура, тим більше він зберігає свою здатність до зараження. У квартирі за +22°C інфекція може зберігатися до кількох годин. Також стійкість цих вірусів тим вища, чим менша вологість повітря. Стійкість вірусів знижується з підвищенням температура повітря.

За температурного режиму +50° С вірус простого герпесу гине впродовж 30 хвилин, за температури 37,5° С – упродовж 20 годин. Він достатньо добре переносить послідовне заморожування та розморожування. Встановлено, що поза організмом людини з урахуванням нормальної температури та вологості повітря, вірус зберігає життєздатність упродовж 24 годин.

Вірус гепатиту є доволі стійким, він добре приживається в організмі, й досить тривалий період може існувати у зовнішньому середовищі. Чим нижча температура повітря, тим сприятливішим є середовище для «виживання» вірусу поза організмом. Життєдіяльність вірусу поза організмом за кімнатної температури зберігається від 16 годин до 4 діб, за температурного режиму нижче 0° С – понад 1 року. Інактивація вірусу спостерігається за умови кип'ятіння впродовж 2 хвилин. Також він гине під впливом ультрафіолетового випромінювання.

### ХІД ЗАНЯТТЯ

1. Використовуючи інформаційні джерела, ознайомитись із умовами існування вірусів у середовищі поза клітиною.
2. З'ясувати, які абіотичні фактори можуть найбільше впливати на перебування віріонів поза клітиною .
3. Враховуючи біохімічний склад і структуру різних груп вірусів, проаналізувати можливий вплив на віріони температурного режиму та вологості середовища.

4. Враховуючи біохімічний склад і структуру різних груп вірусів, проаналізувати можливий вплив на віріони різних видів випромінювання.
5. Враховуючи біохімічний склад і структуру різних груп вірусів, проаналізувати можливий вплив на віріони окремих груп хімічних речовин і величини кислотності середовища.

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Умови існування вірусів у біосфері.
2. Абіотичні фактори впливу на існування та поширення вірусів у природі.
3. Вплив різних абіотичних факторів на збереження віріонів поза клітиною.
4. Потенційна небезпека інфікування вірусами через глобальне потепління.

### **Інформаційні ресурси:**

Бойко А. Л. Основи екології та біофізики вірусів. Київ : Фітосоціоцентр, 2003.

Гудзь С. П., Перетятко Т. Б., Галушка А. А. Вірусологія. Львів : ЛНУ ім. Ів. Франка, 2018.

Шамрай С. М., Леонтьєв Д. В. Вірусологія. Харків : Харківський НПУ, 2019.

Drosten C. Virus ecology: a gap between detection and prediction. *Emerging Microbes & Infections*. 2013. 2 (5).

### **Практичне заняття № 6**

**Тема:** Аналіз шляхів міграції та зараження рослин фітовірусами.

**Мета заняття:** Провести аналіз основних шляхів поширення та механізмів зараження рослинних організмів фітовірусами.

### **ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА**

Віруси можуть поширюватися вертикально (від батьків до потомства) та горизонтально (від хворих рослин до здорових).

Від клітини до клітини в межах тканини вірус передається через плазмодесми.

Вертикальне поширення фітовірусів можливе у процесі розмноження рослин вегетативними частинами та насінням. У вегетативних частинах заражених рослин (бульбах, цибулинах, кореневищах, черешках) зберігаються багато вірусів, тому найбільше ними вражаються рослини, що можуть розмножуватися вегетативними органами: картопля, квітково-декоративні та плодово-ягідні культури. Насінням можлива передача вірусу штриховатої мозаїки ячменю, вірусів мозаїки люцерни, мозаїки квасолі та сої, крапчастості нуту, вірус кільцевої плямистості малини.

Приблизно 20% вірусів рослин можуть передаватися вертикально в процесі відтворення, завдяки чому насіння стає зараженим і після проростання дає заражене покоління рослин. Більшість вірусів, які передаються через насіння, локалізуються в зародку, який набуває вірусів або із зараженої яйцеклітини, або із заражених пилкових зерен.

Горизонтальна передача фітовірусів може бути контактною та векторною.

Контактне поширення фітовірусів відбувається під час дотикання листків або коренів заражених рослин до здорових. Під час тертя листків виникають дрібні ранки (наприклад, відламування волосків), через які рідина, що містить вірусні частки, може потрапити з однієї рослини до іншої. Тобто контактна передача можлива лише для вірусів, які знаходяться в епідермальних клітинах (флоемні віруси контактно не передаються) й здатні зберігатися в рослинних рідинах поза клітинами. Для вірусу тютюнової мозаїки, Х-вірусу картоплі, вірусу жовтої мозаїки турнепсу контактний спосіб передачі є домінуючим. Значну загрозу становить поширення вірусів контактним способом у період догляду за рослинами, який пов'язаний із їхнім пошкодженням (культивування, пасинкування томатів, обламування листків тютюну).

Рослинна клітина зовні покрита товстою клітинною оболонкою, що виступає істотним бар'єром для проникнення

вірусу. Тому більшість фітовірусів потрапляють усередину клітини за допомогою векторів переносу. Такими векторами передусім виявляються безхребетні фітофаги та паразити. Адже рослину їжу споживають доволі багато видів безхребетних тварин. Наприклад, попелиці, нематоди живляться рослинами, проколюючи клітинні стінки та засмоктуючи вміст протопласта, різні види жуків відгризають тканини рослин. Фітопатогенні нематоди, що поширюють віруси, проколюють клітини коренів і живляться їхнім вмістом. Найчастіше вектором переносу вірусів рослин є саме попелиці.

У процесі взаємодії з комахами-векторами деякі віруси рослин здатні розмножуватися в тканинах переносників.

Безхребетні тварини, що живляться рослинами, контактуючи з зараженими вірусом клітинами та здоровими рослинами, під час пошкодження клітинної стінки переносять фітовіріони у здорові клітини та рослини. Передача вірусу нематодами припиняється після линяння. Це свідчить, що вірус не проникає з травного тракту в тіло нематоди.

Окремі фітопатогенні грибоподібні організми, які є нижчими еукаріотами, також можуть виконувати роль векторів переносу вірусів. Наприклад, плазмодіофора *Spongospora subterranea*, яка є збудником борошнистої парші картоплі, переносить вірус моп-топ картоплі (*potato mop-top virus*). Плазмодіофора *Polymyxa betae* переносить вірус некротичного пожовтіння жилок буряка, який зумовлює розвиток хвороби ризоманії. Якщо рослина заражена вірусом, а переносником є нижчі спорові організми, то віріони можуть потрапляти у спори переносника. Вірус може виживати у спорах упродовж місяців і років, поки спори не проростуть і не інфікують нового господаря, який у цьому випадку стає зараженим вірусом фітопатогенним організмом.

Чимало фітовірусів можуть передаватись штучним шляхом, наприклад під час проведення щеплень заражених вірусами матеріал може бути перенесений в нового господаря.

## ХІД ЗАНЯТТЯ

1. Використовуючи інформаційні джерела, з'ясувати особливості поширення та проникнення в рослини фітовірусів.
2. Використовуючи інформаційні джерела, проаналізувати вертикальний шлях поширення фітовірусів.
3. Використовуючи інформаційні джерела, проаналізувати горизонтальний шлях поширення фітовірусів.
4. З'ясувати роль різних організмів у горизонтальному перенесенні фітовірусів.

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Зв'язок будови рослинної клітини з особливостями поширення та зараження рослин вірусами.
2. Шляхи та механізми вертикального поширення фітовірусів.
3. Шляхи та механізми горизонтального поширення фітовірусів, роль у цьому процесі різних векторів переносу.
4. Штучне зараження рослин фітовірусами за участю людини.

#### **Інформаційні ресурси:**

Гудзь С. П., Перетятко Т. Б., Галушка А. А. Вірусологія. Львів : ЛНУ ім. Ів. Франка, 2018.

Мельничук М. Д. Фітовірусологія : навчальний посібник. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2005.

Шамрай С. М., Леонт'єв Д. В. Вірусологія. Харків : Харківський НПУ, 2019.

Lecture10Plant. URL: <https://biology.univ.kiev.ua>.

Поширення вірусів рослин. URL: [https://stud.com.ua/77445/agropromislovist/poshirennya\\_virusiv\\_rosslin](https://stud.com.ua/77445/agropromislovist/poshirennya_virusiv_rosslin).

## Практичне заняття № 7

**Тема:** Морфологічні ознаки вірусів основних сільськогосподарських культур.

**Мета заняття:** Провести аналіз морфологічних ознак, які діагностують розвиток вірусів у рослин.

### ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Вірусні хвороби або вірози зумовлюють появу на рослинах низки симптомів: мозаїки, некрози, хлорози, карликовість, різнопланові деформації. Вірусна інфекція негативно впливає на перебіг фізіолого-біохімічних процесів у рослинах. Для діагностики вірусних інфекцій нині на практиці застосовується ряд методів: візуальна діагностика, біологічне тестування, електронна мікроскопія, імуноферментний аналіз, полімеразна ланцюгова реакція, сиквенування ділянок нуклеїнових кислот і філогенетичний аналіз. Останніми роками значного поширення набули молекулярні методи досліджень, які дозволили розширити можливості та поглибити знання про віруси рослин. Нині відомо приблизно 1000 фітопатогенних вірусів.

Знання характерних особливостей вірусу (ідентифікація вірусів) та розуміння інфекційного процесу за його участю є першою умовою для розробки й реалізації відповідних фітосанітарних заходів у технології вирощування культурних рослин.

Зовнішньо загальний прояв вірусних хвороб виражається: пригніченням росту (затримка росту всієї рослини, наприклад, жовта карликовість картоплі, укорочення меживузлів, наприклад, „відьмині мітли” верхівки картоплі, пригнічення росту головних пагонів із посиленням галушення за участю бічних пагонів); зміною забарвлення (поява мозаїчності, хлоротичних кіл, смугастих візерунків, наприклад, шарка сливи, кільцева мозаїка малини, пожовтіння жилок, наприклад, облямівка жилок агрусу, загальне пожовтіння листків, наприклад, жовтяниця буряків); деформацією органів (зморшкувата мозаїка картоплі, мозаїка помідорів, наприклад,



нитковість листків); некрозами (поява плям сірого, бурого, чорно-коричневого кольорів, наприклад, стрик помідорів, смугаста мозаїка картоплі, шарка сливи); порушеннями репродуктивних функцій рослин (стерильність квітів, утворення плодів без насіння, опадання зав'язей, наприклад, аспермія помідорів).

Варто зазначити, що зовнішні ознаки, які проявляються внаслідок інфікування рослин вірусами, віроїдами та фітоплазмами не завжди специфічні, оскільки такі симптоми можуть бути викликані іншими факторами. Зокрема, надмірна концентрація фітогормональних гербіцидів у рослинах може викликати порушення їхнього росту й розвитку. Ступінь пошкодження залежить від стадії розвитку рослини, її окремих органів на момент потрапляння речовини та від її концентрації. Тому різні фітогормональні препарати та гербіциди можуть індукувати симптоми, що нагадують ознаки ураження вірусами.

За нестачі тих або інших мікроелементів мінерального живлення розвивається аномальне забарвлення листків і навіть некротичні прояви. В цьому випадку спостерігається загальне пожовтіння листової пластинки, хлорози різного типу – вздовж жилок або між ними, крайові й міжжилкові некрози. В деяких видів рослин симптоми мозаїки, хлорозу, посвітління жилок, що властиві вірусним і віроїдним хворобам, можуть з'являтися на молодих листках від різкої зміни температури. За її нормалізації ці симптоми поступово зникають. Порушення пігментації може виявлятися й під впливом деяких фізіологічних факторів, унаслідок технологічних порушень догляду за рослинами. Наприклад, внаслідок поливу холодною водою в жарку сонячну погоду виникають візерунки типу кільцевої плямистості, які є наслідком попадання крапель на листи й різкої зміни температури в рослинних тканинах. Разом із тим, характерною відмінною рисою таких аномалій є їхня неінфекційність і нездатність поширюватися від рослини до рослини. Тому, факти виявлення патологічних змін, які нагадують симптоми вірусних та іншого роду інфекційних уражень, потребують особливих вимог до методів діагностики,

необхідної для об'єктивного висновку про причини та етіологію захворювання для своєчасного проведення захисних заходів.

### ХІД ЗАНЯТТЯ

1. Використовуючи інформаційні джерела, ознайомитись із поширенням вірусів серед рослин.
2. Використовуючи інформаційні джерела, ознайомитись із методами діагностики вірусів у рослинах.
3. Використовуючи інформаційні джерела, проаналізувати як впливають віруси на життєдіяльність рослини, на її фізіологічні та біохімічні процеси.
4. Проаналізувати зовнішні симптоми прояву вірусів у рослинах, звернути увагу на їхню неоднозначність.
5. Пояснити складнощі, що виникають під час діагностики збудників вірусів.

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Поняття про віруси рослин, масштаби їхнього розповсюдження.
2. Традиційні та сучасні методи діагностики вірусів рослин.
3. Симптоми та ознаки розвитку вірусів рослин.
4. Вплив вірусів на загальний стан уражених рослин.
5. Складнощі діагностики збудників вірусів у рослинах.

### **Інформаційні ресурси:**

Гудзь С. П., Перетятко Т. Б., Галушка А. А. Вірусологія. Львів : ЛНУ ім. Ів. Франка, 2018.

Мельничук М. Д. Фітовірусологія : навчальний посібник. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2005.

Шамрай С. М., Леонтьєв Д. В. Вірусологія. Харків : Харківський НПУ, 2019.

Lecture10Plant. URL: <https://biology.univ.kiev.ua>.

Віруси та віроїди – збудники хвороб рослин". URL: [https://nubip.edu.ua/sites/default/files/3\\_kurs\\_12\\_grupa\\_zr\\_zagalna\\_fitopatologiya\\_lekciya.pdf](https://nubip.edu.ua/sites/default/files/3_kurs_12_grupa_zr_zagalna_fitopatologiya_lekciya.pdf).

Вірусні хвороби рослин в агроценозах і лісових екосистемах: діагностика та профілактика. URL: [https://agrovisnyk.com/index.php/agrovisnyk/article/view/2020\\_02\\_01](https://agrovisnyk.com/index.php/agrovisnyk/article/view/2020_02_01)

Поширення вірусів рослин. URL: [https://stud.com.ua/77445/agropromislovist/poshirennya\\_virusiv\\_roslyn](https://stud.com.ua/77445/agropromislovist/poshirennya_virusiv_roslyn).