

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології**

**ПОГОДЖЕНО**  
Декан факультету захисту  
рослин, біотехнологій та екології

\_\_\_\_\_ **Юлія КОЛОМІЄЦЬ**  
(підпис)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2026 р.

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**  
Завідувач кафедри фітопатології  
ім. акад. В.Ф. Пересипкіна

\_\_\_\_\_ **Дмитро Гентош**  
(підпис)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2026 р.

**БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

На тему: **«Особливості перебігу вірусної інфекції в рослинах картоплі за  
дії мікробних препаратів»**

Спеціальність 202 «Захист і карантин рослин»

Освітньо-професійна програма «Захист і карантин рослин»

**Гарант освітньої програми**

доктор с.-г. наук, професор

\_\_\_\_\_

(підпис)

**Мирослав ПІКОВСЬКИЙ**

**Керівник бакалаврської роботи**

доктор с.-г. наук, професор,  
академік НААН України

\_\_\_\_\_

(підпис)

**Микола ПАТИКА**

**Виконала**

\_\_\_\_\_

(підпис)

**Анна ПНІВЧАК**

**Київ - 2026**

**Національний університет біоресурсів  
і природокористування України**

**Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри фітопатології  
імені акад. В.Ф. Пересипкіна**

кандидат сільськогосподарських наук

**Гентош Д.Т.**

“ ” \_\_\_\_\_ 2026 р.

**ЗАВДАННЯ  
ДО ВИКОНАННЯ БАКАЛАВРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
ЗДОБУВАЧУ**

**Пнівчак Анні Юліанівні**

Спеціальність 202 «Захист і карантин рослин»

Освітньо-професійна програма «Захист і карантин рослин»

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи:

«Особливості перебігу вірусної інфекції в рослинах картоплі за дії мікробних препаратів»

Керівник роботи (проєкту) Патика Микола Володимирович,  
затверджена наказом ректора НУБіП України від 29.10.2025р. № 2588 «С»

Строк подання студентом завершеної роботи 25.05.2026р.

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи: літературні джерела за актуальною проблематикою досліджень, власні експериментальні дані, одержані в результаті виконання роботи

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

- Визначити особливості впливу мікробних метаболітів *Cladosporium* на перебіг вірусної інфекції за інфікування фітовірусами.
- Проаналізувати вплив мікробних метаболітів за інфікування фітовірусами на фізіолого-біохімічний стан рослин.
- Встановити вплив мікробних агентів на врожайність картоплі за природного та штучного інфікування фітопатогенними вірусами.

Дата видачі завдання « 20 » травня 2025р.

**Керівник бакалаврської**

**кваліфікаційної роботи**

**Завдання взяла до виконання**

**Микола ПАТИКА**

**Анна ПНІВЧАК**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
УКРАЇНИ**

**Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології**

**Декларація про академічну доброчесність та використання ШІ**

**ДЕКЛАРАЦІЯ ЗДОБУВАЧА**

Я, **Пнівчак Анна Юліанівна**, здобувачка НУБіП України, усвідомлюючи відповідальність за порушення академічної доброчесності, цією заявою підтверджую, що:

1. Моя бакалаврська кваліфікаційна робота на тему: **«Особливості перебігу вірусної інфекції в рослинах картоплі за дії мікробних препаратів»** є результатом моєї особистої праці.

2. Усі запозичення з текстів інших авторів мають відповідні посилання згідно з чинними стандартами.

3. Щодо використання інструментів ШІ зазначаю, що (обрати необхідне):

- o ☐ інструменти генеративного ШІ не використовувалися.
- o ☐ інструменти ШІ (вказати назву: ChatGPT, Gemini, Claude, DeepL, \_\_\_\_\_ інші (вказати назву)) були використані для:

- ☐ перекладу іншомовних джерел;
- ☐ стилістичного редагування та перевірки граматики;
- ☐ допомоги у написанні/відлагодженні програмного коду;
- ☐ інше: \_\_\_\_\_.

Я розумію, що надання недостовірної інформації може призвести до скасування результатів захисту та відрахування з числа здобувачів НУБіП України.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2026р.

\_\_\_\_\_  
(підпис)

**Анна ПНІВЧАК**

## РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота як кваліфікаційне дослідження на тему «Особливості перебігу вірусної інфекції в рослинах картоплі за дії мікробних препаратів» виконана в обсязі 53 сторінки друкованого тексту формату А4, ілюстрована 7 таблицями та 9 рисунками. Список використаних джерел нараховує 43 найменування (джерел). Робота складається з наступних розділів:

1. Розділ 1. Огляд літератури.
2. Розділ 2. Матеріали та методи досліджень.
3. Розділ 3. Результати досліджень та їх обговорення.
4. Загальні висновки.
5. Список використаних джерел.

Дослідження проведено на базі кафедри фітопатології імені академіка В.Ф. Пересипкіна Національного університету біоресурсів і природокористування України.

**Мета роботи** – дослідити вплив мікробних метаболітів на розвиток вірусної інфекції в рослинах картоплі (першої бульбової репродукції від оздоровлених рослин *in vitro*) за умов природного та штучного інфікування фітопатогенними вірусами.

**Об'єкт досліджень** – розвиток вірусної інфекції та дія мікробних метаболітів при вирощуванні картоплі.

**Предмет досліджень** – прояв та виявлення вірусної хвороби за штучного та природного інфікування рослин картоплі.

### **Завдання досліджень:**

1. Визначити особливості впливу мікробних метаболітів на прикладі *Cladosporium* на перебіг вірусної інфекції за інфікування фітовірусами.
2. Проаналізувати вплив мікробних метаболітів за інфікування фітовірусами на фізіолого-біохімічний стан рослин картоплі.
3. Встановити вплив мікробних агентів на врожайність картоплі за природного та штучного інфікування фітопатогенними вірусами.

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ .....</b>                                                                                                                       | <b>7</b>  |
| <b>ВСТУП.....</b>                                                                                                                                            | <b>8</b>  |
| <b>РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ .....</b>                                                                                                                      | <b>10</b> |
| <b>1.1. Значення фітовірусологічного моніторингу при вирощуванні картоплі в України .....</b>                                                                | <b>10</b> |
| <b>1.2. Основні характеристики вірусів, виявлених на картоплі .....</b>                                                                                      | <b>19</b> |
| <b>1.3. Заходи обмеження поширення агресивних фітовірусів в агроценозах картоплі .....</b>                                                                   | <b>25</b> |
| <b>РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ .....</b>                                                                                                       | <b>27</b> |
| <b>2.1. Об'єкт та предмет дослідження.....</b>                                                                                                               | <b>30</b> |
| <b>2.2. Методи проведення дослідження. ....</b>                                                                                                              | <b>32</b> |
| <b>РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ .....</b>                                                                                               | <b>37</b> |
| <b>3.1. Контроль прояву симптомів інфекції Х-вірусу картоплі (ХВК) та вплив мікробних метаболітів <i>Cladosporium</i> на перебіг вірусної інфекції .....</b> | <b>37</b> |
| <b>3.2. Вплив мікробних метаболітів <i>Cladosporium</i> на вміст хлорофілу в листках рослин картоплі .....</b>                                               | <b>41</b> |
| <b>3.3. Дослідження впливу мікробних агентів на врожайність картоплі за природного та штучного інфікування фітвірусами .....</b>                             | <b>44</b> |
| <b>ВИСНОВКИ .....</b>                                                                                                                                        | <b>48</b> |
| <b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>                                                                                                                      | <b>49</b> |

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

млрд. – мільярд

т/га – тона на один гектар

ц/га – центнер на один гектар

% – відсоток

MBK / PVM – М-вірус картоплі

YBK / PVY – Y-вірус картоплі

SBK / PVS – S-вірус картоплі

XBK / PVX – X-вірус картоплі

BSLK / PLV – вірус скручування листя картоплі

ABK / PVA – A-вірус картоплі

BBBK – віроїд веретеноподібності бульб картоплі

## ВСТУП

Сьогодні стрімко розвиваються технології органічного виробництва сільськогосподарської продукції на основі відмови від використання пестицидів та агрохімікатів або їх раціонального обмеження. Ємність світового ринку екологічно безпечної продукції перевищила 30 млрд. доларів США, зокрема в країнах ЄС – 17 млрд. доларів США та має тенденцію до збільшення.

Впровадження технологій органічного виробництва в нашій країні надзвичайно актуально. Пріоритетним є вирощування картоплі на основі органічного землеробства, тобто за повної відмови від застосування мінеральних добрив, пестицидів [1, 2].

Органічне землеробство – один із основних напрямів екологічно збалансованого ведення господарства в агроценозах. Органічна система землеробства передбачає застосування природних, біологічних і відновлюваних ресурсів, а також відтворення родючості ґрунту переважно завдяки реутилізації органічних залишків, сівозмінному чиннику та обробітку ґрунту. Боротьба з паразитами, збудниками хвороб і бур'янами здійснюється здебільшого через застосування механічного обробітку ґрунту та біологічних засобів. До сучасного переліку біологічних препаратів належать біостимулятори, серед яких мікробні, амінокислотні, гумати і фульвові кислоти, фітогормони та інше. Ці продукти та метаболіти зазвичай здатні підвищити ефективність використання поживних речовин рослиною та її стійкість до біотичних і абіотичних стресів [3].

Картопля (*Solanum tuberosum*) – одна з найбільш універсальних сільськогосподарських культур, яка займає важливе місце в сільськогосподарському виробництві України. Як цінна продовольча культура вона посідає одне з перших місць серед харчових культур за вмістом поживних речовин і водночас є висококалорійним кормом для тварин і однією з найголовніших технічних культур [4, 5].

Серед численних хвороб сільськогосподарських рослин, що спричиняються збудниками різної природи, вірусні інфекції є найбільш

проблемним фактором зниження продуктивності культур, товарності та якості продукції. А вірусні хвороби картоплі, на відміну від інших інфекційних захворювань рослин, мають повсюдне поширення з тенденцією зростання їхньої шкідливості.

У природних умовах України набули широкого розповсюдження М-вірус картоплі (МВК, *Potato virus M*), Y-вірус картоплі (YBK, *Potato virus Y*), S-вірус картоплі (SBK, *Potato virus S*), X-вірус картоплі (ХВК, *Potato virus X*), вірус скручування листя картоплі (*Potato leafroll virus*) [6, 7].

З різних публікацій авторів доведено, що виявляються та ідентифікують нові патогени, переносниками яких є ґрунтові паразитичні нематоди і гриби, які спричиняють пошкодження бульб, що знижує їх товарність і придатність для харчового споживання і промислової переробки: раттл-вірус тютюну (РВК), вірус щіткоподібності верхівки картоплі (ВЩВК), віроїд веретеноподібності бульб картоплі (ВВБК). Отже, в останні роки кількість і поширення збудників вірусних хвороб картоплі істотно збільшилися за рахунок розширення кола господарів у вірусів і виявлення нових вірусів або їх більш небезпечних штамів.

Таким чином, актуальність питання розповсюдженості фітовірусів у навколишньому середовищі полягає як у його фундаментальності, так і в практичному значенні.

Для досягнення поставленої мети передбачалось вирішення наступних завдань:

- визначити особливості впливу мікробних метаболітів на прикладі *Cladosporium* на перебіг вірусної інфекції за інфікування фітовірусами;
- проаналізувати вплив мікробних метаболітів за інфікування фітовірусами на фізіолого-біохімічний стан росли картоплі;
- встановити вплив мікробних агентів на врожайність картоплі за природного та штучного інфікування фітопатогенними вірусами.

## РОЗДІЛ 1

### ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

#### **1.1. Значення фітовірусологічного моніторингу при вирощуванні картоплі в Україні**

Важливе значення для характеристики основних шкідливих організмів у посадках картоплі має інтегрована система заходів, а також інформація щодо обмеження їх поширеності та шкідливості. На сьогодні відомо шість основних складових інтегрованого захисту рослин [16]:

- моніторинг – регулярне спостереження за шкідливими організмами з метою визначення рівнів пошкодження шкідниками, ураження хворобами чи засміченості бур'янами;
- облік – систематичне ведення та зберігання записів, що має важливе значення для встановлення тенденцій і моделей спалахів чисельності шкідників, бур'янів чи розвитку хвороб. Інформація, отримана при кожному огляді, повинна включати дані щодо ідентифікації шкідливих організмів, їхньої щільності популяції, чисельності, поширеності, розвитку, розподілу, рекомендації щодо профілактики у майбутньому, а також повну інформацію про прийняті заходи щодо захисту;
- визначення рівня пошкодження чи ураження чи засмічення. Практично неможливо повністю позбутися шкідливих організмів, тому треба визначити рівні їх чисельності, які вимагають застосування захисних дій для виправлення становища виходячи з необхідності захисту людського здоров'я, економічних або естетичних міркувань;
- профілактика. Вже застосовані технології та розроблювані нові заходи повинні включати в себе профілактичні заходи, оскільки саме профілактика є основним засобом боротьби з шкідливими організмами в програмі інтегрованого захисту рослин;

- прийняття тактичного рішення. При використанні підходу інтегрованого захисту рослин хімічні речовини повинні використовуватися лише в крайньому випадку, а при їх використанні треба вибирати речовини з мінімальною токсичністю з метою мінімізувати вплив на людину і всі нецільові біологічні об'єкти;
- оцінювання. Програма регулярного оцінювання має важливе значення для визначення успішності стратегій боротьби з шкідливими організмами.

Використання у господарстві всіх зазначених елементів інтегрованого захисту рослин дає можливість забезпечити належну продуктивність і одночасно усунути або різко скоротити використання пестицидів і звести до мінімуму токсичний вплив будь-яких речовин, які використовуються, тобто значно зменшити шкоду довкіллю і здоров'ю людей.

Поширення збудників вірусних хвороб картоплі істотно збільшилися. Це пов'язують, насамперед, з активізацією торгових взаємин, зміною кліматичних умов, активним розселенням переносників вірусів (як основними причинами збільшення числа вірусів, що вражають картоплю), а також змінами у географії їх поширення.

На сьогодні моніторинг поширення переносників вірусних хвороб і фітосанітарний контроль вкрай необхідні для оптимізації всіх ланок інтегрованого захисту рослин, що дасть змогу забезпечити стійке виробництво якісного врожаю картоплі.

За оцінками вчених середнє зниження врожайності картоплі внаслідок вірусних хвороб становить 30,0-40,0%, досягаючи 38,0-70,0% – за ураження Y-вірусом картоплі, 80,0-90,0% – вірусом скручування листя картоплі, залежно від сорту картоплі, кліматичних та ґрунтових умов вирощування [8].

Під впливом вірусної інфекції погіршуються ріст і розвиток рослин, знижуються врожайність, якість і товарність бульб, зменшується вміст сухої речовини, крохмалю та вітаміну С, спостерігається порушення синтезу деяких амінокислот [9].

Виродження рослин картоплі під впливом вірусної інфекції є основною причиною низьких врожаїв бульб при відносно високих затратах праці на їх вирощування. Залежно від характеру та інтенсивності виродження картоплі, тобто ураження її вірусними хворобами, за різних природно-кліматичних умов в Україні визначено чотири зони вирощування високоякісного насіннєвого матеріалу.

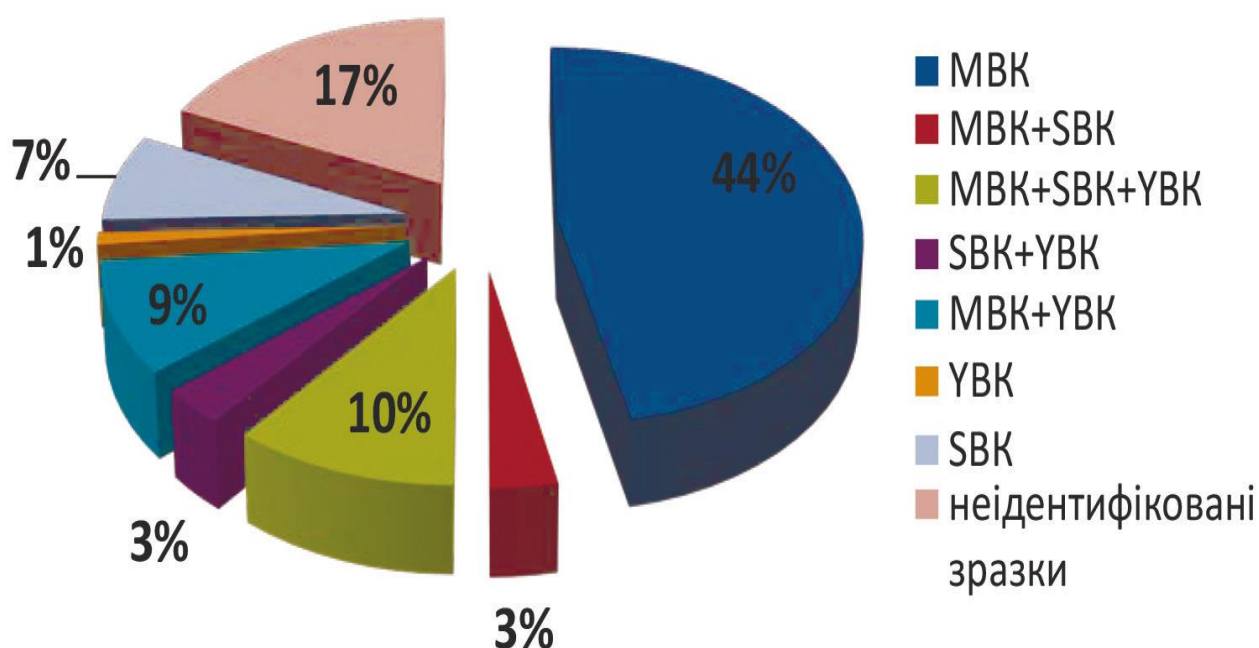
За опублікованими відомостями, зона найменшого виродження (Карпати) – це гірські райони Закарпаття й Чернівецької області, де умови для вирощування насіннєвої картоплі найліпші. Зона незначного виродження – Чернігівська, Волинська, Рівненська, Житомирська, Львівська, Івано-Франківська, Тернопільська, а також північні райони Вінницької, Київської, Сумської та Хмельницької областей. Тут сприятливі умови для вирощування як насіннєвої, так і продовольчої картоплі. Зона помірного виродження – Полтавська, Черкаська області, північні райони Кіровоградської і Харківської та південні райони Київської, Сумської, Хмельницької та Вінницької областей. Зона сильного виродження – Луганська, Дніпропетровська, Донецька, Запорізька, Миколаївська, Одеська, Херсонська області, де умови для вирощування картоплі без зрошення несприятливі [10].

Генетичний потенціал сучасних сортів картоплі знаходиться в межах 65–120 т/га, тоді як врожайність картоплі в Україні не перевищує показників 100–130 ц/га [9, 10].

Визначення ризиків розповсюдження вірусів картоплі в агроценозах України на основі вивчення особливостей екології патогенів є актуальним для забезпечення ефективного контролю вірусних хвороб на всіх етапах вирощування сортів (наприклад, в процесі оздоровлення, виробництва насіннєвого матеріалу, його сертифікації, проведення оцінки селекційних зразків). Це важливо при обстеженні посівів виробничих підприємств, господарств та для своєчасного забезпечення заходів захисту культур від вірусного ураження.

Моніторингові спостереження за фітовірусологічним станом посівів картоплі є важливою складовою у комплексі заходів, які спрямовані на контроль та захист від вірусних патогенів.

Кожен рік проводяться обстеження, які дають можливість оцінювати локальні зони ризику поширення вірусних захворювань на насадженнях картоплі, виявляти тенденції розвитку і змін фітовірусологічної ситуації в агроценозах [11], рис. 1.1.



**Рисунок 1.1. Результати моніторингових досліджень насаджень Насіннєвої картоплі в агроценозах України [11]**

Так, в розсадниках елітного насінництва та товарних насаджень картоплі виявлено: М-, S-, Y-віруси картоплі, як у моноінфекції, так і у складі патологічних комплексів. Фітопатогенні віруси виявлялись у рослинах 82,6% обстежених сортозразків. Крім цього, у розсаді з пробіркових безвірусних рослин різних сортів (сорт Невський, Чернігівська рання), які вирощувалися в теплицях, інфікування мозаїчними вірусами не виявлялось.

Моніторингові обстеження показують, що є присутність в агроценозах ефективних резерваторів і активних переносників патогенів, фіксується сприйнятливність до вірусів окремих сортів [12].

Симптоми виявлення вірусних хвороб картоплі представлені в таблицях 1.1 та 1.2.

**Таблиця 1.1 – Легкі та середні форми вірусного ураження рослин**

| Хвороба/патоген                                                                                                                  | Спосіб перенесення                                                                                                                         | Симптоми прояву                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Звичайна мозаїка/<br>вірус <i>X</i> ( <i>PVX</i> )                                                                               | Механічним шляхом<br>(вітром, машинами<br>під час обробки та<br>інших контактів).<br><br>Перенесення<br>попелицями як<br>нестійкого вірусу | Нерівномірність забарвлення<br>листка, світло-зелені або<br>жовтуваті плями та смуги.<br><br>Спостерігається розпливчасте<br>світле забарвлення – може<br>займати більшу частину площі<br>листка.<br><br>Можлива деформація листкової<br>пластинки. |
| Крапчастість /<br>вірус <i>X</i> ( <i>PVX</i> ).<br>Поєднання з<br>іншими<br>мозаїчними<br>вірусами<br><i>PVS</i> , <i>PVM</i> . |                                                                                                                                            | Більш дрібні плями, світлі цятки<br>на листках.                                                                                                                                                                                                     |

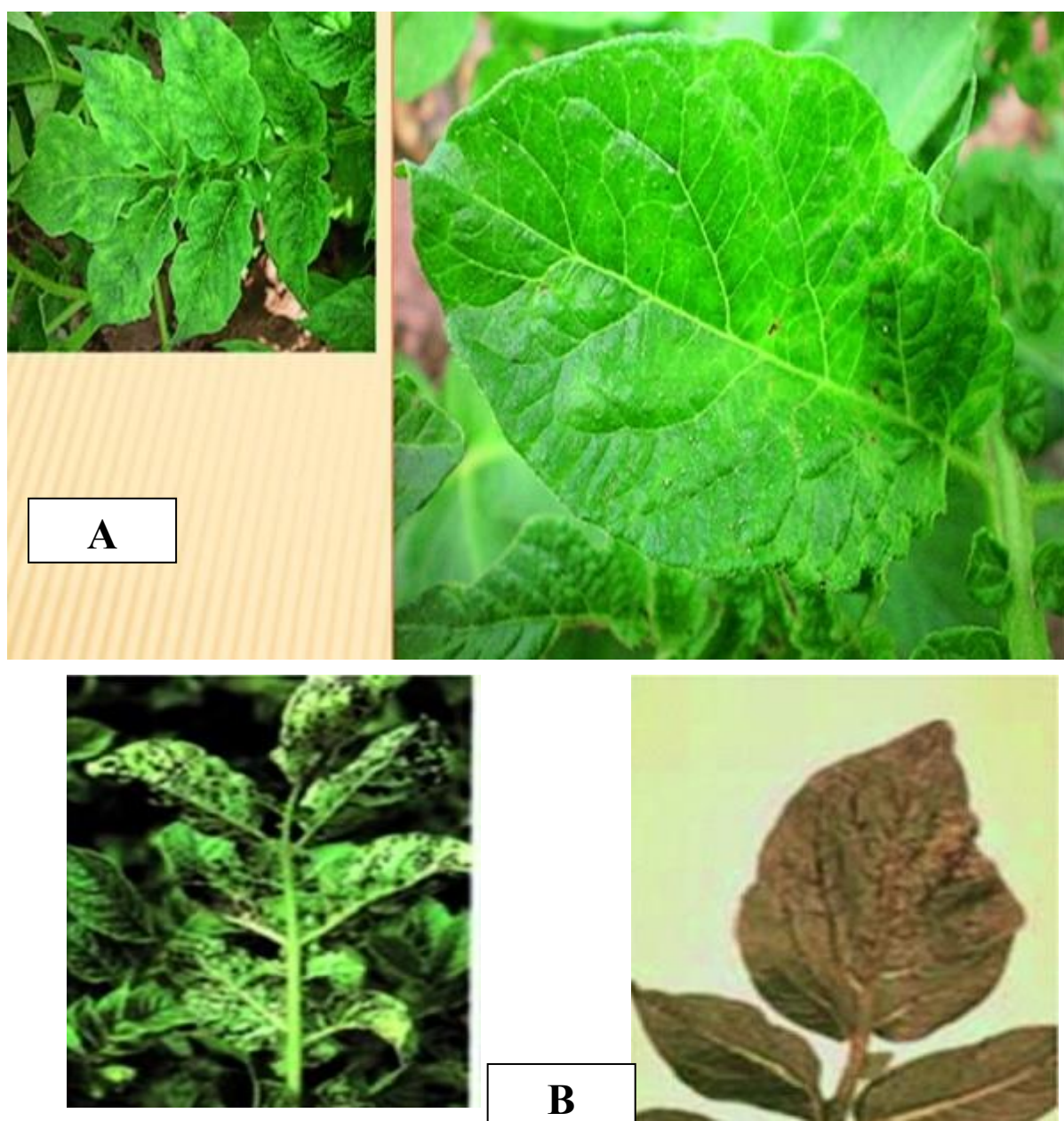
Характер прояву зовнішніх ознак вірусних хвороб картоплі значною мірою визначається умовами вирощування і залежить від фази розвитку рослин, рис. 1.2.

Водночас слід відмітити, що за допомогою візуальних методів неможливо виявити й оцінити рівень ураженості насіння прихованими формами інфекцій, якщо наявність у насіннєвому матеріалі вірусних і бактеріальних патогенів картоплі ще не проявилися за зовнішніми ознаками.

Таблиця 1.2 – Тяжкі форми вірусного ураження рослин

| Хвороба/патоген                                                                                                                                            | Спосіб перенесення                                                                                                                                | Симптоми прояву                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Мозаїчне закручування листя/<br>вірус <i>M</i> ( <i>PVM</i> ).                                                                                             | Перенесення попелицями як нестійкого вірусу.<br>Зберігається протягом двох годин після потрапляння інфекції в комаху при укусі зараженої рослини. | Краї листових пластинок загнуті догори або листок складений уздовж середньої жилки.<br>Спостерігається викривлення та хвилястість країв листків.<br>У другій половині вегетації ознаки хвороби можуть послаблюватися чи зникнути зовсім.                                                                    |
| Зморшкувата (смугаста) мозаїка/<br><i>Y</i> ( <i>PVY</i> ).<br><i>Y<sub>0</sub></i> – звичайний;<br><i>YN</i> – некротичний;<br><i>YNTN</i> – нейрогенний. | Попелицями неперсистентно.<br>Зберігається протягом 1-2 годин після потрапляння інфекції в комаху при укусі зараженої рослини.                    | Гальмування росту жилок у довжину, зморщування поверхні листка, загинання країв донизу.<br>Пригніченість росту й розвитку.<br>Темні некрози жилок із нижнього боку листка й на стеблах.<br>Некротичні плями на листі.<br>Нижнє листя буріє, засихає, відмирає.<br>Верхівкове листя може залишатися зеленим. |
| Скручування листя картоплі /<br>вірус <i>L</i> ( <i>PLRV</i> ).                                                                                            | Попелицями персистентно.<br>попелиця заражає протягом трьох тижнів.                                                                               | Посвітління та скручування верхніх листків.<br>У потомстві: листові пластинки з нижнього боку листка скручуються у вигляді жолоба або у трубку, стають дуже жорсткими, ламкими.                                                                                                                             |

У зв'язку з цим є об'єктивна необхідність введення в схему сертифікації насіннєвої картоплі високоспецифічних і чутливих лабораторних методів, що дають змогу виявити й ідентифікувати вірусні та бактеріальні патогени в насіннєвому матеріалі картоплі в прихованій формі. Особливо важливо це в процесі ведення добазового й базового насінництва. При цьому застосовують усі доступні методи контролю якості картоплі – візуальні, мікробіологічні (бактеріологічні), вірусологічні, біологічні, імунологічні, молекулярно-генетичні.



**Рисунок 1.2. Звичайна (А) і смугаста (В) мозаїка на картоплі**

Так як із вірусними хворобами картоплі не можливо боротися прямим способом, то їх розвиток необхідно попереджувати порушенням перебігу інфекційного циклу, елементами якого є: джерело вірусу картоплі – переносник – рослина-хазяїн.

За опублікованими науковими працями про моніторингові обстеження виявлено, що в умовах України фіксується високий рівень інфекції насіннєвого матеріалу YBK. Так, у польових умовах YBK виявлений у рослинах картоплі з симптомами зморшкуватої, плямистої мозаїки різної інтенсивності, а також у рослинах без зовнішніх ознак захворювання.

При дослідях на картоплі сортів Белла-роза, Пікассо, Синьоглазка спостерігається поширення захворювання, яке проявляється розвитком на рослинах мозаїчного забарвлення листків різної інтенсивності. Хворі рослини при цьому не проявляють відставання у рості. А інтенсивний розвиток симптомів мозаїки найчастіше виявлявся у фазі бутонізації–цвітіння рослин, за підвищеної температури у вегетаційний період. У рослинах з симптомами плямистої мозаїки виявляються різні патокомплекси (наприклад, MBK, SBK, YBK). Отже, на сьогодні превалює в посівах картоплі MBK, SBK, YBK в моноінфекції або переважно у складі комплексної інфекції [9, 13].

Поширення латентних інфекцій унеможливорює достовірну фітовірусологічну оцінку рослин картоплі на основі симптомів захворювання і підкреслює необхідність контролю із застосуванням комплексу лабораторних методів діагностики.

Заходами, що зможуть обмежити поширення агресивних штамів фіто вірусів в агроценозах картоплі, є ретельний контроль і відбір якісних партій насіннєвого матеріалу, зміни в сортовому складі вирощуваних сортів картоплі, стійких до інфекції вірусної природи (PVY), повернення в систему насінництва обов'язкових фітосанітарних прочищень в оптимально ранні строки з метою максимально можливого видалення джерел інфекції та якісний захист від комах-переносників, а також внесення змін у нормативну документацію із сертифікації

картоплі відповідно до ситуації, що склалася на насінницьких ділянках за останні роки.

Зважаючи на вище сказане, на даний час є необхідним моніторинг вірусів, які уражують рослини картоплі в умовах України та контроль їх наявності у сортах іноземної селекції. Такі дослідження нададуть змогу детально вивчити властивості виявлених вірусів, шляхи їх розповсюдження, розробити ефективні методи захисту цієї цінної сільськогосподарської культури та зберегти її генофонд шляхом відбору стійких до вірусів сортів.

## 1.2. Основні характеристики вірусів, виявлених на картоплі

«Віруси» як поняття відносять до всіх форм збудника в процесі його онтогенетичного розвитку, крім того, інколи ототожнюють з поняттям вірусної хвороби. Характерні для виду ознаки мають зрілі форми вірусів – віріони або вірусні частки, які розглядають як остаточну стадію розвитку, що за складом, біологічними та біохімічними властивостями повніше характеризує певний вид або штам патогена. Вони не мають клітинної будови, не ростуть на штучних поживних середовищах, не здатні активно проникати в клітини рослин через оболонку.

Як відомо, розмножуються віруси лише в живій клітині рослини. Спочиваюча стадія віруса, або зріла вірусна частка, що називається віріоном, складається із білка і нуклеїнової кислоти. Більшість фітопатогенних вірусів як інфекційна основа мають рибонуклеїнову кислоту (РНК), вкриту білковою оболонкою. Білкова оболонка відіграє захисну функцію, коли вірус перебуває за межами рослинної клітини або бере участь у процесі зараження [17-19].

З метою сучасної класифікації вірусів рослин використовують їх описи, які містять дані про морфологічні й структурні особливості будови, фізико-хімічні властивості віріонів, тип організації і реплікації геному, антигенні й біологічні властивості [14].

На картоплі виявлено 53 віруси із 22 родів, ідентифіковані у країнах і регіонах з різними природно-кліматичними умовами. Вірусні хвороби спричиняють на рослинах низку симптомів: мозаїки, некрози, хлорози, карликовість, різнопланові деформації. Слід зазначити, що вірусна інфекція негативно впливає на перебіг фізіолого-біохімічних процесів у рослинах.

Віруси віднесено до найбільш небезпечних інфекційних агентів. Складність захисту картоплі від вірусних хвороб у їх багаточисельності, а також наявності значної кількості штамів. Найбільш економічно вигідним, санітарно і екологічно безпечним заходом боротьби з вірусними хворобами є створення стійких сортів.

На сьогодні інформація стосовно поширення і видового різноманіття вірусів, які уражують рослини картоплі на території України, є дуже обмеженою. Відомо, що серед вірусних хвороб картоплі найчастіше зустрічаються рослини з симптомами мозаїк, ниткоподібності листків, внутрішнього некрозу, які викликає вірус тютюнової мозаїки (*Tobacco mosaic virus*), іноді разом з Х-вірусом картоплі (*Potato virus X*) [15].

Знання характеристик вірусу (ідентифікація вірусів), а також інфекційного процесу є першими кроками з розробки відповідних фітосанітарних стратегій для виробництва рослин на безвірусній основі та підвищення рівня продуктивності аграрного сектора економіки.

До групи значно поширених вірусних хвороб належать: крапчаста або звичайна мозаїка, зморшкувата мозаїка, смугаста мозаїка, скручування листя, мозаїчне закручування листя, кучерявість листків, різнобарвностебельність картоплі, кучерява карликовість картоплі [16].

На сьогодні виявлено та досліджуються на картоплі також такі вірусні хвороби, як вірус мозаїки люцерни, вірус чорної кільцевої плямистості томатів, вірус жовтої карликовості картоплі, вірус волотистості (щіткоподібність) верхівки картоплі.

Відсутні як на території України, так і в інших країнах європейського континенту такі вірусні хвороби, як андійський латентний вірус картоплі, андійський вірус крапчастості картоплі, вірус Т картоплі, вірус мозаїки дикої картоплі, вірус чорної кільцевої плямистості картоплі, вірус пожовтіння жилок картоплі, вірус жовтої карликовості картоплі. Ці хвороби належать до об'єктів зовнішнього карантину рослин. А із віроїдних хвороб поширена на картоплі веретеноподібність бульб картоплі (готика).

Основними методами діагностики вірусних хвороб та ідентифікації їх збудників є візуальний, серологічний, індикаторний, електронно-мікроскопічний, а також методи, що базуються на виявленні змін у хімічному складі рослин при вірусних хворобах.

*Вірус Potato virus Y.* Віріони збудника смугастої мозаїки мають ниткоподібну форму. Вірус витримує відстоювання в інфекційному соку до 12 днів при температурному діапазоні 20-22 °С. Передається вірус від хворої рослини до здорової різними видами попелиць, а також механічно. Може зберігатись і передаватись наступному поколінню через насіння картоплі.

Основним джерелом інфекції є садивні бульби картоплі, сік яких зберігає вірус. Доведено, що збудник смугастої мозаїки включає велику кількість штамів. Більшість з них інтерферує між собою і рослиною. Цим і може пояснюватись, що слабковірулентні штами можуть захищати рослину від ураження сильновірулентними штамами. Смугаста мозаїка спричиняє зниження врожаю на 10,0-30,0%.

*Зморшкувата мозаїка* викликається змішаною інфекцією – вірусом Potato virus Y у комбінації з вірусами Potato virus X; Potato virus S; Potato virus A; Potato virus M. Хвороба призводить до глибоких фізіологічних розладів у рослин. Порушується діяльність продихового апарату, тканини рослин знижують водоутримуючу здатність, рис. 1.3.



**Рисунок 1.3. Зморшкувата мозаїка картоплі**

*Вірус крапчастої (звичайної) мозаїки* – Potato virus X, що має ниткоподібні вібріони, передається бульбами. У полі здорові рослини можуть уражуватись за

контакту бадилля з ураженими рослинами. Інфекція може передаватися також гризунами, комахами. У хворих рослин знижується інтенсивність фотосинтезу листків, утруднюється відтік асимілянтів (рис. 1.4).



**Рисунок 1.4. Крапчаста (звичайна) мозаїка картоплі**

*Скручування листків* – збудником захворювання є вірус Potato leaf roll virus, що викликає в стеблах і черешках потовщення стінок клітин первинної флоєми за відкладання на них каллози. Спостерігається значне відставання оболонок клітин, внаслідок чого утворюються невеликі міжклітинні порожнини і відбувається облітерація ситоподібних судин. У хворих рослин порушується відтік вуглеводів з листків в інші органи. У деяких сортів у бульбах утворюються внутрішні некрози паренхіми. У некротичній тканині накопичується лігнін. Бульбоформування у хворих рослин пригнічується. Бульби часто формують ниткоподібні паростки, стають сприйнятливішими до зараження збудником чорної ніжки.

*Мозаїчне закручування листків* – збудником хвороби є вірус Potato virus M ниткоподібної форми. Передається через бульби, а в польових умовах контактним шляхом і попелицями. Характерна особливість – виразна мозаїчність і закручування догори країв часток верхніх молодих листків. На відміну від

скручування листків це захворювання не уражує нижніх фізіологічно старих листків, крім того, частки їх з ознаками закручування завжди еластичні, м'які, ніколи не бувають крихкими. Мозаїчне закручування листків є одним із найбільш шкідливих вірусних захворювань картоплі. Врожай знижується на 15,0-70,0%, а при змішаній інфекції ще більше.

*Кучерявість листків.* Збудник хвороби – Potato virus A ниткоподібної форми. Проявляється на молодих верхніх листках картоплі у вигляді великих мозаїчних плям, що супроводжуються випуклістю (здуттям) окремих ділянок часток листків між жилками. Можливий прояв хвороби у вигляді хлоротичної крапчастості, верхівкового некрозу або безсимптомний перебіг. Передається через бульби, а в польових умовах контактним шляхом і різними видами попелиць. Може викликати симптоми кучерявості картоплі самотійно, але частіше в комбінації з іншими вірусами, рис. 1.5.



**Рисунок 1.5. Кучерявість листків картоплі**

*Вірус жовтої мозаїки картоплі* – Potato yellow mosaic virus, PYMV. Це двокомпонентні віруси для системної інфекції, які потребують обидві молекули нуклеїнової кислоти; геном – кільцева одноланцюгова ДНК, молекула містить

2400-2800 нуклеотидів; віруси у підгрупі серологічно споріднені; мають вузьке коло хазяїв із дводольних рослин; переносник - білокрилка *Bemisia tabaci* (Genn.); на рослинах картоплі спричиняє жовту мозаїку.

*Вірус пожовтіння картоплі* – Potato yellowing virus, PVY; віріони бацилоподібні діаметром 25 нм; на картоплі спричиняє пожовтіння рослин, іноді дуже сильне, що призводить до порушення фотосинтезу і втрат врожаю; на деяких сортах – безсимптомне ураження; передається персиковою попелицею полуперсистентно, ботанічним насінням картоплі, перцю, фізалісу.

Віруси, що уражують картоплю, мають лінійний або кільцевий геном. Більшість з них містять лінійну одно ланцюгову РНК<sup>+</sup> (ssRNA<sup>+</sup>), вірус плямистого в'янення томату і вірус жовтої карликовості картоплі – лінійну одноланцюгову РНК<sup>-</sup> (ssRNA<sup>-</sup>), вірус *Solanum tuberosum* Tst1 – позитивну одноланцюгову РНК-RT (ssRNA-RT), субвірусні агенти (у тому числі віроїди) представлені кільцевими одноланцюговими РНК (ssRNA subviral agents), геном вірусів-членів родини Geminiviridae – кільцева одно ланцюгова молекула ДНК (ssDNA).

Окремо слід виділити патогени, переносниками яких є ґрунтові паразитичні нематоди і гриби, і які спричиняють пошкодження бульб, що робить їх практично непридатними для харчового споживання і промислової переробки.

Віроїд веретеноподібності бульб картоплі також є причиною зниження товарності урожаю – бульби уражених рослин видовжені, веретеноподібні, деформовані, з перетяжками, іноді з тріщинами, у деяких сортів на шкірці бульб утворюються округлі поверхневі рожеві, ледь припухлі плями діаметром 0,5-2 см, які під час зберігання темніють і стають втисненими з твердою поверхнею.

Таким чином, у зв'язку з ситуацією, яка склалась в агроценозах України, важливість фітосанітарного (фітовірусологічного) моніторингу є незаперечною і в найближчі роки його значимість буде зростати.

### **1.3. Заходи обмеження поширення агресивних фітовірусів в агроценозах картоплі**

Для боротьби з вірусними хворобами рослин застосовують різноманітні біологічні, фізико-механічні, хімічні та агротехнічні методи. Їх проводять у певній послідовності і вони складають ту систему, яка дає можливість вести ефективну боротьбу з різними хворобами, зменшити шкоду від них і цим самим забезпечити значне збереження та поліпшення якості продукції.

Вибір та застосування різних заходів боротьби з вірусними хворобами залежить насамперед від виду хвороби і видів рослин, на які вона поширюється.

Загальними для боротьби з вірусними хворобами рослин є такі заходи:

1) виведення і впровадження у виробництво стійких проти вірусів сортів рослин;

2) знищення комах та інших переносників вірусів;

3) ліквідація джерел поширення вірусів у природі (це передусім своєчасне лущення стерні, знищення бур'янів на полях, межах, узбіччях доріг, які є джерелом інфекції; дотримання оптимальних строків сівби і проведення противірусного прополювання насіннєвих посівів);

4) використання для сівби здорового безвірусного насіннєвого матеріалу. Одним із заходів боротьби з вірусами є використання безвірусного насіння та посадкового матеріалу.

Останніми роками серед профілактичних заходів, які запобігають зараженню рослин вірусами, поширення набуває вакцинація рослин (переважно закритого ґрунту) ослабленими штамами вірусів. Інтенсивно проводяться також роботи з оздоровлення рослин методами термотерапії (з використанням спеціальних термокамер), щоб отримати безвірусні клони, хіміотерапії, культур верхівкових меристем тощо.

Одним із найбільш ефективним методом боротьби з вірусами вважають вакцинацію розсади слабопатогеними вірусними штамами. У такому разі при попаданні у рослину більш патогенного штаму вірусу між штамами відбувається інтерференція і розвиток інфекції значною мірою сповільнюється.

Останнім часом ця стратегія широко використовується в програмах підвищення врожайності культур – crop improvement programs. Вірусостійкі сорти отримують як методами класичної селекції, так і за допомогою генетичних маніпуляцій – відносно швидкого способу введення в рослини потрібних генів стійкості, що може бути особливо корисним в боротьбі з вірусними захворюваннями, які з'являються раптово.

Труднощі, що виникають при створенні стійких рослин генно-інженерними методами, зазвичай обумовлені обмеженою кількістю доступних «традиційних» генетичних джерел стійкості та високою швидкістю мутації вірусних геномів, що призводить до нетривалої стійкості в польових умовах.

Основними методами біологічного контролю вірусних захворювань рослин застосування комплексу профілактичних агротехнічних засобів є: боротьба із резерваторами вірусу – бур'янами і самосійними рослинами (альтернативними хазяїнами вірусів чи їхніх векторів) на полях і прилеглих територіях; дотримання рекомендованих для певної території термінів висівання культури; постійний моніторинг і санітарне видалення рослин з симптомами вірусного захворювання; використання безвірусного насінного матеріалу; боротьба з переносниками шляхом біоінсектицидних обробок насіння та рослин впродовж вегетації; застосування біологічних препаратів для індукування в рослинах механізмів неспецифічної резистентності до патогенів; застосування комплексних мікробних препаратів, що мають різнобічний вплив на розвиток і функціонування сільськогосподарських культур; створення та впровадження стійких (або толерантних) до вірусів сортів.

Визначення зон розповсюдженості, механізмів передачі, кола рослин-господарів, реакції на зміни оточуючого середовища дають можливість не тільки більш повно характеризувати будь-якого збудника вірозів, але і прогнозувати появу та розвиток епідемій вірусних хвороб та вибудовувати стратегію і тактику боротьби з ними – запровадження стійких сортів, боротьба з резервантами та переносниками вірусів, отримання безвірусного посадкового матеріалу тощо.

## РОЗДІЛ 2

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Робота виконана на кафедрі фітопатології імені академіка В.Ф. Пересипкіна Національного університету біоресурсів і природокористування України.

В комплексі досліджень щодо особливостей перебігу вірусної інфекції в рослинах картоплі за дії мікробних препаратів використано ізолят ґрунтового сапротрофного мікроміцету роду *Cladosporium* №55 (робоча колекція фітопатогенних мікроорганізмів) та штам Х-вірусу картоплі (ХВК), який відноситься до збудників легкої вірусної хвороби звичайної мозаїки (робоча колекція Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН України).

Х-вірус картоплі (ХВК) зручно використовувати як модельний об'єкт завдяки відтворюваним способам передачі та вірусологічного контролю. ХВК є представником родини *Potyviridae*, роду *Potyvirus*. За морфологією гнучкі палички довжиною 515 нм діаметром 13 нм. Нуклеїнова кислота представлена однією молекулою лінійної одно ланцюговою +РНК. Вірус має один капсидний білок з молекулярною масою 18-23 кДа. Ліпідів і вуглеводів немає. Викликає симптоми на рослинах у вигляді некрозів верхівки, крапчасту мозаїку, може накопичуватися безсимптомно.

Культивування гриба *Cladosporium* №55 проводили в лабораторних умовах (поверхневий ріст на рідкому середовищі Чапека).

Мікробні метаболіти отримували з робочих розчинів культуральних рідин *Cladosporium* №55 та контрольного штаму *C. cladosporioides* 115 (рис. 2.1) за використання послідовно грубої фільтрації, цетрифугування та фільтрування крізь бактеріальний фільтр.

Дослідні мікроміцети формували щільні колонії темно-оливкового кольору з оливково-чорним зворотнім боком, кулькоподібні дрібні конідії.

Вказаний ізолят та контрольний штам різнились за кольором гіфів та конідій (від світло- до темно коричневих), за розмірами та за кількістю септ рамоконідій.



1) Морфотип колоній контрольного  
штаму *C. cladosporioides* 115

2) Морфологія колоній ізоляту  
*Cladosporium* №55

**Рисунок 2.1. Дослідні мікробні агенти *Cladosporium***

Відомо, що клітинні мембрани рослини непроникні для багатьох навіть низькомолекулярних сполук. Після нанесення вірусного інокулюму на непошкоджену поверхню листка сприятливої рослини інфікування не відбудеться. Віруси рослин не мають власних ферментативних систем і тому не здатні долати клітинні стінки рослин. Віруси рослин використовують порушення механічної цілісності клітинної оболонки, це досягається шляхом передачі вірусу механічно, або за допомогою вектора. Передача вірусів рослин здійснюється за допомогою насіння, вегетативно, переносниками (грибами, нематодами, членистоногими).

Оскільки віруси є облігатними паразитами, а термін життя окремої рослини обмежений, то необхідною умовою виживання вірусу є його перехід від однієї рослини до іншої. Враховуючи відсутність у вірусів активного транспорту та масивну кутикулу листка, віруси не можуть проникати через непошкоджену

кутикулу. Для вирішення цієї проблеми їм необхідно або уникнути проникнення через непошкоджену кутикулу (наприклад, коли передача вірусів стається за допомогою пилку, насіння, вегетативним розмноженням), або використовувати певні способи передачі, пов'язані з пошкодженням кутикули, що трапляється при механічній інокуляції рослин та передачі вірусів за допомогою переносників.

Передача вірусів у процесі вегетативного розмноження рослин може здійснюватись за допомогою бульб (наприклад, Х-вірус картоплі).

Фітовіруси викликають у рослин різні патологічні зміни, тому що вірусна інфекція може зачіпати практично всі сторони життя рослини. Найбільш часто спостерігається зміна забарвлення (пожовтіння, хлороз), відмирання тканин (некроз) або деформація вегетативних органів рослин. Найчастіше в інфікованих вірусом рослинах спостерігають такі біохімічні та фізіологічні зміни:

- ✓ зменшення інтенсивності фотосинтезу, часто пов'язане зі зменшенням кількості фотосинтетичних пігментів, хлоропластних рибосом та рибулозобіфосфаткарбоксилази; підвищення інтенсивності дихання;
- ✓ підвищення активності деяких ферментів, особливо, поліфенолоксидаз;
- ✓ зниження чи підвищення активності ростових регуляторів рослин.

При багатьох вірусних хворобах загальні метаболічні зміни прискорюють процеси старіння рослини. Метаболічні зміни, викликані вірусною інфекцією, часто неспецифічні. Схожі зміни можуть виникати при хворобах, викликаних клітинними патогенами або механічним чи хімічним пошкодженням.

Насінництво картоплі (*Solanum tuberosum* L.) в регіонах України базується на оздоровленій основі. Через вегетативне розмноження культури в бульбах накопичуються вірусні інфекції, внаслідок негативної дії яких насіннєвий матеріал втрачає продуктивність і вироджується через інфікування наступних поколінь. Сортооновлення в Україні рекомендовано проводити через кожні 1-2 роки, адже сприятливі для патогенів погодні умови конкретної зони можуть значно пришвидшувати процес виродження. В цьому зв'язку застосування

біотехнологічного методу оздоровлення насіннєвого матеріалу (наприклад, метод верхівкової меристеми) важливо та необхідно.

### 2.1. Об'єкт та предмет дослідження

За об'єкт досліджень обрано розвиток вірусної інфекції та дія мікробних метаболітів при вирощуванні картоплі.

За предмет досліджень обрано прояв та виявлення вірусної хвороби за штучного та природного інфікування рослин картоплі.



**Рисунок 2.2. Листкова пластинка рослин картоплі:**

**1 – Вільна від вірусної інфекції; 2 – 3 латентною формою вірусів**

У дослідженнях використовували рослини картоплі *in vitro* сорту Нагорода у вигляді генетично однорідної популяції.

Сорт Нагорода – ранній сорт столового призначення. Бульби великі, овальні, білі з світло-жовтим м'якушем, мають гарний товарний вигляд. Квітки білі. Характеризується раннім накопиченням врожаю. Смакові якості добрі, вміст крохмалю до 17,0%. Стійкий до звичайного біотипу раку картоплі, відносно стійкий до фітофторозу та вірусних захворювань. Бульби добре зберігаються та не проростають. Врожайність становить 50 т/га . Еліта.



**Рисунок 2.3. Картопля сорту Нагорода**

Метаболіти мікроміцету *Cladosporium* використовували при поверхневій обробці вегетуючих рослин розчином 1:1000 через тиждень після появи сходів.

Чистий вірусний препарат повинен містити віріони відповідного вірусу, ідентичні за розміром, морфологією, хімічним складом, біологічними та фізичними властивостями. Безпосередньо сам процес очищення включає цілий комплекс заходів, спрямованих на виділення віріонів з екстракту тканин організму-господаря. Оскільки віруси відрізняються за своєю будовою, місцем локалізації в організмі та стійкістю до певних хімічних сполук, які використовуються при виділенні, то алгоритми виділення зазвичай різні для різних вірусів. Отримати 100% чистий вірус дуже важко, тому необхідна чистота препарату визначається метою подальших досліджень.

Зазвичай перед виділенням вірус накопичують на сприйнятливому хазяїні. Накопичення вірусу здійснювалось на рослинах томату *Lycopersicon esculentum* Mill., які заражали у фазу 3-4 справжніх листків методом механічної інокуляції.

Отримання вірусовмісного матеріалу з інфікованих рослин проводили за загальноприйнятими методиками у фітовірусологічних дослідженнях [20, 21]. Для цього відібрати і зважували по 500 мг листя ураженої рослини, переносили в ступку та додавали 3,0 мл фосфатного буферного розчину (рН 7,4). У подальшому необхідно було розтерти рослинний матеріал. Через марлю відфільтрувати рослинний сік у пробірку. Перенести матеріал у центрифужну

пробірку, урівноважити з пробірками інших студентів для центрифугування. Відцентрифугувати сік ураженої рослини у режимі 4 000 об./хв. протягом 20 хв. Після центрифугування відібрати та перенести надосад у еппендорф, підписати його та помістити у холодильник для подальших досліджень.

## 2.2. Методи проведення дослідження

У дрібноділянковому модельному досліді досліджували вплив метаболітів *Cladosporium* на розвиток вірусної інфекції в рослинах картоплі.

Схема досліду наведена у табл. 2.1.

**Таблиця 2.1 – Схема дрібноділянькового модельного досліду**

| № з/п                                                          | Варіант досліджу                   |                                                        |
|----------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Насіннєвий матеріал від здорових рослин картоплі               |                                    |                                                        |
| 1                                                              | Контроль                           | обробка водою                                          |
| 2                                                              | Мікробний метаболіт 1              | обробка ізолятом <i>Cladosporium</i> №55               |
| 3                                                              | Мікробний метаболіт 2              | обробка штамом <i>Cladosporium cladosporioides</i> 115 |
| Насіннєвий матеріал від штучно інфікованих ХВК рослин картоплі |                                    |                                                        |
| 1                                                              | Контроль                           | обробка водою                                          |
| 2                                                              | Мікробний метаболіт –<br>варіант 1 | обробка ізолятом <i>Cladosporium</i> №55               |
| 3                                                              | Мікробний метаболіт –<br>варіант 2 | обробка штамом <i>Cladosporium cladosporioides</i> 115 |

Рослини висаджували за схемою 12 x 70 см, агротехніка загальноприйнята; повторність досліду – чотириразова.

Дослідження проводили в умовах модельного дрібноділянкового досліду на дерново-середньопідзолистому ґрунті (вміст гумусу – 1,2%; азоту – 5,0-6,0 мг/100 г; фосфору – 11-13; калію – 12-13 мг/100 г ґрунту,  $pH_{\text{сол.}}$  – 6).

Частину оздоровлених рослин картоплі штучно інфікували штамом ХВК, здорові та інфіковані рослини обробляли розчином метаболітів *Cladosporium*, у контрольних варіантах обробку проводили водою.

*Для вірусологічного контролю* матеріалу використовували методи візуальної діагностики, електронно-мікроскопічний методи.

*Візуальна діагностика.* Метод виявлення та відбору рослинного матеріалу за зовнішніми симптомами є найпростішим і найпоширенішим методом. Він заснований на здатності багатьох вірусів викликати на рослинах характерні симптоми ураження, які проявляються у вигляді смуг на листових пластинках, їх деформацій, вкорочення стебел та пагонів, зміні забарвлення листя, появи некротичних плям на листках, на плодах деформація шкірки плоду та мозаїка.

*Виявлення вірусів за допомогою електронної мікроскопії* базується на ідентифікації вірусів за їхньою характерною морфологією. Головна перевага діагностики за допомогою мікроскопії – можливість візуалізувати вірус. Можна ідентифікувати вірус безпосередньо, без попереднього вивчення вірусного агента. Інша перевага методу – це швидкість діагностики, коли препарат може бути розглянутий протягом декількох хвилин після його приготування з вірусомісної рідини. Є і головний недолік – неможливість дослідити одночасно багато матеріалу.

*Обстеження рослин* для виявлення вірусного ураження проводили у фазу бутонізації. Прояв симптомів вірусного ураження оцінювали за відносною часткою рослин із симптомами хвороби. Оцінювали частоту візуального прояву вірусної хвороби.

*Обліки і відбір зразків* для лабораторного аналізу проводили у фазу бутонізації-цвітіння рослин картоплі за методом проб по діагоналі. Для вірусологічного дослідження з основних стебел куща відбирали 3-4 листки верхнього та середнього ярусів, які зберігали при температурі 4<sup>0</sup>С. Листя брали

не тільки з рослин, що мали зовнішні ознаки захворювання, а й зі здорових, враховуючи можливість латентного вірусоносійства.

Одним з найбільш звичайних видимих ефектів вірусної інфекції є розвиток певного візерунка, що складається зі світло-зелених і темно-зелених ділянок, ззовні нагадує мозаїку. Природа цієї мозаїки широко різниться для різних рослин та вірусів. У дводольних ділянки, що становлять мозаїку, можуть бути неправильної форми. У них трапляються тільки два відтінки зеленого кольору – темно-зелені та світло-зелені або жовто-зелені, іноді можуть бути різні відтінки зеленого і жовтого кольору.

Зазвичай разом з мозаїчними симптомами спостерігається зміна кольору або знебарвлення пелюсток. Змінені ділянки можуть мати вигляд смуг, плям або секторів. Зміни кольору пелюсток часто є наслідком втрати антоціанів. Такі симптоми є надійним показником того, що рослина інфікована вірусом.

Вміст хлорофілів Chl *a* (мг на 100г) і Chl *b* визначали спектрофотометричним методом (СФ-46).

Інфіковані вірусом рослини менші за розміром, ніж нормальні, у них може виникати широкий спектр аномалій розвитку. Ці зміни можуть бути головними симптомами хвороби або можуть супроводжувати інші прояви інфекції. Наприклад, нерівномірний ріст листової пластинки часто спостерігається при мозаїчних хворобах. Темно-зелені ділянки листка можуть розростатись, в результаті чого краї листка стають нерівними та покрученими.

Деяка кількість вірусних часток може накопичуватися в інфікованих клітинах та існувати там, поки не настануть сприятливі умови для формування тримірних кристалічних включень. Такі включення можуть рости, утворюючи досить великі за розміром кристали, які можна побачити в світловому мікроскопі, або вони можуть залишатись у вигляді невеликих гранул, які можна визначити тільки за допомогою електронної мікроскопії.

Здатність формувати кристали в клітині залежить від властивостей самого вірусу, і не пов'язана з загальною концентрацією його в тканині або зі здатністю очищеного препарату вірусу формувати кристали.

У роботі розрізняли чотири основні типи реакцій рослин на ураження їх вірусом:

- імунність – коли рослини не уражуються вірусом (синонім – стійкість);
- надчутливість – коли рослини уражуються з утворенням місцевих некрозів, які з’являються внаслідок відмирання клітин біля точки зараження;
- толерантність – коли вірус транспортується по тканинах рослини, але симптоми захворювання слабо виражені або не виражені зовсім (замасковані);
- системне ураження – коли вірус транспортується по всіх тканинах рослини і репродукується з чітким проявом симптомів захворювання.

Вірусне ураження рослини може проявлятися як системно, так і локально. Локальні ураження проявляються на листку поряд із місцем ураження, це хлоротичні місцеві ураження, ураження некротичного типу та кільцева плямистість.

Симптоми системного ураження поширюються по рослині. Серед них затримка росту (карликовість), наприклад, викликана вірусом жовтої карликовості ячменю. Крім карликовості рослини, інфіковані вірусом, можуть мати й інші типи аномального росту, такі як енації, деформації листкової пластинки, пухлинні нарости у вигляді бородавок. Порівняно з листковими пластинками корені і стебла рідше змінюються під впливом вірусної інфекції, проте при зараженні вірусом коротковузля винограду часто спостерігаються фасціації стебел, а вірус деформації пагонів какао викликає здуття на стеблах і коренях цих рослин.

Одним з найбільш розповсюджених симптомів на листках є поява світло- і темно-зелених ділянок, що утворюють мозаїчний візерунок. Границі між темними і світлими ділянками можуть бути або чіткими, або розпливчатими. Залежно від розміщення мозаїчних плям розрізняють прижилкову, міжжилкову, жовту мозаїку.

Статистичну обробку виконували за загальноприйнятими у математичній статистиці методиками із застосуванням програм Microsoft Excel, Statistica.

## РОЗДІЛ 3

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

#### 3.1. Контроль прояву симптомів інфекції Х-вірусу картоплі (ХВК) та вплив мікробних метаболітів *Cladosporium* на перебіг вірусної інфекції

Одним з основних чинників, що попереджають інтенсивне інфікування картоплі під час її вирощування, є розміщення насаджень у найсприятливіших фітосанітарних умовах щодо наявності активних переносників вірусів.

Встановлено, що в разі вирощування картоплі в умовах просторової ізоляції від джерел та переносників вірусної інфекції насіннєвий матеріал, вільний від Х-, М-, S-вірусів за результатами діагностики, можна підтримувати в здоровому стані протягом трьох років репродукування [22].

Вважають, що просторова ізоляція щодо інфекційного фону має бути не меншою 500 м. Рівень інфекційного фону вірусів знижується пропорційно квадрату відстані від джерел інфекції.

Через зосередження виробництва картоплі в приватному секторі на дрібних ділянках утворюється підвищений інфекційний фон, але питання зміни продуктивності та якісних показників еліти реєстрованих сортів картоплі в процесі репродукування мало досліджено.

За багаторічними даними науковців Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, віруси виявляються як у моноінфекції, так і в комплексі з іншими мозаїчними вірусами. Крім того, у 20,0-70,0% виявляється безсимптомний перебіг вірусного захворювання. Тобто, вже при вирощуванні насіннєвого матеріалу складаються передумови економічних збитків у галузі картоплярства [29, 30].

В проведених дослідженнях було перевірено стан посадок картоплі візуальним методом. Так, при візуальній оцінці насаджень картоплі було встановлено, що ураженість вірусними хворобами проявилась досить не значно. У дослідному варіанті зі штучним інфікуванням ХВК за 15 та 30 діб після

інфікування не виявлено рослини картоплі із симптомами вірусного ураження (не зафіксовано комплексу симптомів мозаїки листя та некрозів бульб).

Встановлено, що за природного інфікування проявляються в основному симптоми, які представлені зелено-жовтою мозаїкою листя та кільцевим некрозом на бульбах. Таким чином, можна зробити висновок про поширення вірусних хвороб та підвищення рівня репродукування вірусів в даному агроценозі.

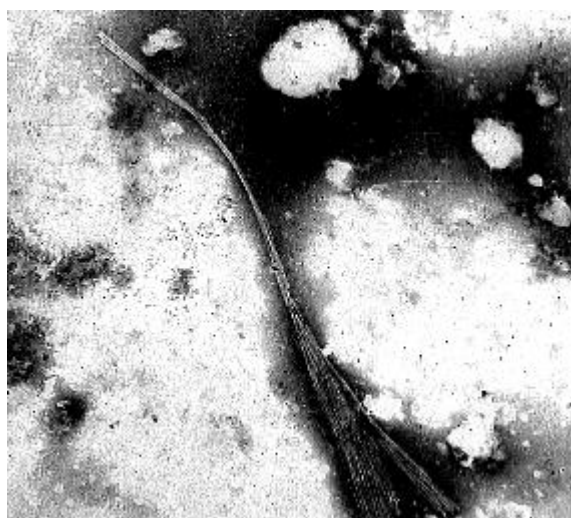
В ході досліджень частота виявлення вірусів виявилася вищою в контрольному варіанті (показник дорівнює 38,7%, а найнижчу кількість виявлених інфікованих рослин спостерігали у варіанті з обробкою мікробними метаболітами (зазначений показник не перевищував 20,5%), табл. 3.2.

**Таблиця 3.2 – Частота виявлення збудників вірусної хвороби картоплі**

| Варіанти дослідів                                              | Частота виявлення збудників вірусної хвороби картоплі, % |                                |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------|
|                                                                | Х-вірус картоплі, ХВК                                    | Інша вірусна інфекція картоплі |
| Насіннєвий матеріал від здорових рослин картоплі               |                                                          |                                |
| Контроль – обробка водою                                       | 0                                                        | 5,7                            |
| Обробка ізолятом <i>Cladosporium</i> №55                       | 0                                                        | 4,6                            |
| Обробка штамом <i>Cladosporium cladosporioides</i> 115         | 0                                                        | 4,5                            |
| Насіннєвий матеріал від штучно інфікованих ХВК рослин картоплі |                                                          |                                |
| Контроль – обробка водою                                       | 38,7                                                     | 3,1                            |
| Обробка ізолятом <i>Cladosporium</i> №55                       | 19,8                                                     | 2,0                            |
| Обробка штамом <i>Cladosporium cladosporioides</i> 115         | 20,5                                                     | 1,6                            |

Оскільки за вірусного ураження рослин може змінюватися синтез ендогенних фітогормонів, обробка рослин картоплі метаболітами мікроміцету *C. cladosporioides*, які містять фітогормони, може індукувати стійкість до вірусів.

За використання електронної мікроскопії у вірусних препаратах, одержаних із хворих рослин картоплі, спостерігали скупчення ниткоподібних часточок довжиною 652-660 нм, 12-14 нм у діаметрі (рис. 3.1).



**Рисунок 3.1. Електроннографія ХВК (інструментальне збільшення  $\times 20\,000$ )**

Головними ознаками за якими віруси відрізняються від інших організмів є: відсутність власної білок-синтезуючої системи, різноманітність організації їх генетичного матеріалу. У всіх організмів генетичний матеріал має вигляд дволанцюгових молекул ДНК, а у вірусів можуть бути як ДНК так і РНК, при цьому кожен з типів НК може перебувати у віріоні як у формі подвійного так і одинарного ланцюга.

Вірусні захворювання в насіннєвому матеріалі нормуються за результатами попереднього польового (візуального) оцінювання, тобто в еліті допускається бульбове потомство 0,6 % рослин із тяжкими вірусними захворюваннями, відповідно в класі А – 1,2 %, В – 1,5 %. Тобто первинним джерелом штамів вірусів є виключно насіннєвий матеріал.

За наступним блоком досліджень встановлено, що передсадивна інокуляція мікробними метаболітами у складі біопрепарату Біогран сприяла підвищенню показників продуктивності рослин картоплі, інфікованих ХВК (табл. 3.3).

До складу мікробного препарату Біогран (для картоплі) входять суспензія бактерій *Azospirillum* (перший компонент) та фізіологічно активні речовини біологічного походження (ауксини, цитокініни, амінокислоти, гумінові кислоти), мікроелементи в хелатованій формі і сполуки макроелементів у стартових концентраціях (другий компонент).

**Таблиця 3.3 – Вплив мікробних метаболітів на продуктивність рослин картоплі, інфікованих вірусами**

| Варіанти досліджу             | Кількість бульб у клоні, од. | Маса клону, г   | Приріст до контролю, % |
|-------------------------------|------------------------------|-----------------|------------------------|
| Не заражені (здорові) рослини |                              |                 |                        |
| Контроль<br>(без обробок)     | 4,0 $\pm$ 0,5                | 170,0 $\pm$ 4,0 | –                      |
| Біогран                       | 4,9 $\pm$ 0,45               | 246 $\pm$ 5,3   | 44,70                  |
| Уражені фітовірусом рослини   |                              |                 |                        |
| Контроль<br>(без обробок)     | 3,0 $\pm$ 0,6                | 127 $\pm$ 6,3   | –                      |
| Біогран                       | 3,4 $\pm$ 0,3                | 190,0 $\pm$ 5,8 | 49,60                  |

Таким чином, показано, що застосування Біограну сприяло зростанню маси одного клону вірусінфікованих рослин картоплі на 49,6%. Це може значно впливати на помітні зміни в хімічному складі бульб, зокрема крохмалю або аскорбінової кислоти.

### 3.2. Вплив мікробних метаболітів *Cladosporium* на вміст хлорофілу в листках рослин картоплі

Робота фотосинтетичного апарату залежить як від властивостей рослин, так і від забезпеченості їх основними факторами навколишнього середовища. Крім того, пігментний комплекс рослинного організму є дуже чутливим до зміни умов навколишнього середовища, тому його можна вважати належним до групи критеріїв, що визначають ступінь адаптації рослин картоплі до природних і антропогенних чинників навколишнього середовища.

Відомо, що у рослинних організмах вміст хлорофілу є чутливим індикатором інтенсивності фотосинтезу та одним із найважливіших показників, які визначають кількість та якість урожаю, що є особливо показовим за дії різноманітних чинників на рослини [23].

У процесі розвитку рослин картоплі вміст хлорофілу змінюється. Максимальний вміст хлорофілу може спостерігатися у рослин у фазі цвітіння і знижуватися до початку природного висихання бадилля [24].

За результатами наших досліджень показано, що штучне інфікування Х-вірусом (ХВК) рослин картоплі вплинуло на синтез фотосинтетичних пігментів у листках рослин (табл. 3.4).

Найвищий вміст хлорофілу *a* відмічено у варіанті із застосуванням ізоляту *Cladosporium* №55 – 84,3 мг/100 г.

З теоретичної точки зору, можна зазначити, що рослини, тканини яких добре насичені водою, відрізняються рихлим станом пластид у клітинах, що забезпечує їх більш активною поверхнею поглинання і протоплазма клітин у цьому разі більш рухливо через краще обводнення [25].

**Таблиця 3.4 – Вплив мікробних метаболітів *Cladosporium* на вміст хлорофілу в листках рослин картоплі**

| Варіанти дослідів                                              | Вміст Chl <i>a</i><br>(мг на 100г) | Вміст Chl <i>b</i><br>(мг на 100г) | Chl <i>a</i> / Chl <i>b</i> |
|----------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| Насіннєвий матеріал від здорових рослин картоплі               |                                    |                                    |                             |
| Контроль –<br>обробка водою                                    | 83,0±0,22                          | 24,4±0,16                          | 3,40                        |
| Обробка ізолятом<br><i>Cladosporium</i> №55                    | 84,3±0,18                          | 23,0±0,24                          | 3,66                        |
| Обробка штамом<br><i>Cladosporium cladosporioides</i><br>115   | 83,2±0,42                          | 23,7±0,32                          | 3,51                        |
| Насіннєвий матеріал від штучно інфікованих ХВК рослин картоплі |                                    |                                    |                             |
| Контроль –<br>обробка водою                                    | 79,5±0,24                          | 23,4±0,13                          | 3,40                        |
| Обробка ізолятом<br><i>Cladosporium</i> №55                    | 84,3±0,16                          | 24,6 ±0,26                         | 3,43                        |
| Обробка штамом<br><i>Cladosporium cladosporioides</i><br>115   | 82,0 ±0,28                         | 24,3±0,34                          | 3,37                        |

Найвищий вміст хлорофілу *a* відмічено у варіанті із застосуванням ізоляту *Cladosporium* №55 – 84,3 мг/100 г.

З теоретичної точки зору, можна зазначити, що рослини, тканини яких добре насичені водою, відрізняються рихлим станом пластид у клітинах, що забезпечує їх більш активною поверхнею поглинання і протоплазма клітин у цьому разі більш рухливо через краще обводнення [25].

В таких умовах доступ вуглекислого газу до кожної пластиди, кожного хлорофілового зерна краще порівняно з клітинами з більш насиченими і менш обводненими протоплазмою. Цим і зумовлюється більш висока асиміляційна

здатність хлорофілу в більш розвинених рослин картоплі, це зрештою забезпечує високу продуктивність хлорофілу.

Відмічено збільшення вмісту хлорофілу *a* і *b* у листках рослин картоплі за дії мікробних метаболітів *Cladosporium*. За умов штучного(природного) та природного інфікування відповідно 82,0-84,3 мг/100 г та 83,2-84,3 мг/100 г. Також відмічено підвищення співвідношення Chl *a* до Chl *b* за дії ґрунтових мікроміцетів. Цей параметр використовується для оцінки ступеня впливу вірусної інфекції на рослину, його підвищення свідчить про зменшення негативного впливу вірусної інфекції.

Оскільки фізіологічний стан листка знаходиться у тісній взаємодії з його структурними особливостями (мезоструктурою), то за мезоструктурними характеристиками можна проаналізувати фотосинтетичну активність рослин за різних умов.

Продуктивність рослин значною мірою визначається стратегією перерозподілу асимілятів, співвідношенням процесів росту і фотосинтезу, між якими встановлюється динамічний стан з постійною корекцією величин донорно-акцепторних відносин, залежно від різноманітних зовнішніх впливів.

В результаті проведеної роботи підтверджено, що розвиток вірусного патогенезу пов'язаний зі зміною структури і функцій фотосинтетичного апарату рослин. Однією з причин зниження вмісту хлорофілу при вірусній інфекції є руйнування хлоропластів у клітинах уражених рослин.

Таким чином, у рослин картоплі кількість хлорофілу і його продуктивність підтверджуються значними коливаннями залежно від біологічних особливостей та факторів середовища (наявність мікробного агенту). Науково-обґрунтоване та своєчасне застосування відповідних біологічних заходів, націлених на підвищення продуктивності хлорофілу при вирощуванні картоплі, сприяє значному підвищенню продуктивності та покращення його якості.

### **3.3. Дослідження впливу мікробних агентів на врожайність картоплі за природного та штучного інфікування фітовірусами**

Урожайність, як показник продуктивності культур, є похідною величиною від чинників та умов, в яких відбувається її формування. Тому коливання кожного чинника безперечно позначається на кінцевій величині урожайності цієї культури.

Дані багаторічних досліджень засвідчують, що одним з високоефективних маловитратних резервів підвищення урожайності, поліпшення якості та реалізації потенційної продуктивності картоплі може стати широке впровадження сучасних препаратів біологічного походження з віруліцидними властивостями.

Порівняно з іншими культурами картопля більш вимоглива до забезпечення поживними речовинами, вона накопичує велику вегетативну і бульбову масу при відносно слабкому розвитку кореневої системи, тому потребує внесення добрив. Кращою вважається така система удобрення, яка забезпечує рослини картоплі рівномірно впродовж всієї вегетації поживними речовинами. Ця потреба повністю задовольняється у разі поєднання застосування органічних і мінеральних добрив [26, 27].

Проведені дослідження свідчать, що обробка мікроміцетами *Cladosporium* сприяла збільшенню маси клону в сезон обробки від 8,2% до 14,7% (табл. 3.5).

Встановлено, що застосування мікробних агентів *Cladosporium* №55 та *Cladosporium cladosporioides* 115 дало змогу збільшити масу клону в сезон обробки, тоді як у варіантах без штучного інфікування ХВК, приріст маси клону становив не більше 13,2%.

Щодо кількості бульб у клоні при використанні мікробних метаболітів, то можна зазначити, що вона особливо не відрізнялась і коливалася в межах 10-11 одиниць.

**Таблиця 3.5 – Вплив *Cladosporium* на показники елементів структури врожаю картоплі за природного та штучного інфікування фітопатогенними вірусами**

| Варіанти досліджу                                                | Маса клону,<br>г | Приріст до<br>контролю,<br>% | Кількість<br>бульб у<br>клоні, од. | Приріст до<br>контролю,<br>% |
|------------------------------------------------------------------|------------------|------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| Насіннєвий матеріал від здорових рослин картоплі                 |                  |                              |                                    |                              |
| Контроль –<br>обробка водою                                      | 247,6±10,2       |                              | 11,0±1,5                           | -                            |
| Обробка ізолітом<br><i>Cladosporium</i> №55                      | 280,3±18,3       | 13,2                         | 10,4±0,5                           | -9,5                         |
| Обробка штамом<br><i>Cladosporium<br/>cladosporioides</i><br>115 | 254,6±16,3       | 2,8                          | 10,6±0,4                           | -9,6                         |
| Насіннєвий матеріал від штучно інфікованих ХВК рослин картоплі   |                  |                              |                                    |                              |
| Контроль –<br>обробка водою                                      | 237,6±14,0       |                              | 10,0±2,5                           | -                            |
| Обробка ізолітом<br><i>Cladosporium</i> №55                      | 272,6±16,2       | 14,7                         | 11,7±1,5                           | 17                           |
| Обробка штамом<br><i>Cladosporium<br/>cladosporioides</i><br>115 | 257,0±10,7       | 8,2                          | 11,1±0,9                           | 10                           |

Під час фітосанітарних заходів рекомендується видаляти лише ті рослини, на яких хвороба (і концентрація інфекційного агента) досягли найвищого розвитку, проте є велика кількість рослин із незначним рівнем інфекції (латентним перебігом хвороби) та первинно інфікованих рослин. Слід зазначити, коли є уражені рослини (джерела інфекції), важливу роль відіграє механізм її передачі (не лише комахами, а й механічно, тракторами та обприскувачами під час обробок, вітром).

Таким чином, комплексом досліджень доведено, що застосування біологічно-активних мікробних метаболітів (фізіологічно активних речовин), здатних стимулювати природні захисні механізми рослин, розцінюють як

перспективну стратегію захисту від вірусних інфекцій. Мікробні препарати та їх метаболіти, створені для покращення живлення рослин, відрізняються комплексним позитивним впливом на рослини і безпечністю для навколишнього середовища та є однією зі складових сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур. Бактеризація може відігравати особливу роль у технології вирощування картоплі, адже, впливаючи на перебіг мікробіологічних процесів у ризосфері рослини, можна значно поліпшити забезпечення її елементами живлення, що, в свою чергу, стимулюватиме позитивні зміни у рості й розвитку рослин, формуванні врожаю.

## ВИСНОВКИ

У роботі представлено теоретична та практична частини наукового дослідження щодо аналізу розвитку вірусної інфекції за природного та штучного інфікування фітопатогенними вірусами, який показав, що мікробні метаболіти впливають на розвиток вірусної інфекції.

1. Візуальною оцінкою насаджень картоплі встановлено, що ураженість вірусними хворобами проявлялась досить не значно у дрібноділянковому досліді. На фоні штучного інфікування Х-вірусом (ХВК) за 15 та 30 діб досліді після інфікування не виявлено рослини картоплі із симптомами вірусного ураження (не зафіксовано комплексу симптомів мозаїки листя або некротів бульб).

2. Встановлено, що частота виявлення вірусів виявилася вищою в контрольному варіанті (показник дорівнює 38,7%, а найнижчу кількість виявлених інфікованих рослин спостерігали у варіанті з обробкою мікробними метаболітами (не більше 20,5%). У лабораторних експериментах при мікроскопіюванні спостерігали скупчення ниткоподібних часточок вірусу довжиною 652-660 нм, 12-14 нм у діаметрі.

3. показано, що передсадивна інокуляція мікробними метаболітами у складі біопрепарату Біогран сприяла підвищенню показників продуктивності рослин картоплі, інфікованих ХВК. Так, застосування біопрепарату Біогран сприяло зростанню маси одного клону вірусінфікованих рослин картоплі на 49,6%.

4. За результатами проведених досліджень показано, що штучне інфікування Х-вірусом рослин картоплі вплинуло на синтез фотосинтетичних пігментів у листках рослин. Найвищий вміст хлорофілу *a* відмічено у варіанті із застосуванням ізоляту *Cladosporium* №55 – 84,3 мг/100 г.

5. При проведенні досліджень спостерігалось збільшення вмісту хлорофілу *a* і *b* у листках рослин картоплі за дії мікробних метаболітів *Cladosporium*. За умов штучного(природного) та природного інфікування відповідно 82,0-84,3

мг/100 г та 83,2-84,3 мг/100 г. Показано підвищення співвідношення Chl *a* до Chl *b* за дії ґрунтових мікроміцетів. Цей параметр доцільно використовувати для оцінки ступеня впливу вірусної інфекції на рослину (його підвищення свідчить про зменшення негативного впливу вірусної інфекції).

6. Отримані експериментальні дані підтверджують те, що розвиток вірусного патогенезу пов'язаний зі зміною структури і функцій фотосинтетичного апарату рослин. Однією з причин зниження вмісту хлорофілу при вірусній інфекції є руйнування хлоропластів у клітинах уражених рослин.

7. Дослідженнями впливу мікробних агентів на врожайність картоплі за природного та штучного інфікування фіто вірусами доведено, що обробка метаболітами мікроміцету *Cladosporium* сприяла збільшенню маси клону картоплі в сезон обробки від 8,2% до 14,7%.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бегей С.В., Шувар І.А. Екологічне землеробство: підручник. Львів : «Новий Світ-2000», 2012. 432 с.
2. Бойко А.Л., Патика В.П. Фітовіруси: екологія, діагностика, профілактика. Агроєкологічний журнал. Спецвип. 2002. № 3. С. 23-26.
3. Волкогон В.В., Заришняк А.С., Гриник І.В. та ін. Методологія і практика використання мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур : монографія. Київ : Аграрна наука, 2011. 156 с.
4. Картопля / за ред. В.В. Конунученка, М.Я. Молоцького. Біла Церква, 2002. Т. 1. 536 с.
5. Бондарчук А.А. Стан і пріоритетні напрями розвитку галузі картоплярства в Україні. Картоплярство. 2008. № 37. С. 7–13.
6. Scholthof K. et al. Top 10 plant viruses in molecular plant pathology. Molecular plant pathology. 2011. Vol. 12(9). P. 938–954.
7. Torrance L., Talianksy M.E., Potato Virus Y. Emergence and Evolution from the Andes of South America to Become a Major Destructive Pathogen of Potato and Other Solanaceous Crops Worldwide. Viruses. 2020. № 12. 1430 p.
8. Волкова І.В., Решотько Л.М., Дмитрук О.О. Поширення збудників вірусних хвороб картоплі в зонах вирощування культури. Сільськогосподарська мікробіологія. 2021. № 32. С. 67 – 73.
9. Тимошенко Е.П., Кучерявенко О.А., Шевченко И.М. и др. Фитовирусологический мониторинг посадок картофеля на Полесье Украины. Картофелеводство: сб. науч. тр. 2018. Т. 26. С.170 – 176.
10. Методичні рекомендації з польового оцінювання насаджень насіннєвої картоплі. Вінниця: ТВОРИ, 2023. 124 с.
11. Дмитрук О.О., Дерев'янко С.В., Решотько Л.М. Ризики поширення вірусів картоплі в агроценозах України. Захист і карантин рослин. 2018. Вип. 64. С. 49-57.
12. Кононученко В.В., Куценко В.С., Осипчук А.А. Методичні рекомендації щодо проведення досліджень з картоплею. Немішаєве, 2002. 182 с.

13. Rabenshtein F., Shubert Zh., Shpaar, D. Problemy ydentyfikatsyy shtammov Y-virusa kartofelia [Problems of identification of potato Y-virus strains]. Bioresursy i virusy. 2004. V mizhnar. konf. P. 94, Kyiv [in Ukrainian].
14. Kolomiiets L. P. Virusni khvoroby kartopli [Viral diseases of potatoes]. Chernihivshchyna ahrarna – Chernihiv region is agrarian, 2007. 2(6), 7-9 [in Ukrainian].
15. Вирусные и вирусоподобные болезни и семеноводство картофеля / [Лобенштейн Г., Бергер Ф., Брант А., Лоусон Р]: пер.под ред. Э.В. Трускинова. – Дордрех-Бостон-Лондон : Kluwer Academic Publishers, 2005. 284 с.
16. Положенець В.М., Станкевич С.В., Фурдига М.М., Немерицька Л.В., Журавська І.А., Станкевич М.Ю. Інтегрований захист картоплі від хвороб, шкідників і бур'янів: навч. посіб. Житомир: ПП «Рута», 2024. 428 с.
17. Горяінова В.В., Станкевич С.В., Батова О.М., Жукова О.М. Загальна фітопатологія: навч. посібник. Житомир: ПП «Рута», 2023. 378 с.
18. Туренко В.П., Білик М.О., Кулешов А.В. та ін., Комплексні системи захисту сільськогосподарських культур від хвороб: навч. посіб. Вид. 2-ге, допов. Харків: Майдан, 2019. 330 с.
19. Марков І.Л. Фітопатологія. Київ: Фенікс, 2015. 492 с.
20. Matthews R.E.F. Fundamentals of plant virology. Academic Press, San Diego., 1992. 403 p.
21. Вірусологія. Навчальний посібник для лабораторних занять / В.П. Поліщук, І.Г. Будзанівська, Т.П. Шевченко, О.М. Андрійчук, Т.А. Компанець, О.А. Кондратюк, Г.В. Коротєєва, О.В. Молчанець, А.В. Харіна, О.В. Шевченко. К.: ЦП «Компринт», 2017. 242 с.
22. Плотницька О. В., Верменко Ю. Я., Тимко Л. В. Продуктивність оздоровленого насіннєвого матеріалу картоплі залежно від умов репродукування еліти. Картоплярство: міжвідом. темат. наук. зб. 2009. Вип. 39. С. 69–77.
23. Злобін Ю.А. Курс фізіології і біохімії рослин. Суми: Університет, 2004. 464 с.

24. Біологічно активні речовини в рослинництві / Грицаєнко З.М., Пономаренко С.П., Карпенко В.П., Леонтьюк І.Б. К.: ЗАТ «НІЧЛАВА», 2008. 352 с.
25. Фотосинтез / Д.А. Киризий, О.О. Стасик, Г.А. Прядкина, Т.М. Шадшина. Ассимиляция CO<sub>2</sub> и механизмы ее регуляции. Киев: Логос, 2014. 301 с.
26. Кравченко О. А. Агротехнічні прийоми вирощування високих урожаїв картоплі в зонах Полісся та Лісостепу України /О. А. Кравченко, М. Г. Шарапа // Картоплярство України. 2010. № 1-2. С. 20-30.
27. Мікробні препарати в сучасних аграрних технологіях. За ред. В.В. Волкогона. К., 2015. 248 с.
28. Snihur H., Pozhylov I., Budzanivska I. et al. First report of High Plains wheat mosaic virus on different hosts in Ukraine. Journal of Plant Pathology. 2020. Vol. 102. P. 545 – 546.
29. Шамрай С.М., Леонтьєв Д.В. Вірусологія: підручник. Х.: Харківський національний педагогічний університет імені Г.С. Сковороди, 2019. 244 с.
30. Коломієць Л. П. Вірусні хвороби картоплі. Чернігівщина аграрна. 2007. 2(6): 7–9.
31. Методичні рекомендації з польового оцінювання насаджень насіннєвої картоплі. Вінниця: ТВОРИ, 2023. 124 с.
32. Frost K., Groves R.L., Charkowski A.O. Integrated Control of Potato Pathogens Through Seed Potato Certification and Provision of Clean Seed Potatoes. Plant disease. 2013. № 97 (10). P. 1268-1280.
33. Методика наукових досліджень в агрономії: навч. посібник / [Е.Р. Ермантраут, М.А Бобро, Т.І. Гопцій та ін.]. Х.: Харк. нац. аграр. ун-т ім. В.В. Докучаєва, 2008. 64 с.
34. Alazem M., Lin, N. S. Roles of plant hormones in the regulation of host-virus interactions. Mol Plant Pathol. 2015. 16: 529–540.
35. Pat. 105226 UA, МПК (2016.01) C12N 1/14, C05F 11/08, A01N 63/00. Strain of *Cladosporium cladosporioides* fungus as a procer of auxins and cytokinins, Nadkernychna, O. V., Kopylov, Ye. P., Biliavska, L. O., Publ. 10.03.2016 [in Ukrainian].

36. PM 7/126 (1) (2015). Electron microscopy in diagnosis of plant viruses. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin, 45(3), 450–453.
37. Картопля: енциклопедичний довідник / за ред. А. А. Бондарчука. Біла церква, 2009. Т. 4. 222 с.
38. Органічні добрива. С.А. Балюк, О.О. Бацула, В. М. Тимчук [та ін.]. Посібник українського хлібороба. К., 2010. С. 128–134.
39. Станкевич С.В., Забродіна І.В., Васильєва Ю.В. та ін. Моніторинг шкідників і хвороб сільськогосподарських культур: навч. посіб. Харків: ФОП Бровін О.В., 2020. 624 с.
40. Туренко В.П., Білик М.О., Мартиненко В.І. та ін. Новітній асортимент засобів захисту рослин від шкідливих організмів: навч. посіб. Харків: Майдан, 2021. 356 с.
41. Шелудько Ю. М. Фітовірусологія / Ю. М. Шелудько. К.:Вища школа, 1970. 270 с.
42. Рабенштейн Ф. Проблемы идентификации штаммов Y-вируса картофеля / Ф. Рабенштейн, Ж. Шуберт, Д. Шпаар. IV Міжнар. конф. Біоресурси і віруси. К. : Видавничо-поліграфічний центр Київський університет, 2004. С. 94.
43. Щербина Н.В., Курбала М.Я., Коломиец Л.П. Метод приготовления препаратов фитопатогенных вирусов для электронной микроскопии. V съезд Укр. микробиол. о-ва (Днепропетровск, 1980). К.: Наук. думка, 1980. С. 229.