

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ МІКРОБІОЛОГІЇ І ВІРУСОЛОГІЇ ім. Д.К. ЗАБОЛОТНОГО
ІНСТИТУТ КОРМІВ ТА СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ПОДІЛЛЯ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Карпенко В. П., Мостов'як І. І., Новікова Т. П., Леонтюк І. Б.,
Заболотний О. І., Даценко А. А., Притуляк Р. М., Гуляєва Г. Б.,
Токовенко І. П., Пасічник Л. А., Буценко Л. М., Гнатюк Т. Т., Пида С. В.,
Будзанівська І. Г., Шевченко О. В., Колісник С. І., Петриченко В. Ф.,
Демченко О. А., Патика В. П.

ХВОРОБИ СОЧЕВИЦІ

Монографія

За редакцією доктора с.-г. наук Карпенка В. П.

КИЇВ – УМАНЬ
Видавець «Сочінський М. М.»
2021

УДК: 632.3: 632.4: 635.658

X32

Рецензенти: доктор сільськогосподарських наук, професор А. Ф. Гойчук
доктор біологічних наук, професор А. І. Парфенюк
доктор сільськогосподарських наук, професор Ю. П. Яновський

Рекомендовано

*Вченою радою Уманського національного університету садівництва МОН України
(протокол № 5 від 04.03.2021 р.) та Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К.
Заболотного НАН України, (протокол № 1 від 10.02.2021 р.)*

X32

Хвороби сочевиці: монографія / В. П. Карпенко, І. І. Мостов'як, Т. П. Новікова, І. Б. Леонтюк, О. І. Заболотний, А. А. Даценко, Р. М. Притуляк, Г. Б. Гуляєва, І. П. Токовенко, Л. А. Пасічник, Л. М. Буценко, Т. Т. Гнатюк, С. В. Пида, І. Г. Будзанівська, О. В. Шевченко, С. І. Колісник, В. Ф. Петриченко, О. А. Демченко, В. П. Патика. За редакцією В. П. Карпенка. Умань: Видавець «Сочінський М. М.», 2021. 112 с.

ISBN 978-966-304-401-9

Монографія «Хвороби сочевиці» підготовлена до друку науковцями Уманського національного університету садівництва, Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного, Інституту кормів та сільського господарства Поділля Національної академії аграрних наук (НААН), Київського національного університету ім. Тараса Шевченка і вперше видається в Україні. В основу монографії покладено світові досягнення, наукові дослідження і виробничі перевірки кафедри біології Уманського національного університету садівництва, відділу фітопатогенних бактерій Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України, кафедри вірусології Київського національного університету ім. Тараса Шевченка, відділу селекції бобових рослин Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН, виконані на рослинах сочевиці. Монографія відображає симптоми хвороб сочевиці, їх поширення і шкодочинність, наведена біологічна характеристика збудників бактеріальних, грибних, вірусних і фітоплазмових хвороб та методи захисту рослин.

Видання буде корисним для біологів, мікробіологів, селекціонерів, фітопатологів, спеціалістів сільського господарства, аспірантів, студентів біологічних та агрономічних факультетів закладів вищої освіти.

УДК: 632.3: 632.4: 635.658

- © Уманський національний університет садівництва МОН України, 2021
- © Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України, 2021
- © Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН, 2021
- © Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, 2021

ISBN 978-966-304-401-9

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	5
ПЕРЕДМОВА	6
РОЗДІЛ 1. СОЧЕВИЦЯ (<i>LENS CULINARIS</i>) – ПЕРСПЕКТИВНА БОБОВА КУЛЬТУРА	8
1.1. Функціонування симбіотичного апарату сочевиці.....	9
1.2. Розвиток бактерій <i>Rhizobium leguminosarum biovar viciae</i> у бульбочках сочевиці.....	10
1.3. Основні еколого-трофічні групи мікроорганізмів ризосфери сочевиці.....	16
1.4. Бульбочкові бактерії <i>Rhizobium leguminosarum biovar viciae</i>	19
Список літератури до розділу 1.....	23
РОЗДІЛ 2. БАКТЕРІАЛЬНІ ХВОРОБИ СОЧЕВИЦІ	28
2.1. Облямівчаста плямистість.....	29
2.2. Чорна ніжка.....	29
2.3. Бактеріальний опік.....	30
2.4. Бактеріальна плямистість.....	30
2.5. Коренева гниль та в'янення.....	31
2.6. Бактеріальна гниль.....	31
2.7. Смугаста плямистість.....	31
2.8. Методи захисту сочевиці від збудників бактеріозів.....	32
Список літератури до розділу 2.....	33
РОЗДІЛ 3. ГРИБНІ ХВОРОБИ СОЧЕВИЦІ	35
3.1. Коренева гниль.....	35
3.2. Фузаріозне в'янення.....	37
3.3. Борошниста роса.....	38
3.4. Аскохітоз.....	38
3.5. Антракноз.....	39
3.6. Ботрітіоз (сіра гниль).....	40
3.7. Склеротиніоз (біла гниль).....	41
3.8. Стемфіліумна гниль.....	42
3.9. Іржа.....	43
Список літератури до розділу 3.....	43
РОЗДІЛ 4. ВІРУСНІ ХВОРОБИ СОЧЕВИЦІ	45
4.1. Вірус мозаїчної енації гороху-1.....	47
4.2. Вірус скручування листків квасолі.....	49
4.3. Вірус мозаїки гороху.....	51
4.4. Вірус плямистості кормових бобів.....	52
4.5. Вірус жовтої мозаїки квасолі.....	55
4.6. Вірус мозаїки люцерни.....	56
4.7. Вірус огіркової мозаїки.....	57
4.8. Вірус мозаїки турнепсу.....	58
4.9. Вірус плямистого в'янення томату.....	59
Список літератури до розділу 4.....	61
РОЗДІЛ 5. ФІТОПЛАЗМОЗИ СОЧЕВИЦІ	72

5.1. Фітоплазмові хвороби сочевиці.....	72
Список літератури до розділу 5.....	75
РОЗДІЛ 6. БІОТЕХНОЛОГІЇ ПРОФІЛАКТИКИ ХВОРОБ	
СОЧЕВИЦІ.....	76
6.1 Відбір рослинних зразків.....	76
6.2. Відбір зразків ґрунту.....	77
6.3. Заходи захисту бобових культур від хвороб, спричинених фітопатогенними мікроорганізмами.....	77
6.4. Біотехнологічні методи захисту сочевиці від фітопатогенних бактерій.....	78
6.5. Біологічно активні речовини, створені на основі нанотехнологій... ..	84
6.6. Методи захисту сочевиці від фітопатогенних грибів.....	86
6.7. Біотехнологічні методи захисту культур від вірусів.....	91
6.8. Біотехнологічні методи захисту сочевиці від фітоплазмових хвороб.....	92
6.9. Біоагенти для захисту бобових культур від шкідників.....	92
Список літератури до розділу 6.....	98
ДОДАТКИ.....	101

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- ВСМП** – вірус смугастої мозаїки пшениці
МБП – мікробного препарат
РРР – регулятори росту рослин
УКМ – Українська колекція мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАНУ
AMV – Вірус мозаїки люцерни (*Alfalfa mosaic virus*)
BBSV – Вірус плямистості кормових бобів (*Broad bean stain virus*)
BLRV – Вірус скручування листків квасолі (*Bean leafroll virus*)
BYMV – Вірус жовтої мозаїки квасолі (*Bean yellow mosaic virus*)
CMV – Вірус огіркової мозаїки (*Cucumber mosaic virus*)
CP – білок оболонки
HC-Pro – допоміжний компонент протеази
NIa – ядерне включення передбачуваної протеази
NIb – ядерне включення передбачуваної полімерази
PEMV – Вірус мозаїчної енації гороху (*Pea enation mosaic virus-1*)
PSbMV – Вірус мозаїки гороху, що передається насінням (*Pea seed-borne mosaic virus*)
TSWV – Вірус плямистого в'янення томату (*Tomato spotted wilt virus.*)
TuMV – Вірус мозаїки турнепсу (*Turnip mosaic virus*)
VPg – вірусний білок геном-пов'язаної протеїнази

ПЕРЕДМОВА

Сочевиця (*Lens culinaris* Medik.) – рослина родини бобових, здавна відома як цінна харчова та кормова культура. Історично походить з Середньої Азії, звідки поширилася до Індії, Китаю, а згодом і до Європи, Америки та Австралії. Сьогодні основними виробниками сочевиці є Індія, Пакистан, Туреччина, Сирія, Китай, Йорданія, Іран та Північна Америка. Варто підкреслити, що саме у Північній Америці площа вирощування сочевиці складає близько 50% від світової [26].

В Україні, до середини минулого століття, площа під цією культурою становила майже 100 тис. га, але в 60-х роках її посіви різко зменшилися і сочевицю було майже забуто. Проте, на початку 1990-х років сочевиця стала однією з провідних культур експортного спрямування і набула популярності та рентабельності останніми роками. Вирощується переважно в умовах Лістостепу та Степу. Площі під сочевицею в Україні поступово збільшуються: у 2016 році було засіяно близько 8 тис. га, а в 2017 – близько 20 тис. га. Урожайність зерна становить 11–15 (у рідкісних випадках – до 30) центнерів з гектару. В основному, сочевицю вирощують у Полтавській, Харківській, Сумській, Вінницькій та Тернопільській областях [26, 45].

Вирощують її в усіх країнах із помірним і теплим кліматом. Ця бобова культура відзначається значною посухостійкістю і використовує вологу лише з шару ґрунту до 1 м, нагромаджує в ґрунті значну кількість азоту (за рахунок симбіозу з бульбочковими бактеріями), рано звільняє площу, тому є відмінним попередником під озиму пшеницю та інші культури. Високі смакові якості і швидке приготування, без додаткових обробок, цінні дієтичні властивості стали причинами того, що сочевиця має значний попит серед споживачів багатьох країн світу [37].

Великий плюс для агрономів полягає у тому, що дана культура успішно переносить великі та тривалі посухи. У посуху 1891–1892 р. та інші посушливі роки, сочевиця була єдиною культурою, що витримала екстремальні умови і врятувала від голоду мільйони людей.

Критичним для сочевиці – є початок вегетаційного періоду. Після цвітіння до дозрівання сочевиця переносить посуху порівняно легко. Під час нетривалої посухи рослина уповільнює або зовсім припиняє ріст, але після випадання опадів продовжує рости і розвиватися. Оптимальна кількість опадів протягом вегетаційного періоду даної культури становить –150–200 мм. Сочевиця також і холодостійка рослина. Її сходи витримують заморозки до –5–6°C, тому її без побоювання висівають в ранні терміни.

Невибагливій до умов вирощування сочевиці більше підходять пухкі удобрені супіщані й суглинні ґрунти нейтральної реакції. Росте вона і на важких ґрунтах, і навіть на закислених, але гарного врожаю в такому ґрунті не дасть. Найкращими попередниками є: кукурудза, картопля або ж озимі культури. Для проростання насіння потрібна температура плюс 4–5°C [26].

Взагалі сочевиця, як культура в цілому, хороша ще й тим, що більшість сортів у насінневій оболонці мають танін, який має фунгіцидні властивості. Отже, культура менш вразлива до хвороб, особливо гнилей, ніж інші бобові.

Як уже було зазначено, упродовж останніх років, сочевиця серед зернобобових культур відновлює свою популярність. Вона є цінним дієтичним продуктом із середнім вмістом білка 22–35% [45]. Серед заходів поліпшення азотного живлення рослин сочевиці в агрокультурі особливе місце належить теоретичним і практичним розробкам, спрямованим на підвищення рівня біологічної взаємодії рослин із азотфіксувальними мікроорганізмами, що може бути реалізовано через застосування бактеріальних препаратів на основі бульбочкових бактерій [9, 22, 49]. Завдяки таким препаратам створюється можливість цілеспрямованої регуляції онтогенезу рослинного організму. Також важливе значення в цьому аспекті, крім мікробних препаратів, відіграють регулятори росту рослин. Використання останніх підвищує стійкість рослин до несприятливих чинників природного та антропогенного походження [51].

Проте, ця культура уражується рядом збудників грибних, бактеріальних, фітоплазмових і вірусних збудників хвороб. Слід підкреслити, що досить часто спостерігають і змішані інфекції, які можуть бути спричинені як представниками різних класів живих організмів, так і різними збудниками одного класу. Зміна клімату та інтенсивні технології ведення аграрного виробництва призводять до зміни спектрів патогенів, що паразитують на сочевиці у певному регіоні, та вимагають зміни стратегії контролю збудників хвороб цієї бобової культури. Особливою проблемою розглядається процес трансформації несприятливих абіотичних і біотичних факторів, зокрема посилення шкодочинності хвороб, які раніше були невідомі або малопоширені в Україні.

Представлена монографія базується на багаторічному досвіді, дослідженнях і вивченні збудників хвороб сільськогосподарських рослин, зокрема, сочевиці, фахівцями відділу фітопатогенних бактерій Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, кафедри біології Уманського національного університету садівництва, Інституту кормів та сільського господарства Поділля Національної академії аграрних наук (НААН), Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. У ній об'єднано інформацію щодо збудників грибних, бактеріальних, фітоплазмових і вірусних збудників хвороб сочевиці, які поширені в Україні та у світі, проаналізовано шкідливість хвороб та окреслено можливості контролю їх збудників.

Автори сподіваються, що наведені у монографії дані будуть цікаві спеціалістам із захисту рослин, фітопатологам, мікробіологам, селекціонерам, аспірантам, студентам біологічних і агрономічних спеціальностей.

РОЗДІЛ 1

СОЧЕВИЦЯ (*LENS CULINARIS*) – ПЕРСПЕКТИВНА БОБОВА КУЛЬТУРА)

Останнім часом, для покращення родючості ґрунту, аграрії намагаються максимально насичувати сівозміни бобовими, які здатні фіксувати азот із повітря та залишати після збирання врожаю доступний біологічний азот для наступної у сівозміні культури. Однією з найперспективніших серед бобових – є сочевиця, яка, до речі, є ще й надзвичайно посухостійкою рослиною, що дуже актуально, наразі, через зміни клімату [3, 26].

Сочевиця – однорічна рослина родини бобових, 30–60 см заввишки, з прямостоячим або напівлежачим чотиригранним стеблом. Кількість стебел може бути різною – залежно від густоти стояння рослин, зазвичай сочевиця доволі добре кушиться. Листя парно-перисте, з 2–8 парами листочків, закінчується вусиком або його зачатком. Коренева система – стрижнева, добре розвинена, проникає в ґрунт на глибину до 1 м, але основна маса коренів розміщується в шарі до 30 см (Додаток 1).

Квітки дрібні, з п'ятьма пелюстками, 4–8 мм завбільшки, різні за кольором (залежно від підвиду), але, найчастіше – білі із синіми прожилками на парусі. Цвітіння починається з нижніх гілок і, за сприятливих погодних умов, продовжується аж до самого дозрівання. Урожай формується лише на гілках нижнього і середнього ярусів. Біб двостулковий, майже ромбічної форми з 1–3 насінинами. Насіння має характерну лінзоподібну форму, 2–9 мм у діаметрі, маса 1000 зернин – 20–90 г. Насіннева оболонка може бути : зеленою, жовтою, чорною, коричневою, однотонною, крапчастою тощо. Боби повислі, ромбічної форми, завдовжки близько 1 см і завширшки до 8 мм, містять від 1 до 3 сплюснених насінин із майже гострим краєм. Колір насіння залежить від сорту. Плоди сочевиці містять велику кількість заліза й рослинного білка, легко засвоюваного організмом людини. В одній порції сочевиці міститься 90% щоденної норми фолієвої кислоти. До складу сочевиці входять також – розчинна клітковина, що поліпшує травлення, калій, кальцій, залізо й фосфор, а також марганець, мідь, цинк, йод, кобальт, молібден і бор, жирні кислоти Омега-3 і Омега-6, вітаміни С, А, РР і групи В. Районовані в нашій країні сорти мають крупне насіння світло-зеленого або жовтого кольору. Вміст білка варіює від 22 до 35%, порівняно з іншими бобовими, білок доволі добре збалансований за вмістом амінокислот. Сочевиця відзначається високими смаковими якостями, її використовують для приготування супів, тушіння, приготування пиріжків, салатів, консервування та інших страв [3, 23, 26].

Бульбочки розгалужені, розміщені в радіусі 10–12 см від головного кореня, в глибину розповсюджуються до 12–15 см. Маса бульбочок однієї рослини досягає 800 мг [45].

Існує шість різновидів сочевиці: коричнева, призначена переважно для супів, яка швидко готується, особливо після попереднього замочування, і має горіховий аромат; зелена – це недозріла коричнева сочевиця, яку додають у салати, страви з м'яса і рису; жовта – недозріла коричнева сочевиця без

шкірки; червона сочевиця – це сочевичні зерна без оболонки; чорна сочевиця, або білуга – дуже дрібна, схожа на ікру білуги сочевиця, після варіння зберігає і колір, і форму; французька зелена сочевиця, вважається найбільш смачною та вишуканою.

Науковці та практики на сьогодні вважають сорт сочевиці Лінза одним із найбільш придатних та рекомендованих для України. Сорт має період вегетації 85 днів, є стійким до вилягання та обсіпання. Також має певну стійкість до ураження аскохітозом і корневими гнилями. Врожайність Лінзи, враховуючи вказаний оригіном сорту (Красноградська дослідна станція Інституту зернового господарства Української академії аграрних наук) потенціал урожайності, 2,1 т/га [45].

1.1. Функціонування симбіотичного апарату сочевиці

Оптимальна науково-обґрунтована частка бобових культур у сівозмінах становить 20–40%, що дозволяє на чверть скоротити обсяги внесення мінерального азоту під зернові культури у сівозміні без суттєвого зниження їх продуктивності [8, 31]. Завдяки посиленню тенденції до екологізації аграрного виробництва, використання бактеріальних препаратів на основі азотфіксувальних бактерій при вирощуванні сільськогосподарських культур набуло останнім часом особливої актуальності. Біологічна азотфіксація у посівах бобових є своєрідним прикладом безвідходної технології, де коефіцієнт використання азоту в бобово-ризобіальних системах наближається до 100% [25, 64].

Симбіотичній азотфіксації належить провідна роль у забезпеченні агроценозів біологічним азотом. Розширення її масштабів дозволить покращити родючість ґрунту, знизити енергетичні витрати у землеробстві та зменшити техногенне навантаження на довкілля [30, 32, 38]. Бобові культури, з великим біологічним потенціалом, являють собою потужний засіб відновлення родючості ґрунтів і створення позитивного балансу речовин у ґрунті [29, 38, 41].

Концептуальним напрямом розвитку біотехнологій у сільському господарстві є створення оригінальних комплексних композицій багатофакторної дії, що поєднують властивості регуляторів росту рослин, елементів живлення, засобів стійкості рослин до стресів і хвороб, безпечність для довкілля. Прикладом цього є використання мікробних біотехнологій і регуляторів росту рослин природного походження [4–6, 12, 17, 46].

Необхідність врахування активності окремих біологічних процесів у ґрунтах агроценозів, диктується сучасними уявленнями про вплив технологічних чинників не лише на продукційний процес сільськогосподарських культур, але й на стан довкілля. Одними з найточніших тестів щодо реакції системи ґрунт–мікроорганізми–рослина на рівень агрохімічного навантаження є процеси біологічної трансформації азоту [9, 49].

Аналіз сучасного вітчизняного і світового досвіду з питань застосування корисних мікроорганізмів в агробіотехнології [7, 28, 55, 57], підтверджує можливість створення продуктивних рослинно-мікробних асоціативних та

симбіотичних систем і вказує на необхідність вивчення умов для їх ефективного функціонування в ґрунті. Необхідно відмітити, що управління біологічними процесами в агроценозах можливо через інтродукцію агрономічно-цінних штамів мікроорганізмів у ризосферу рослин. За цих умов, посилюється корисний або послаблюється/ліквідується негативний вплив небажаних для реалізації їх потенціалу чинників [29, 32, 55]. Залежно від сукупної зміни умов довкілля, можна спостерігати динаміку структури ґрунтової популяції, в тому числі і зміни у формуванні різних еколого-трофічних угруповань.

Слід зазначити, що позитивний вплив мікроорганізмів-азотфіксаторів на рослину не обмежується поліпшенням її азотного живлення. Бактеризація сприяє трансформації важкорозчинних сполук ґрунту, що легко засвоюються рослинами. Крім того, бактеріальні препарати містять фізіологічно активні речовини (гормони, вітаміни, амінокислоти, стимулятори росту рослин та ін.), які здійснюють пряму регуляцію росту рослин – на 20–30%, поліпшуючи використання добрив завдяки розростанню кореневої системи й підвищенню її поглинальних властивостей. При цьому корисні мікроорганізми, заселивши корені, не допускають інфікування рослини патогенними мікроорганізмами, збільшуючи стійкість рослин до хвороб. Показано, що застосування біопрепаратів підвищує якість посівного матеріалу, що спричинює збільшення енергії проростання та схожості насіння, а також сприяє інтенсифікації фотосинтезу в бактеризованих рослинах [3, 21, 36].

1.2. Розвиток бактерій *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* у бульбочках сочевиці

У симбіотичному стані для бульбочкових бактерій екологічною нішею є бульбочки [10, 23]. Вони захищають бактерії від дії зовнішніх несприятливих чинників та забезпечують їх поживними речовинами у вигляді фотоасимілятів [21, 29, 47]. Бактерії, у свою чергу, надають рослинам продукти біологічної фіксації азоту, необхідні для побудови рослинного організму. В результаті взаємодії генетично-гетерогенної популяції вірулентних ризобій з рослиною-господарем у ній збільшується частка штамів, які здатні активно фіксувати азот повітря [44]. Згідно «альтруїстичної» моделі [36], відбір на підтримку генів азотфіксації відбувається завдяки «альтруїзму» одних бактеріальних клітин у відношенні до інших (недиференційованих бактерій). Слід також відмітити, що симбіоз бобових рослин з бульбочковими бактеріями є вигідним для макросимбіонта лише за умови дефіциту зв'язаних форм азоту, а за наявності азотовмісних сполук утворення бульбочок не завжди покращує розвиток рослин [52, 53, 56]. Відносини бульбочкових бактерій з зовнішнім середовищем у цей період регулюються рослиною-господарем, а вплив ґрунту проявляється тільки опосередковано. Чинники, які негативно діють на рослину, в такій же мірі діють і на розвиток бульбочкових бактерій та функціонування бульбочок [53].

Негативний антропогенний вплив на бульбочкові бактерії проявляється у застосуванні в сільськогосподарській практиці речовин, які порушують

природну взаємодію ризобій з рослиною-господарем, що може призвести до спрощення біологічних систем [23, 48]. Водночас, під впливом несприятливих чинників довкілля, обмежується розмір та активність популяцій бульбочкових бактерій у природних екотопах, чим визначається продуктивність рослинно-мікробних систем [27, 48, 54, 59].

У результаті проведених досліджень Т.П. Новіковою (2020) [13, 33, 34] встановлено різний вплив від роздільного і комплексного використання мікробного препарату *R. leguminosarum* biovar *viciae* штам К-29 і регулятора росту рослин (РРР) Регоплант на формування чисельності азотфіксувальних бактерій у бульбочках сочевиці (табл. 1.1). Так, у 2014 році, за посходового обприскування посівів Регоплантом, чисельність азотфіксувальних бактерій *R. leguminosarum* biovar *viciae* у бульбочках сочевиці зростала проти контроль на 9%, тоді як у варіанті передпосівної обробки насіння цим же РРР – на 21%, водночас за посходового внесення РРР по фону I – на 29%. За передпосівної інокуляції насіння сочевиці мікробними препаратами (МБП) перевищення до контролю у фазі бутонізації за чисельністю *R. leguminosarum* biovar *viciae* становило 35%. Сумісне застосування передпосівної обробки насіння сумішшю МБП і РРР Регоплант з наступним внесенням останнього під час вегетації культури сприяло найактивнішому розвитку азотфіксувальних бактерій у бульбочках сочевиці у всі роки досліджень, проте, у 2014 році їх чисельність була більшою за контроль на 46% [16, 33].

Таблиця 1.1

Чисельність азотфіксувальних бактерій *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* у бульбочках сочевиці (10^3 КУО/г тканини бульбочок) за використання МБП і РРР (фаза бутонізації)

Варіант досліджу	2014 р.	2018 р.	2019 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль)	1059	938	943	980
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон I	1281	1088	1042	1137
МБП <i>R. leguminosarum</i> biovar <i>viciae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон II	1429	1163	1200	1264
МБП <i>R. leguminosarum</i> biovar <i>viciae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон III	1493	1182	1234	1303
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	1154	985	1008	1049
Фон I + РРР Регоплант (50мл/га)	1366	1144	1165	1225
Фон II + РРР Регоплант(50 мл/га)	1503	1247	1279	1343
Фон III + РРР Регоплант (50 мл/га)	1546	1285	1345	1392
<i>НІР</i> ₀₅	67,7	56,5	57,6	–

Подібна тенденція формування кількості азотфіксувальних бактерій у фазу бутонізації у бульбочках сочевиці за дії МБП і РРР була відмічена і в 2018 та 2019 роках. Так, за результатами досліджень у 2018 р. у фазі бутонізації за використання Регопланту для обробки посівів, даний показник перевищував контроль на 16%.

Комплексне застосування Регопланту (обробка насіння перед сівбою та посівів) забезпечило зростання вищезазначеного показника відносно контролю на 21%. Передпосівна інокуляція насіння сочевиці забезпечила перевищення чисельності бактерій до варіанту без застосування препаратів за кількістю *R. leguminosarum* biovar *viciae* на 24%. Обробка насіння сочевиці сумішшю МБП з РРР зумовила активізацію розвитку бульбочкових бактерій, порівняно з контролем на 26%. Проте найвищі показники були відзначені за посходового внесення Регопланту по фоні комплексного використання мікробного препарату і регулятора росту рослин, де досліджуваний показник перевищував варіант без застосування препаратів на 37%.

У 2019 році за посходового обприскування посівів Регоплантом чисельність азотфіксувальних бактерій *R. leguminosarum* biovar *viciae* у бульбочках сочевиці зростала до контролю на 7%, тоді як у варіанті передпосівної обробки насіння цим же РРР – на 11%, водночас за посходового внесення РРР по фоні І – на 24%. За передпосівної інокуляції насіння сочевиці МБП перевищення до контролю у фазі бутонізації за чисельністю *R. leguminosarum* biovar *viciae* становило 27%. Сумісне застосування передпосівної обробки насіння сумішшю МБП і регулятора росту рослин Регоплант з наступним внесенням останнього під час вегетації культури сприяло найактивнішому розвитку азотфіксувальних бактерій у бульбочках сочевиці, де перевищення до контролю становило 43%.

У середньому за роки досліджень, у фазу бутонізації у варіанті з передпосівною обробкою насіння Регоплантом, кількість азотфіксувальних бульбочкових бактерій перевищувала показники контрольного варіанту на 16%, мікробним препаратом – на 29% відповідно, тоді як за сумісної дії вищезазначених препаратів перевищення до контролю складало 33%.

За обприскування сочевиці Регоплантом відмічено перевищення контрольного варіанту за кількістю бульбочкових бактерій *R. leguminosarum* biovar *viciae* у фазі бутонізації – на 7%. Комплексне застосування Регопланту (обробка насіння перед сівбою та посівів) забезпечило формування вищого показника чисельності бактерій у відношенні до контролю на 25%.

У варіанті із застосуванням МБП, для обробки насіння з наступним післясходовим внесенням РРР Регоплант, кількість азотфіксувальних бактерій у бульбочках сочевиці зростала у порівнянні з контролем на 37%, водночас у варіанті з використанням цих же препаратів для обробки насіння з наступним обприскуванням посівів Регоплантом – на 42%.

У фазу цвітіння сочевиці, чисельність бактерій *R. leguminosarum* biovar *viciae* у бульбочках сочевиці була значно вищою у порівнянні з фазою бутонізації (табл. 1.2), що узгоджується з результатами досліджень інших науковців [1].

Так, у 2014 році за посходового обприскування посівів Регоплантом, у фазі цвітіння, чисельність азотфіксувальних бактерій *R. leguminosarum* biovar *viciae* у бульбочках сочевиці зростала проти контролю на 17%, тоді як у варіанті передпосівної обробки насіння цим же РРР – на 40%, водночас за посходового внесення РРР по фону I – на 43%. За передпосівної інокуляції насіння сочевиці МБП перевищення до контролю, у фазі цвітіння, за чисельністю *R. leguminosarum* biovar *viciae* становило 47%. Поєднане застосування передпосівної обробки насіння сумішшю МБП з РРР Регоплант з наступним внесенням останнього під час вегетації культури, забезпечило найактивніший розвиток азотфіксувальних бактерій у бульбочках сочевиці у всі роки досліджень, проте у 2014 році їх чисельність була більшою за контроль на 69%.

Таблиця 1.2

Чисельність азотфіксувальних бактерій *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* у бульбочках сочевиці (10^3 КУО/г тканини бульбочок) за використання МБП і РРР (фаза цвітіння)

Варіант досліджу	2014 р.	2018 р.	2019 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль)	1940	1657	1691	1763
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон I	2719	2293	2188	2400
МБП <i>R. leguminosarum</i> biovar <i>viciae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон II	2857	2507	2459	2608
МБП <i>R. leguminosarum</i> biovar <i>viciae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон III	3030	2577	2542	2716
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	2277	2010	2006	2098
Фон I + РРР Регоплант (50мл/га)	2766	2391	2407	2521
Фон II + РРР Регоплант(50 мл/га)	3039	2575	2736	2783
Фон III + РРР Регоплант (50 мл/га)	3280	2620	2756	2885
<i>НІР</i> ₀₅	136	116	117	–

Подібна тенденція у формуванні кількості азотфіксувальних бактерій – у фазі цвітіння, у бульбочках сочевиці за дії МБП і РРР була відмічена в 2018 і 2019 рр. досліджень. Так, за результатами досліджень у 2018 році у фазі цвітіння за використання Регопланту для обробки посівів даний показник перевищував контроль на 38%. Комплексне застосування Регопланту (обробка насіння перед сівбою та посівів) забезпечило зростання вищезазначеного показника відносно контролю на 44%. Передпосівна інокуляція насіння сочевиці зумовила перевищення кількості *R. leguminosarum* biovar *viciae* у порівнянні до контролю на 51%. Обробка насіння сочевиці сумішшю МБП з

PPP зумовила активізацію розвитку бульбочкових бактерій на кореневій системі сочевиці та, як результат, перевищення їх кількості відносно контролю на 56%. Проте найвищі показники були відзначені за посходового внесення Регопланту по фоні комплексного використання мікробного препарату і регулятора росту рослин, де досліджуваний показник перевищував варіант без застосування препаратів на 58%.

У 2019 році за посходового обприскування посівів Регоплантом чисельність азотфіксувальних бактерій *R. leguminosarum* biovar *viciae* у бульбочках сочевиці зростала проти контролю на 19%, тоді як у варіанті передпосівної обробки насіння цим же PPP – на 29%, водночас за посходового внесення PPP по фоні I – на 42%. За передпосівної інокуляції насіння сочевиці МБП перевищення до контролю у фазу цвітіння за чисельністю *R. leguminosarum* biovar *viciae* становило 45%. Сумісне застосування передпосівної обробки насіння сумішшю МБП і регулятора росту рослин Регоплант, з наступним внесенням останнього під час вегетації культури, сприяло найактивнішому розвитку азотфіксувальних бактерій у бульбочках сочевиці, де у фазу цвітіння перевищення до контролю складало 50%. Це обумовлювалось кращими умовами вологозабезпечення.

Результати визначення чисельності азотфіксувальних бактерій у бульбочках сочевиці у період цвітіння показали, що найкращі умови для їх розвитку складались у 2014 році, де кількість бактерій була більшою на 15–17% у порівнянні з 2018, 2019 роками.

У середньому, за роки досліджень, у варіанті з передпосівною обробкою насіння Регоплантом, кількість бульбочкових бактерій в сирій масі бульбочок у фазу цвітіння – перевищувала показники контрольного варіанту на 36%, мікробним препаратом – на 48% відповідно, тоді як за поєднаної дії вищезазначених препаратів перевищення до контролю складало 54%. Так, чисельність бактерій у спонтанних бульбочках, що утворювались на коренях рослин у варіанті з обробкою вегетативної маси рослин Регоплантом в середньому за роки досліджень перевищувала контроль на 19%. Комплексне застосування Регопланту (обробка насіння перед сівбою та посівів) забезпечило формування вищих досліджених показників у відношенні до контролю на 43%.

У варіанті із застосуванням МБП для обробки насіння з наступним післясходовим внесенням PPP Регоплант кількість бульбочкових бактерій зростала у порівнянні з контролем на 58%, водночас у варіанті з використанням цих же препаратів для обробки насіння з наступним обприскуванням посівів Регоплантом – на 64%.

У фазу утворення бобів простежувалась подібна залежність у розвитку азотфіксувальних бактерій *R. leguminosarum* biovar *viciae* у бульбочках сочевиці, що й у попередні фази (табл. 1.3), проте їхня чисельність знижувалась відносно фази цвітіння, що пояснюється гальмуванням обмінних процесів між партнерами симбіозу та як результат – поступовим відмиранням бульбочок, лізисом бактероїдів, перетворенням їх у дрібні кулеподібні клітини [62].

Чисельність азотфіксувальних бактерій *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* у бульбочках сочевиці (10^3 КУО/г тканини бульбочок) за використання МБП і РРР (фаза утворення бобів)

Варіант досліджу	2014 р.	2018 р.	2019 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль)	1122	1023	1001	1049
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	1242	1121	1099	1154
МБП <i>R. leguminosarum</i> biovar <i>viciae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	1276	1141	1104	1174
МБП <i>R. leguminosarum</i> biovar <i>viciae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	1263	1151	1128	1181
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	1187	1036	1043	1085
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	1288	1163	1154	1201
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	1327	1179	1161	1222
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	1363	1229	1176	1256
<i>НІР</i> ₀₅	61,8	56,2	53,5	–

За внесення у посівах сочевиці РРР Регоплант 50 мл/га чисельність азотфіксувальних бактерій *R. leguminosarum* biovar *viciae* у бульбочках даної культури, у фазу утворення бобів, зростала у 2014, 2018, 2019 роках відповідно на 6, 1 і 4%. Водночас, передпосівна обробка даним препаратом ініціювала зростання дослідженого показника до 11, 10 і 10% відносно контролю.

За передпосівної обробки насіння МБП *R. leguminosarum* biovar *viciae* штам К-29 чисельність бульбочкових бактерій перевищували контроль на 14, 12 та 10% за роки досліджень, тоді як у варіанті Фон ІІ + РРР Регоплант (50 мл/га) – 18, 15 і 16% відповідно.

Найактивніший розвиток бульбочкових бактерій *R. leguminosarum* biovar *viciae* був зафіксований у варіанті досліджу із комплексним застосуванням РРР Регоплант 50 мл/га по фоні передпосівної обробки насіння МБП *R. leguminosarum* biovar *viciae* штам К-29 разом із РРР Регоплант, де перевищення до контролю складало в середньому за роки досліджень 20%.

Отже, застосування мікробного препарату *R. leguminosarum* biovar *viciae* штам К-29 і регулятора росту рослин Регоплант (передпосівна обробка насіння та обприскування посівів) позитивно впливає на функціонування симбіотичного апарату сочевиці, що виражається в зростанні чисельності в

бульбочках азотфіксувальних бактерій *R. leguminosarum* biovar *viciae*. Проте, найбільша їх кількість простежується за комплексного використання для обробки перед сівбою насіння МБП із РРР з наступним обприскуванням посівів по даному фону РРР, де перевищення чисельності бактерій у бульбочках у середньому за фазами розвитку культури складало до контролю 20–64%.

1.3. Основні еколого-трофічні групи мікроорганізмів ризосфери сочевиці

Мікробний ценоз ґрунту кореневої зони рослин – це складне угруповання різноманітних мікроорганізмів, що упорядковане на основі трофічних взаємодій [4, 15, 36]. Саме мікроорганізмам відводиться важливе значення у збереженні гомеостазу, відновленні родючості ґрунту та підтриманні екологічної рівноваги ґрунтової екосистеми [39, 40, 43]. Проте, у зв'язку із зростанням обсягів використання у сільськогосподарському виробництві хімічних речовин, мікробні угруповання зазнають все більшого негативного впливу. Тому вивчення структури і складу мікробних угруповань є фундаментальним завданням у з'ясуванні проблем спрямованості проходження біологічних процесів у ґрунті з метою біологізації технологій вирощування сільськогосподарських культур [24, 61].

Нині перспективним заходом у технологіях вирощування сільськогосподарських культур є застосування препаратів природнього походження [6, 7, 18–20, 29]. Дослідження зарубіжних і вітчизняних вчених свідчать про їх позитивну дію на ріст і розвиток культурних рослин, кількісний і якісний склад ризосферної мікробіоти [58, 60, 62, 63, 65, 66]. Зокрема, за вирощування *Galega orientalis* L. з використанням мікробного препарату Ризобофіт, виготовленого на основі бульбочкових бактерій *Rh. galegae* Л2 й *Bradyrhizobium japonicum* М8, простежувалась позитивна динаміка в зростанні чисельності амоніфікувальних та целюлозолітичних бактерій, кількість яких у відношенні до контролю збільшувалась у 4 і 8 рази відповідно [39]. Обробка насіння сої регулятором росту рослин Біолан (20 мл/т) сприяла зростанню кількості амоніфікувальних мікроорганізмів відносно контролю – на 12%, целюлозолітичних – на 6%, мікробним препаратом Ризобофіт (100 г/т) – на 21 і 13% відповідно [5].

За даними Ю. І. Івасюк та співавторів [10], передпосівна обробка насіння сої сорту Романтика сумішшю Ризобофіту (1,0 л/т) і Регопланту (250 мл/т) забезпечила збільшення кількості целюлозолітичної мікробіоти до контролю на 89 і 34% відповідно на 10 і 20 добу визначення.

На жаль, комплексна дія біологічних препаратів (мікробних і регуляторів росту рослин) на розвиток і функціонування окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів у ризосфері сочевиці не вивчалися, що і склало одне із завдань наших досліджень.

Залежно від виду, способу внесення препаратів та їх комбінування у ризосфері сочевиці простежувались зміни в чисельності амоніфікувальних, нітрифікувальних та целюлозолітичних мікроорганізмів.

У середньому за роки досліджень, амоніфікувальні мікроорганізми, які беруть участь у трансформації органічної речовини за допомогою протеолітичних ферментів та мінералізують як прості, так і складні білки з виділенням азоту у формі аміаку [11, 38, 39], нарощували свою чисельність у всіх варіантах досліду із застосуванням біологічних препаратів (табл. 1.4). Так, передпосівна обробка насіння сочевиці Регоплантом (Фон I) забезпечила зростання їх кількості, у фазу бутонізації, відносно контролю – на 32%, мікробним препаратом *R. leguminosarum* biovar *viciae* штам К-29 (Фон II) – на 39%, сумішшю МБП і регулятора росту рослин Регоплант (Фон III) – на 45%.

Таблиця 1.4

Чисельність окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів ризосфери сочевиці (10^3 КУО/г ґрунту) за використання МБП і РРР (середнє за роки досліджень)

Варіант досліду	Амоніфікувальні		Нітрифікувальні		Целюлозолітичні	
	фаза бутонізації	фаза цвітіння	фаза бутонізації	фаза цвітіння	фаза бутонізації	фаза цвітіння
Без застосування препаратів (контроль)	108,7	143,6	19,1	31,6	917,4	1225,6
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон I	143,5	180,8	20,8	34,8	1010,9	1362,7
МБП <i>R. leguminosarum</i> biovar <i>viciae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон II	151,1	196,6	23,9	36,7	1077,0	1421,7
МБП <i>R. leguminosarum</i> biovar <i>viciae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон III	157,6	202,4	24,9	37,3	1112,8	1500,2
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	133,7	176,6	20,2	33,7	957,8	1273,9
Фон I + РРР Регоплант (50мл/га)	161,9	209,5	23,1	37,6	1128,4	1533,3
Фон II + РРР Регоплант(50 мл/га)	168,7	222,5	23,7	38,8	1156,8	1562,6
Фон III + РРР Регоплант (50 мл/га)	178,3	232,5	26,2	46,7	1204,5	1788,8
<i>НІР</i> ₀₅ *	7,5– 9,9	8,9– 12,6	1,1– 5,4	1,6– 3,2	53,5– 96,2	65,2– 130,3

*Примітка:** – min і max значення за роки досліджень.

Позитивний вплив біологічних препаратів на чисельність вищеназваної групи мікроорганізмів у ризосфері сочевиці також простежувався і за внесення

по вищеназваних фонах регулятора росту рослин Регоплант (50 мл/га), зокрема за внесення даного РРР по фону I перевищення до контролю складало 49%, що може бути обумовлено позитивною рiстрегулювальною дiєю Регопланту на ростовi процеси кореневої системи, чим створювалась додаткова площа для росту й розвитку мiкроорганiзмiв [14, 17, 42].

За пiслясходового внесення РРР Регоплант по Фоні II чисельнiсть амонiфiкувальних мiкроорганiзмiв зростала на 55%, а по фоні III – на 64%.

Очевидно, формування найбільшi чисельностi амонiфiкувальних мiкроорганiзмiв на фонi комплексного використання РРР i МБП (передпосiвна обробка насiння сочевицi МБП i РРР та внесення по сходах РРР) може бути обумовлено покращенням азотного обмiну в рослинах завдяки життєдiяльностi бактерiй *R. leguminosarum* biovar *viciae* та стимулюванням проходження в рослинах фiзіолого-бiохiмiчних процесiв з боку дiї регулятора росту рослин, чим зумовлювалось видiлення в прикореневу зону пiдвищеної кiлькостi ексудатiв [31, 43].

Чисельнiсть амонiфiкувальних мiкроорганiзмiв у ризосферi сочевицi залежала не лише вiд застосовуваних препаратiв, а й вiд фаз розвитку культури. Так, у варіантах дослiду iз застосуванням МБП, МБП + Регоплант 50 мл/га, МБП + Регоплант 250 мл/т, МБП + Регоплант 250 мл/т + Регоплант 50 мл/га – iх кiлькiсть у фазу цвiтiння зростала у порiвняннi до фази бутонiзацiї в середньому на 28–30%. Разом з тим, у фазу цвiтiння, у варіантi з комплексним використанням РРР (обробка насiння та вегетуючих рослин) iх кiлькiсть перевищувала контроль на 46%, а за використання вищезгаданої комбiнацiї з МБП – на 62%.

Важливе значення у процесах перетворення в ґрунті амонійних форм вуглецевих сполук в нітрати, вiдiграють нiтрифiкувальнi мiкроорганiзми. Як показали результати дослiджень, у фазу бутонiзацiї сочевицi, у варіантах з використанням Регопланту для обробки посiвiв, iх кiлькiсть перевищувала контроль на 6%, а за обробки цим же РРР насiння – на 9%. Комплексне застосування Регопланту (обробка насiння перед сiвбою та посiвiв) забезпечило зростання iх чисельностi, у вiдношеннi до контролю – на 21%. За передпосiвної iнокуляцiї насiння сочевицi iх кiлькiсть перевищувала варіант без застосування препаратiв на 25%. Обробка насiння сочевицi сумiшшю МБП з РРР зумовила активiзацiю розвитку нiтрифiкувальних мiкроорганiзмiв у ризосферi сочевицi на 30%, а за посходового внесення Регопланту по даному фоні – на 37%. Водночас, у фазу цвiтiння культури, спостерiгалась подiбна тенденцiя до зростання кiлькостi вищеназваних мiкроорганiзмiв вiд комбiнування дослiджених препаратiв, що i у фазу бутонiзацiї, де найвищi показники були вiдмiчені у варіантi Фон III + РРР Регоплант (50 мл/га) з перевищенням до контролю на 48%.

Дослiджуючи еколого-трофiчну групу ґрунтових мiкроорганiзмiв, здатних руйнувати целюлозу, вiдмiчена залежнiсть iх кiлькостi вiд нагромадження корневих решток, про що констатують й iншi вченi [2, 24, 50]. Так, у варіантах дослiду з передпосiвною обробкою насiннєвого матерiалу Регоплантом (Фон I), у фазу бутонiзацiї, iх кiлькiсть перевищувала

контрольний варіант на 10%, тоді як за інокуляції мікробним препаратом (фон II) – на 17%. Високі показники кількості целюлозолітичних мікроорганізмів спостерігались у варіанті сумісної дії вищезазначених препаратів, де перевищення відносно контролю складало 21%. Водночас, найактивніше наростання вищеназваної групи мікроорганізмів, у фазу бутонізації сочевиці, простежувалось за обприскування посівів Регоплантом 50 мл/га на фоні передпосівної обробки насіння МБП разом із РРР Регоплант, де кількість даної групи мікроорганізмів перевищувала контроль на 31%. Подібну тенденцію у формуванні кількості целюлозолітичних мікроорганізмів спостерігали і у фазу цвітіння культури, де найвищі показники були відмічені на варіанті Фон III + РРР Регоплант (50 мл/га) з перевищенням до контролю на 46%.

Узагальнюючи результати обліку основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів у ризосфері сочевиці, було відмічено подібні тенденції залежності їх розвитку від дії мікробного препарату і регулятора росту рослин, як у фазу цвітіння, так і бутонізації. Водночас, найактивніший розвиток мікробіоти в ризосфері сочевиці, у фазу цвітіння, був відзначений на фоні інокуляції насіння сумішшю мікробного препарату і регулятора росту рослин з наступним внесенням останнього під час вегетації культури (перевищення за групами досліджуваної мікробіоти до контролю складало в середньому 46–62%).

Підсумовуючи вищенаведені дані літератури та показники чисельності мікробіоти в ризосфері сочевиці, можна стверджувати, що за комплексної дії препаратів мікробного та рістстимулювального спрямування ризосферна мікробіота не зазнає негативного впливу, а навпаки – її ріст і розвиток активізується. Так, найвища чисельність амоніфікувальних, нітрифікувальних, целюлозолітичних мікроорганізмів в середньому за роки досліджень простежувалась у варіанті досліду із комплексним застосуванням РРР Регоплант 50 мл/га по фоні передпосівної обробки насіння МБП *R. leguminosarum* biovar *viciae* штам К-29 (1,0 л/т) разом із РРР Регоплант 250 мл/т, де перевищення до контролю за фазами розвитку складало 31–64%. Очевидно, що це обумовлюється комплексною дією кількох чинників, зокрема: стимулюванням проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів, у тому числі й фотосинтетичних, за рахунок покращення азотного живлення рослин завдяки азотфіксувальній активності бульбочкових бактерій; посиленням ростових процесів рослин (збільшенням надземної маси та кореневої системи), обумовлених як активізацією обмінних процесів у рослинах, так і безпосереднім стимулювальним впливом на рослинний організм складових РРР Регоплант; активізацією виділення в прикореневу зону рослин ексудатів, які слугують головним чинником розвитку ризосферної мікробіоти.

1.4. Бульбочкові бактерії *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae*

Мікросимбіонтом сочевиці є маловивчена група швидкорослих бульбочкових бактерій *R. leguminosarum* biovar *viciae*.

Протягом багатьох років під сочевицю використовували еталонний виробничий штам *R. leguminosarum* biovar *viciae* 724 (зберігається у колекції Всеросійського НДІ сільськогосподарської мікробіології (Санкт-Петербург) під номером 724, а також у колекції Інституту фізіології рослин і генетики (ІФРiГ) НАН України (Київ).

Недоліком штаму *R. leguminosarum* biovar *viciae* 724 є те, що при бактеризації ним насіння сочевиці, спостерігається не досить висока азотфіксувальна активність симбіотичного апарату і урожайність культури, що, ймовірно, пов'язано з неадаптованістю штаму до ґрунтово-кліматичних умов, де висівається наразі сочевиця. По-друге – при культивуванні, штам *R. leguminosarum* biovar *viciae* 724 досягає відносно невисокого титру – $3,0 \times 10^9$ КУО/мл препарату, внаслідок чого втрачає свою конкурентоздатність з навколишнім мікробіомом ґрунту.

Нами запропоновано новий штам *R. leguminosarum* biovar *viciae* T2 (IMB В-7837) депонований у Депозитарії Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України під № IMB В-7837 [12, 13, 16].

Штам характеризується наступними культурально-морфологічними властивостями: культура бактерій не спороносна, грамнегативна, клітини [35] мають форму дрібних паличок, розміром 1,2–2,6 мкм, палички рухливі. Містить гранули β -гидроксибутирату. Бактерії пігмент не продукують. Культура швидкоросла.

Поживні середовища для вирощування і зберігання бульбочкових бактерій, зокрема *R. leguminosarum* biovar *viciae* IMB В-7837:

1. *Гороховий агар I*, г/л: горох – 100,0; цукроза – 20,0 г; агар-агар – 20 г; рН – 6,8–7,0; стерилізація при 120°C (1 атм.) 20 хв. Колонії на гороховому агарі з'являються на третю добу, однотипні, круглі, білуваті, сильно випуклі, 2,0–2,5 мм в діаметрі.

2. *Бобовий агар II*, г/дм³: бобовий відвар – 1 дм³; цукроза – 2,0 г; КН₂РО₄ – 1,0 г; MgSO₄·7Н₂О – 0,3 г; агар-агар – 15–20 г; рН – 7,0; стерилізація при 120°C (1 атм.) 20 хв.

3. *Люпиновий агар*, г/л: К₂НРО₄ – 0,5; КН₂РО₄ – 0,5; MgSO₄·7Н₂О – 0,2; NaCl – 0,2; CaSO₄ – 0,1; (NH₄)₂МоО₄ – сліди; маніт – 20,0; люпинове борошно – 10,0; агар-агар – 20,0; рН – 6,8–7,0.

4. *Манітно-дріжджовий агар* (МДА), г/л: маніт – 10,0; КН₂РО₄ – 0,5; MgSO₄·7Н₂О – 0,2; агар-агар – 16,0; рН – 6,8–7,0; стерилізація при 120°C (1 атм.) 20 хв.

При розсіві штрихом на МДА колонії з'являються на 3–4 добу, мають округлу форму, випуклі, білі, напівпрозорі, однотипні, слизові, 3,0–3,5 мм у діаметрі. При зростанні у рідкому середовищі з перемішуванням культури, досягають значної густини через 2 або 3 доби інкубації.

Фізіолого-біохімічні властивості. Симбіонт. Макросимбіонт – бобова рослина сочевиця *Lens culinaris* Medik.

Відношення до кисню – аероб, але здатний рости за зниженого вмісту кисню. Температурний діапазон росту: 25–35°C. Оптимальна температура

росту: 28°C. При 40°C ріст відсутній. Діапазон рН 5,5–8,5. Оптимальна рН – 7,0.

Як джерела вуглецю штам ІМВ В-7837 може використовувати глюкозу, сахарозу, маніт, ксилозу, мальтозу, рамнозу, сорбіт, лактозу, галактозу, а також ацетати, N-ацетиглюкозоамін, пірувати, підкислює середовище. Клітковину і крохмаль не засвоює. Поряд із засвоєнням азоту з атмосфери може використовувати амонійний та нітратний азот. Відновлює нітрати до нітритів. На МПА не росте. Крохмаль не гідролізує. Не розкладає целюлозу. Желатину не розріджує. Молоко з лакмусом не пептонізує, слабо підлугує.

Оцінку симбіотичних властивостей штаму ІМВ В-7837 – азотфіксувальну активність, ефективність симбіозу проводили в умовах вегетаційних та польових дослідів.

За даними вегетаційного дослідів *R. leguminosarum* biovar *viciae* ІМВ В-7837 вступав в ефективний симбіоз з сочевицею сорту Лінза, активно фіксував атмосферний азот і за азотфіксувальною активністю перевищував штам – еталон виробничий *R. leguminosarum* biovar *viciae* 724 у 2,5 рази. Урожай надземної маси сочевиці зростав при цьому на 67,6% у порівнянні з контролем і на 14,2 – порівняно зі штамом еталонном виробничим 724 (табл. 1.5).

Таблиця 1.5

Надземна маса та азотфіксувальна активність сочевиці сорту Лінза у вегетаційному досліді (2018 р.) [35]

Варіант	Надземна маса рослин, г/посудину	Надбавка до контролю		Надбавка до показників штаму 724		Кількість бульбочок, шт	Маса кореня однієї рослини, г	Азотфіксувальна активність, мкмоль C ₂ H ₄ ·росл ⁻¹ ·год ⁻¹
		г/посудину	%	г/посудину	%			
Контроль (без інокуляції)	6,23	0	0	-2,91	0	0,9	0,53	0,10
<i>R. leguminosarum</i> biovar <i>viciae</i> К-29	9,09	2,86	45,91	-0,05	0	2,4	0,61	0,39
<i>R. leguminosarum</i> biovar <i>viciae</i> 724	9,14	2,91	46,7	0	0	2,7	0,64	0,48
<i>R. leguminosarum</i> biovar <i>viciae</i> Т1	7,11	0,88	14,1	-2,03	0	1,6	0,58	0,44
<i>R. leguminosarum</i> biovar <i>viciae</i> Т2 (ІМВ В-7837)	10,44	4,21	67,6	1,30	14,2	5,5	0,78	1,20
<i>R. leguminosarum</i> biovar <i>viciae</i> Т3	7,43	1,20	19,3	-1,71	0	1,9	0,60	0,52
НІР ₀₁	1,68	1,12				1,2	0,08	0,10

Штам ІМВ В-7837 за ефективністю суттєво перевищував базовий штам 724. Упродовж вегетації сочевиці (фази бутонізації, цвітіння і утворення бобів) запропонований штам ІМВ В-7837 формував більшу кількість

бульбочок (37); виробничий 724 – 31; вміст леггемоглобіну – 2,79 і 5,36 мг/г сирі маси бульбочок відповідно (табл. 1.6).

Надбавка урожаю зерна сочевиці при інокуляції штамом *R. leguminosarum* biovar *viciae* K-29 (табл. 1.6) складала 0,24 т/га, що перевищувало показники контрольного варіанту на 8,4% [16, 35].

Найвища урожайність була відмічена за передпосівної обробки насіння штамом ІМВ В-7837, вищеназваний показник перевищував контроль на 0,36 т/га (25,2%) і виробничий штаму – 0,25 т/га (16,2%). Азотфіксувальна активність штаму ІМВ В-7837 перевищувала виробничий штам у 1,6 рази, а варіант без застосування препаратів – у 6,1 рази. За вмістом леггемоглобіну в бульбочках сочевиці високі показники спостерігали за передпосівної обробки насіння виробничим штамом – на 58% відносно контролю, тоді як за використання штаму *R. leguminosarum* biovar *viciae* ІМВ В-7837 – на 205% відповідно.

Таблиця 1.6

Ефективність штаму *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* ІМВ В-7837 за інокуляції сочевиці сорту Лінза в польових дослідях 2018 р. [35]

Варіант	Урожай зерна, т/га	Надбавка до контролю		Надбавка до показників штаму 724		Кількість бульбочок, шт	Вміст леггемоглобіну, мг/г сирі маси бульбочок	Азотфіксувальна активність, мкмоль $C_2H_4 \cdot \text{роsl}^{-1} \cdot \text{г од}^{-1}$
		т/га	%	т/га	%			1 корінь
Контроль (без інокуляції)	1,43	0	0	-0,11	0	16	1,76	0,82
<i>R. leguminosarum</i> biovar <i>viciae</i> K-29	1,67	0,24	16,8	0,13	8,4	20	2,46	3,11
<i>R. leguminosarum</i> biovar <i>viciae</i> 724	1,54	0,11	7,7	0	0	31	2,79	3,15
<i>R. leguminosarum</i> biovar <i>viciae</i> T1	1,50	0,07	4,9	-0,04	0	15	2,17	2,78
<i>R. leguminosarum</i> biovar <i>viciae</i> T2 (ІМВ В-7837)	1,79	0,36	25,2	0,25	16,2	37	5,36	5,03
<i>R. leguminosarum</i> biovar <i>viciae</i> T3	1,59	0,16	11,2	0,05	3,2	18	2,10	2,66
<i>HIP</i> ₀₅	0,91					4	0,58	0,98

Отже, використання запропонованого штаму *R. leguminosarum* biovar *viciae* ІМВ В-7837 для передпосівної обробки насіння сочевиці забезпечує формування найбільшої кількості азотфіксувальних бульбочок на коренях рослин, сприяє повноцінному живленню автотрофним і симбіотрофним азотом, більш інтенсивно стимулює ріст та розвиток сочевиці, підвищує урожайність і якість зерна порівняно з виробничими та іншими штамми.

Список літератури до розділу 1

1. *Алексєєв О.О., Патица В.П.* Симбіоз *Bradyrhizobium japonicum* М-8 та 6346 з вірусостійким сортом сої Горлиця. XIII з'їзд Товариства мікробіологів України ім. С. М. Виноградського. Ялта. 2013. 147.
2. *Артюшенко Т.А.* Вплив агростимуліну на рівень фізіологічної адаптації гороху до сумісної дії сполук нікелю і кадмію. Регуляція росту і розвитку рослин: фізіолого-біохімічні і генетичні аспекти: матер. II міжнар. наук. конф. (м. Харків 11–13 жовт. 2011 р.). Харків. 2011. 161–162.
3. Біологічні особливості сочевиці. URL: <http://agrosience.com.ua/plant/biologichni-osoblyvosti-sochevytsi>
4. *Иутинская Г.А., Пономаренко С.П., Андреюк Е.И.* и др. Биорегуляция микробно-растительных систем. Под общей ред. Г. А. Иутинской, С. П. Пономаренко. Киев: Ничлава. 2010. 464 с.
5. *Волкогон В.В., Сальник В.П.* Значення регуляторів росту рослин у формуванні активних азотфіксуючих симбіозів та асоціацій. Физиология и биохимия культурных растений. 2005. 37(3). 187–197.
6. *Вознюк С.В., Титова Л.В., Ляска С.І., Іутинська Г.О.* Вплив бактеріального препарату Ековітал у комплексі з сучасними фунгіцидами на ризосферний мікробіоценоз, стійкість до грибних патогенів і продуктивність сої. Мікробіол. журн. 2015. 77(4). 8–14.
7. *Голодрига О.В., Розборська Л.В., Леонтюк І.Б., Заболотний О.І.* Вплив гербіциду Десілет, регулятора росту рослин Біолан і мікробного препарату Ризобофіт на активність ґрунтової мікрофлори та симбіотичного апарату сої. Агробіологія. 2015. 1. 44–48. Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/UJRN/>
8. *Дробітько А.В.* Формування урожаю зерна сої залежно від прийомів вирощування в умовах південно-західного Степу України: автореф. дис. канд. с.-г. наук: 06.01.09; «Рослинництво»: Ін-т земл-ва УААН. Київ. 2002. 20 с.
9. *Журба М.А., Волкогон В.В.* Активність азотфіксації та емісія N₂O в агроценозах гороху за дії добрив та передпосівної бактеризації. Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. ім. В. Гнатюка. Сер. Біол. 2014. 3(60). 75–79.
10. *Івасюк Ю.І., Карпенко В.П., Грицаєнко З.М.* Симбіотичний стан посівів сої за дії біологічно активних речовин. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2015. 2. 13–17.
11. *Карпенко В.П., Притуляк Р.М., Новікова Т.П.* Активність мікробіоти в ризосфері сочевиці за дії біологічних препаратів. Таврійський науковий вісник. Херсон. 2018. Вип. 103. 56–62.
12. *Карпенко В.П., Новікова Т.П., Притуляк Р.М.* Формування симбіотичного апарату сочевиці за дії біологічних препаратів. Вісник УНУС. Умань. 2018. 2. 39–44.
13. *Карпенко В.П., Новікова Т.П.* Перспективи використання біологічних препаратів у посівах сочевиці: Тернопільські біологічні читання – Тернопілі Bioscience – 2018: Матеріали Всеукраїнської наук.-практ. конф., присвяченої 20-річчю заснування Голицького біостаніонару Терноп. нац. пед.

ун-ту. ім. В. Гнатюка (м. Тернопіль, 19–21 квітня 2018 р.). Тернопіль. 2018. 98–100.

14. Карпенко В.П., Новікова Т.П., Притуляк Р.М., Гнатюк М.Г. Вміст пігментів у листках сочевиці за дії біологічних препаратів. Наукові горизонти. Scientific Horizons. Житомир. 2019. 7(80). 41–47.

15. Карпенко В.П., Новікова Т.П., Притуляк Р.М. Чисельність окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів у ризосфері сочевиці за дії біологічних препаратів. Agrology. Дніпро. 2019. 2(3). 146–150.

16. Карпенко В.П., Новікова Т.П. Урожайність сочевиці за дії біологічних препаратів. Матеріали Всеукраїнської наукової інтернет-конференції «Сучасні проблеми біології». Умань. 2020. 19–20.

17. Комок М.С., Волкогон В.В., Дімова С.Б. Фізіологічно активні речовини як засіб підвищення ефективності мікробних препаратів для сої. Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві: матер. VIII наук. конф. Молодих учених (м. Чернігів 25–27 вер. 2012 р.). Чернігів: ЦНП. 2012. 37–41.

18. Конончук О.Б., Пида С.В., Григорюк І.П. Ефективність інокулюючої суміші «Байкал ЕМ-1У» – *Rhizobium phaseoli* на рослинах квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.) сорту Надія. Біоресурси і природокористування. 2012. 4(5-6). 24–31.

19. Конончук О.Б., Пида С.В., Пономаренко С.П. Ростові процеси та бобово-ризобіальний симбіоз сої культурної за передпосівної обробки насіння рістрегуляторами Регоплант і Стімпо. Агробіологія: Зб. наук. праць: Білоцер. нац. аграр. ун-т. 2012. 9(96). 103–107.

20. Конончук О.Б., Пида С.В., Григорюк І.П. Вплив рістрегуляторів Регоплант і Стімпо на симбіотичну систему та продуктивність квасолі. Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. ім. В. Гнатюка. Сер. Біол. 2014. 3(60). 109–114.

21. Коць С.Я., Моргун В.В., Патыка В.Ф. и др. Биологическая фиксация азота: моногр.: в 4-х т. Т. 2: Бобово-ризобіальний симбіоз. Киев: Логос. 2011. 523 с.

22. Кретович В.Л. Биохимия усвоения азота воздуха растениями. М.: Наука. 1994. 164 с.

23. Крутило Д.В. Бульбочкові бактерії – гетеротрофний та симбіотрофний способи життя. Сільськогосподарська мікробіологія: Міжвід. темат. наук. зб. Чернігів. 2008. Вип. 7. 147–160.

24. Курдши І.К. Роль мікроорганізмів у відтворенні родючості ґрунту. Сільськогосподарська мікробіологія. Міжвідомчий науковий збірник. Чернігів. 2009. 7–32.

25. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Рослинництво. 2010. 41–47.

26. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф., Іващук П.В., Корнійчук О.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. За ред. В.В. Лихочвора, В.Ф. Петриченка. 3-є вид. Львів: НВФ «Українські технології». 2010. 1088 с.

27. Лупашку З.А., Бобейко З.Ф., Болокан Г.Н. Оценка токсичности действия гербицидов на *R. japonicum* в чистой культуре. Изв. АН Молд ССР. 1987. 1. 74–75.
28. Магомедов Р.Д., Рябуха С.С., Шелякин В.А. и др. Влияние инокуляции штаммами *Bradirhizobium japonicum* на содержание белка. Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2012. 2(151-152). 175–178.
29. Мишустин Е.Н., Шильникова В.К. Клубеньковые бактерии и инокуляционный процесс. Москва: Наука. 1973. 288 с.
30. Волкогон В.В. Мікробіологія у сучасному аграрному виробництві. Сільськогосподарська мікробіологія: Міжвід. темат. наук. зб. Чернігів. 2005. 1-2. 6–29.
31. Моргун В.В., Коць С.Я. Роль біологічного азоту в азотному живленні рослин. Вісник НАН України. 2018. 1. 62–74.
32. Нагорний В.І., Романько Ю.А. Агротехнічне значення та роль сої в екологізації сільськогосподарського виробництва. Вісник Сумського НАУ. 2009. 11(18). 79–83.
33. Новікова Т.П., Карпенко В.П. Формування симбіотичного апарату сочевиці за дії біологічних препаратів. Матеріали XV Міжнародній наукової конференції «Молодь і поступ біології», присвяченої 135-й річниці від дня народження Якуба Парнаса. Львів. 2019. 122–123.
34. Новікова Т.П. Фотосинтетична продуктивність посівів сочевиці за дії біологічних препаратів. Наукові горизонти. Scientific Horizons. Житомир. 2019. 10(83). 28–34.
35. Новікова Т.П., Карпенко В.П., Коць С.Я., Воробей Н.А., Калініченко А.В., Петриченко В.Ф., Гнатюк Т.Т., Житкевич Н.В., Патица В.П. Патент на корисну модель №142382 «Штам *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* ІМВ В-7837 як основа бактеріального добрива для підвищення урожаю та якості зерна сочевиці». Заявл. 25.02.2019. Опубл. 10.06.2020. Бюл. № 11. 3 с.
36. Патица В.П., Коць С.Я., Волкогон В.В. Біологічний азот. Київ: Світ. 2003. 424 с.
37. Патыка В.Ф. Биологический азот и новая стратегия производства продукции растениеводства в Украине. Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. ім. В. Гнатюка. Сер. Біол. 10. 2014. 3(60). 10–15.
38. Патица В.П., Гнатюк Т.Т., Булеца Н.М., Кириленко Л.В. Біологічний азот у системі землеробства. Землеробство. 2015. 2. 12–20.
39. Патица В.П., Кириленко Л.В., Алексеев О.О. Вплив біопрепаратів, фітопатогенних мікроорганізмів на мікробіом ґрунту ризосфери і ефективність функціонування симбіотичної системи бульбочкові бактерії – соя, козлятник. Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. ім. В. Гнатюка. Сер. Біол. 2017. 1. 123–132. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/NZTNP_2017_1_21
40. Пуда С.В. Еколого-трофічні взаємодії вищих рослин і мікроорганізмів. Аграрна наука і освіта. 2007. 8(2). 11–18.

41. Пида С.В., Тригуба О.В. Функціонування симбіотичної системи люпин – *Bradyrhizobium sp. (Lupinus)* за сумісного застосування ризобіофіту та регуляторів росту рослин: монографія. Тернопіль: ТНПУ ім. В. Гнатюка. 2019. 172 с.
42. Андреюк Е.И., Антипчук А.Ф., Бабаянц О.В., Белявская Л.А., Бровко И.С., Валагурова Е.В., Галкин А.П., Галкина Л.А., Гладун А.А., Грицаенко З.М., Драговоз И.В., Икин Д., Иутинская Г.А., Козырицкая В.Е., Крючкова Л.А., Леонова Н.О., Моисеева Т.В., Мусатенко Л.И., Петрук Т.В., Пиндрус А.А., Пономаренко С.П., Терек О.И., Титова Л.В., Цыганкова В.А., Ху Вень Ксю, Яворская В.К., Ямборко Н.А. Биорегуляция микробно-растительных систем; под ред. Г.А. Иутинской, С.П. Пономаренко. Киев: Ничлава. 2010. 472 с.
43. Поташова Л.М. Екологічно безпечна технологія вирощування квасолі на чорноземах Східного Лісостепу України: Автореф. дис... канд. с.-г. наук: 06.01.09. Ін-т земл-ва УААН. Київ. 2000. 16 с.
44. Проворов Н.А. Эволюция генетических систем симбиоза у клубеньковых. Генетика. 1996. 32(8). 1029–1040.
45. Кулініч О., Момгуля Т. Сочевиця: розумна альтернатива. Пропозиція. 2008. <https://propozitsiya.com/ua/sochevicya-rozumna-alternativa>
46. Анішин Л.А., Пономаренко С.П., Грицаєнко З.М. Регулятори росту рослин. Рекомендації по застосуванню. Київ: МНТЦ «Агробіотех». 2011. 54 с.
47. Тихонович И. А., Проворов Н. А. Пути использования адаптивного потенциала систем «растение – микроорганизм» для конструирования высокопродуктивных агрофитоценозов. С.-х. биология. 1993. 5. 36–46.
48. Тихонович И.А. Специфичность взаимодействия бактерий и растений как пример образования интегрированных генетических систем. Проблемы экспериментальной ботаники. V Купревичские чтения. Минск: Тэхналогія. 2006. 5–49.
49. Туріна О.Л., Дідович С.В., Кулініч Р.О. Високопродуктивні рослинно-мікробні системи в агроценозах бобових культур Криму. Вісник аграрної науки Причорномор'я. Миколаїв. 2014. 4(81). 151–155.
50. Цыганкова В.А., Андрусевич Я.В., Бабаянц О.В., Пономаренко С.П., Медков А.І., Галкін А.П. Повышение регуляторами роста иммунитета растений к патогенным грибам, вредителям и нематодам. Физиология и биохимия культурных растений. 2013. 45(2). 138–147.
51. Шерстобоева О.В., Чайковська В.В., Чабанюк Я.В. Комплексні мікробні препарати для інтегрованих систем землеробства. Мікробіологія і біотехнологія. 2007. 1. 75–81.
52. Boursier P.J., Raguse C.A., Taggard K.L. Growth and nitrogen-fixing responses of subterranean clover to application and subsequent removal of ammonium nitrate. Crop. Sci. 1989. 29 (3). 758–763.
53. Brockwell J., Gault R.R., Morthorpe L.J., Peoples M.B., Turner G.L., Bergersen F.J. Effect of soil nitrogen status and rate of inoculation on the establishment of populations of *Bradyrhizobium japonicum* and on the nodulation of soybeans. Austral. J. Agr. Res. 1989. 40(4): 753–762.

54. Gibson A. H., Harper J. E. Nitrate effect on nodulation of soybean by *Bradyrhizobium japonicum*. *Crop. Sci.* 1985. 25(3). 497–502.
55. Stefano G. Toward a sustainable agriculture. ESNA Meeting 2012 and the Recent Advances in Plant Biotechnology Workshop. Stara Lesna, Slovak Republic, 24-28 th September. 2012. 17.
56. Jimenes J. An altruistic model of *Rhizobium-legume* association. *J. Hered.* 1989. 80. 335–337.
57. Nelson L.M. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): Prospects for new inoculants. 2004. Online. *Crop Management* doi:10.1094/CM-2004-0301-05-RV.
58. Pathak D. V., Kumar M. Microbial inoculants as biofertilizers and biopesticides. In *Microbial Inoculants in Sustainable Agricultural Productivity: Research Perspectives*. Springer, New Delhi. 2016. 197–209.
59. Rhijn P., Vanderleyden J. The *Rhizobium* – plant symbiosis. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 1995. 59(1). 124–142.
60. *Rhizobiaceae*: молекулярная биология бактерий взаимодействующих с растениями; под ред. Г. Спайнка, А. Кондороши, П. Хукаса; пер. с англ. И. А. Тихоновича и Н. А. Проворова. Санкт-Петербург. 2002. 568 с.
61. Symochko L., Gafiak O., Patyka V. Effect of climate Change on soil microbiome and its activity. *Microbes without Frontiers*. Palace of Academies Brussels. 2019. 93.
62. Singh D.B., Singh H.B., Prabha R. *Microbial Inoculants in Sustainable Agricultural Productivity*. Delhi: Springer. 2016. 10.1007/978-81-322-2647-5.
63. Timmusk S., Behers L., Muthoni J., Muraya A., Aronsson A.-Ch. Perspectives and challenges of microbial application for crop improvement. *Front. Plant. Sci.* 2017. 8. 49. 10.3389/fpls.2017.00049
64. Tryhuba O V., Pyda S V. Nitrogen fixation and photosynthesis in the case of different production technologies. *Microbiological aspects of optimization of the production process of cultured crops: proceedings of the International Scientific and Practical Internet Conference*. Chernihiv–Nizhyn: Publisher PE Lysenko N. M. 2015. 60–61. *Lupinus albus* L.
65. Umesha, S., Singh, P.K., Singh, R.P. Microbial biotechnology and sustainable agriculture. In *Biotechnology for Sustainable Agriculture*, Chap 6. eds Singh R. L., Monda S., editors. Sawston: Woodhead Publishing. 2018. 185–205. 10.1016/B978-0-12-812160-3.00006-4
66. Vassilev, N., Vassileva, M., Lopez A., Martos V., Reyes A., Maksimovic I., Eichler-Löbermann B., Malusà E. Unexploited potential of some biotechnological techniques for biofertilizer production and formulation. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2015. 99(12). 4983–96. doi: 10.1007/s00253-015-6656-4

РОЗДІЛ 2 БАКТЕРІАЛЬНІ ХВОРОБИ СОЧЕВИЦІ

Вивчення і визначення ураження рослин, у тому числі сочевиці, фітопатогенними бактеріями проходить значно складніше, ніж іншими паразитами (грибами, вірусами, комахами). На різних фазах росту рослини, різних циклах розвитку бактеріальної популяції, при зміні погодних умов симптоми бактеріального ураження можуть бути схожі між собою, із ураженням грибними захворюваннями, а також нагадувати стан, викликаний рядом абіотичних факторів [10]. Недостатність якого-небудь елемента живлення, опік гербіцидами або інші порушення агротехнічних умов вирощування сочевиці можуть теж зумовлювати появу симптомів, зовні схожих на бактеріальні ураження: некрози, хлорози, опіки, плямистості [7, 13] (Додаток 2.1 і 2.2). Крім цього, важливо приділяти увагу сегетальній рослинності у посівах, яка може слугувати інокулюмом фітопатогенів та інфікувати сільськогосподарські культури [8].

Найбільш розповсюджені і шкодочинні збудники бактеріозів бобових культур належать до родів *Pseudomonas* та *Xanthomonas*, що спричинюють патологічні процеси, які на певних стадіях розвитку характеризуються подібними симптомами [8–11]. Кожному типу бактеріозу, зі всього кола збудників, притаманні свої нюанси при ураженні сходів бобових культур, але поява світло- чи темно-коричневих плям з наступним змінням форм і розмірів спостерігається майже завжди [6, 12, 17, 18]. Зокрема, на початковій стадії розвитку, збудник бактеріального опіку бобових *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci* за симптомами відрізняється від інших патогенів тільки тим, що хвороба з'являється спочатку на нижніх листках рослини [3].

У період, коли на рослинах сочевиці починають розвиватися грибні хвороби, визначення бактеріальних хвороб утруднюється завдяки подібності прояву симптомів на певних ступенях розвитку грибних та бактеріальних патогенів. Так, наприклад, при дифузному ураженні рослин несправжньою борошнистою росою (*Peronospora manshurica* S.) на листках та сім'ядолях спочатку з'являються хлорозні ділянки [1, 2]. Такі ж самі жовті хлорозні ділянки чи облямівки можна виявити на листках сої при початковому розвитку більшості бактеріальних інфекцій, з тією тільки різницею, що при бактеріальному ураженні завжди посеред хлорозної ділянки чітко видно різного розміру некротичні плями. Але при змішаній бактеріально-грибній інфекції симптоми накладаються. Так, наприклад, на початковій стадії захворювання рослин на антракноз (*Colletotrichum lindemuthianum*) ураження на стеблах, черешках і листках проявляється у вигляді бурих або чорних плям, які, у випадку відсутності ознак спороношення, нагадують бактеріальні ураження. Те ж стосується і низки інших широко розповсюджених грибних хвороб бобових культур.

Таким чином, якщо ураження грибною інфекцією знаходиться на тій стадії розвитку, коли спороношення ще візуально не видиме, воно схоже з бактеріальним. При цьому інфекція маскується накладанням грибного

ураження на бактеріальне, і, тільки лабораторна ізоляція збудника і визначення його *in vitro* може встановити остаточну таксономічну приналежність патогена [2, 5, 11].

Ідентифікація збудників хвороб рослин розпочинається зі систематизації симптомів та визначення закономірностей їх розвитку [6, 19]. Інкубаційний період кожного захворювання залежить від агресивності штамів бактерій, стійкості сортів, кліматичних та погодних умов.

На сочевиці розрізняють бактеріальні хвороби, зокрема, кореневу гниль та в'янення сочевиці, бактеріальну плямистість сочевиці, чорну ніжку, бактеріальну гниль бобів, бактеріальний опік, смугасту плямистість. Ці хвороби спричинюють фітопатогени: *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*, *Pseudomonas radiciperda*, *Xanthomonas heterocea*, *Pectobacterium carotovorum* subsp. *atroseptica*, *Pseudomonas fabae*, *Pseudomonas syringae* pv. *pisi*, *Pantoea agglomerans*.

2.1. Облямівчаста плямистість

Збудник хвороби: *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* van Hall 1902.

Фітопатоген являє собою грамнегативні паличкоподібні бактерії з одним джгутиком. *P. syringae* спричинює хвороби у великої кількості рослин. Він призводить до обмороження, пошкодження плодів, утворення плямистостей на вегетуючих рослинах. Існує більше 50 патоварів *P. syringae*, здатних уражувати різні види рослин. Багато з них раніше розглядалися як самостійні види роду *Pseudomonas*. З використанням молекулярно-біологічних методів була доведена їх приналежність до виду *P. syringae* [4, 14, 15]. При зростанні в культурі на агарі з сахарозою *P. syringae* утворює полімер леван. Бактерія секретує сідерофор піовердін [16] і фітотоксин сірінгоміцин [20].

Бактеріоз характеризується появою на листках невеликих плям, палевих або сіруватих у центрі, з темно-червоною або бордовою облямівкою. З часом, ці плями стають більш опуклими і припіднятими, розміром 3–4 мм. Збудник уражує, головним чином, молоді листки і найбільш поширений до цвітіння і початку утворення бобів. На бобах при ураженні *P. syringae* pv. *syringae* з'являються коричневі плями з водянистими ореолами (Додаток 2.3 і 2.4).

2.2. Чорна ніжка

Збудник хвороби: *Pectobacterium carotovorum* subsp. *atroseptica* (van Hall 1902) Young J. M. et al., 1996.

Для розповсюдження збудника потрібні тепло та висока вологість. В таких умовах збудник дуже швидко розмножується і передається від однієї рослини до другої. Може деякий час зберігатися у ґрунті, а у рослину потрапляє внаслідок механічних ушкоджень.

P. carotovorum subsp. *atroseptica* – бактерія-поліфаг, яка спричинює хворобу під назвою чорна ніжка у багатьох рослин, в тому числі – бобів. Захворювання з'являється на початку літа, розвивається в залежності від погодних умов, може знищити весь врожай.

Головні симптоми хвороби – загнивання кореневої шийки, її пом'якшення і почорніння (Додаток 2.5). В уражених рослин слабо розвинута коренева система. Рослини низькорослі, мають пригнічений вигляд, можуть мати виразки. На листках інколи спостерігають жовті плями (хлороз), характерне скручування. За деякими джерелами [2, 6] разом із *Pectobacterium carotovorum* subsp. *atroseptica* чорну ніжку можуть спричинювати інші мікроорганізми.

2.3. Бактеріальний опік

Збудник хвороби: *Pseudomonas syringae* pv. *pisi* (Sackett 1916) Young, Dye & Wilkie 1978.

Бактеріальний опік проявляється на листках, стеблах і бобах у вигляді значних за розміром (0,2–2,5 см) червоно-коричневих плям різної конфігурації, які по периферії мають маслянисту облямівку (Додаток 2.6). Згодом, плями буріють, на них часто з'являється ексудат, а навколо плям – тоненькі плівки. Частіше уражуються молоді соковиті органи рослин. Хвороба, як правило, розпочинається на нижніх листках і поступово поширюється на верхні. Уражені рослини в'януть і відмирають. В насіння бактерії проникають по судинах плодоніжки і розташовуються на внутрішньому боці оболонки і поверхні насіння. Збудник хвороби – рухливі грамнегативні поліморфні палички, розміром 0,4–0,6×1,6–1,8 мкм, із заокругленими кінцями й одним полярним джгутиком, одиничні або групами, утворюють ланцюжки, аероби.

2.4. Бактеріальна плямистість

Збудник хвороби: *Xanthomonas heterocea* (Vsorov 1930) Savulescu 1947.

При цьому захворюванні на листках утворюються плями неправильної форми, з концентричними колами, без хлорозної облямівки. *X. heterocea* – поліфаг, який уражує багато сільськогосподарських культур, в тому числі й сочевицю. Зараз цей збудник відсутній у схвалених систематичних списках, але питання про його наявність залишається дискусійним.

Вперше збудник описав В. Взор (Росія), як причину коричневої плямистості тютюну [1, 2]. *X. heterocea* дуже близький до епіфітних мікроорганізмів, часто зустрічається на поверхні насіння і зелених рослин та є поліфагом, уражує багато видів: горох, кунжут, кукурудзу, сою, квасолю, сочевицю, тютюн, махорку, соняшник, смородину, топінамбур, пшеницю та багато інших. На усіх цих рослинах спричинює різні плямистості, які відрізняються за формою та кольором. Питання про перенесення цього виду до *Erwinia herbicola* (зараз *Pantoea agglomerans*) залишилось відкритим.

Симптоми. Хвороба проявляється зазвичай на листках. Характерною ознакою її є специфічний колір плям, за яким вона відрізняється від інших бактеріозів сочевиці. На молодих справжніх листочках утворюються дрібні, маслянисті, мокнучі плями, які просвічуються рожевим відтінком. На 4–5-й день вони збільшуються, стають слабо кутасті, інколи овальної форми. Навколо плям часто з'являється хлорозний ореол, плями починають буріти і

поступово стають чорними, немов лакованими. При сильній інфекції плями можуть нагадувати бризки смоли.

X. heterocea спричинює побуріння стебла, черешків та бобів сочевиці (Додаток 2.7). На насінні симптоми захворювання за розміром і формою нагадують те, що спричинене *X. axonopodis* рв. *phaseoli*, але відрізняється від нього темно-бурим забарвленням, із утворенням чорних смуг на зерні [2, 9].

2.5. Коренева гниль та в'янення

Збудник хвороби: *Pseudomonas radiciperda* (Javoronkova 1932) Savulescu 1947.

Вперше бактеріози сочевиці вивчала І. Жаворонкова. При вивченні захворювання конюшини вона виявила бактерії, здатні уражувати сочевицю та інші культури [1, 2]. Збудник потрапляє по серцевинних променях у судинні пучки, які, як і клітини камбію, заповнюються бактеріями. Захворювання і збудники вивчені дуже слабо, тому патоген не представлений у визначниках бактерій.

Симптоми. При цьому захворюванні на поверхневій частині кореня сочевиці, який стикається зі стеблом, з'являються подовжені темні плями, внаслідок чого останнє загниває, а рослина жовтіє і в'яне (Додаток 2.8).

Збудник виживає у ґрунті і передається через пошкодження, які спричиняються морозом та комахами. Головним джерелом інфекції вважають насіння та рослинні рештки [2].

2.6. Бактеріальна гниль

Збудник хвороби: *Pseudomonas fabae* (Yu 1936) Burkholder 1948.

Хвороба вперше виявлена в Китаї. Збудник уражує рослини тільки на низьких вологих полях у другій половині літа, за наявності механічних ушкоджень.

Симптоми. Найбільш характерною ознакою хвороби є почорніння стебла або всієї рослини, їх часткове або повне відмирання (Додаток 2.9). Плями на листках розпливчасті, сірі, неправильної форми, часто витягнуті вздовж листової пластинки, інколи обмежені вузькою коричневою облямівкою. *P. fabae* – раневий паразит. Спочатку бактерія потрапляє у міжклітинний простір і викликає мацерацію тканини. Далі бактерії досягають клітин і руйнують їх вміст.

До *P. fabae* чутливі – сочевиця, жовтий люпин, нут, еспарцет, горох, соя. За штучної інокуляції уражує – овес, сою, люпин, квасоллю, горох, конюшину [2].

2.7. Смугаста плямистість

Збудник хвороби: *Pantoea agglomerans* (Beijerinck 1888) Gavini et al. 1989.

Симптоми. Смугаста плямистість характеризується появою на листках дуже дрібних, 1–2 мм у діаметрі, світло-коричневих водянистих плям, які в центрі забарвлені темніше, а по периферії утворюють маслянисту облямівку.

На стеблах, черешках дрібні плями, смуги, штрихи червоно-коричневого, пурпурового або палевого кольору, які зливаючись, утворюють темно-коричневі поздовжні смуги.

Збудником хвороби є бактерії *Pantoea agglomerans*, які являють собою рухомі грамнегативні поліморфні палички, розміром 0,6–0,85×0,75–1,5 мкм, із заокругленими кінцями і перитрихіально розташованими джгутиками, спор і капсул не утворюють, переважно поодинокі, факультативний анаероб.

2.8. Методи захисту бобових культур від збудників бактеріозів

Для контролю хвороб бобових культур використовують різні методи. Серед них найбільш поширені: агротехнічні, біологічні, фізичні, хімічні та інші. Хімічний метод захисту рослин за своєю ефективністю та поширенням займає перше місце в світі. При цьому одним з основних прийомів захисту рослин є знезаражування насіння, яке полягає в обробці його пестицидами з метою знищення (бактерицидна дія) або пригнічення (бактеріостатична дія) зовнішньої і внутрішньої інфекції. Використання цього заходу дозволяє практично виключити наземні хімічні обробки, адже фітопатогенні бактерії передаються переважно з насінням. Однак, фітопатогенні бактерії, які уражують бобові культури, переважно нечутливі і проявляють резистентність до широкоживаних в сільському господарстві пестицидів хімічного походження. Для збудників бактеріозів бобових культур було визначено, що антибактеріальну активність стосовно штамів ряду збудників бактеріозу бобових проявляють препарати, до складу яких входить манкоцеб та манкоцеб у комбінації з металаксиллом [20]. Препарати, які містять цю діючу речовину припиняють ріст досліджених бактерій у рекомендованій виробником дозі.

На даний час найбільш перспективними вважаються різноманітні методи біоконтролю, а серед них – використання біопрепаратів. Біологічний контроль хвороб сочевиці має ще досить обмежене застосування через труднощі в одержанні достатньої кількості препарату та відсутності надійного засобу збереження пролонгованості їх дії. Але інтерес до цього методу не зменшується. Його включено в інтегровану систему захисту через свій високий біологічний та екологічний потенціал, що дозволяє обмежити застосування хімічних засобів захисту. Одним із ефективних біологічних методів захисту рослин від фітопатогенів є використання мікроорганізмів, які мають властивість пригнічувати ріст і розмноження збудників хвороб – так звані штами-антагоністи. Важливим пріоритетом використання бактерій-антагоністів є їх властивість існувати довгий час безпосередньо в центрі зараження – філосфері і ризосфері рослин і синтезувати при цьому високоактивні антимікробні речовини, які пригнічують ріст і розвиток патогенів. Завдяки цілеспрямованому скринінгу серед бактеріальних культур, що виділені з філосфери рослин і навколишнього середовища, відібрано культури, які виявляють високу антагоністичну активність до різних груп фітопатогенних бактерій. Так, з епіфітної мікробіоти сої ізольовано штам-антагоніст *Bacillus* sp. (Фітант-1), який проявляє антагоністичну дію до всіх тест-культур представників найбільш поширених і шкодочинних п'яти родів фітопатогенів (*Pseudomonas*, *Pectobacterium*, *Xanthomonas*, *Clavibacter*,

Agrobacterium) на рівні середньої і вище середньої активності. Він також проявляє перманентну антагоністичну дію щодо представників усіх видів з кола збудників бактеріозів сої та перцю.

Серед представників іншого виду роду *Bacillus* – *Bacillus polymyxa* визначено 6 культур з колекційних та новоізолюваних штамів, які виявляють вибірково антагоністичну дію до фітопатогенних бактерій, найбільш високу до представників бактерій роду *Xanthomonas*. Відібрано 2 штами *Bacillus polymyxa*, які проявляють високий ступінь антагонізму до збудника кутастої плямистості сої та квасолі – *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*, *X. axonopodis* pv. *phaseoli*, дрібної коричневої плямистості сої та квасолі – *X. fuscans* subsp. *fuscans*, бактеріальної плямистості сочевиці – *X. heterocea*.

При поглибленому вивченні антагоністичної дії відібраних штамів бактерій роду *Bacillus* виявлено штамову гетерогенність по відношенню до фітопатогенів, що свідчить про необхідність створення банку штамів-антагоністів, які, при виникненні несприятливих умов, будуть замінені.

Отже, проведені дослідження дозволили створити банк перспективних взаємозамінних штамів-антагоністів, які можуть бути основою для створення біологічних препаратів для захисту рослин від фітопатогенних бактерій.

Список літератури до розділу 2

1. Бельтюкова К.И., Королева И.Б., Мурас В.А. Бактериальные болезни зернобобовых культур. Киев: Наук. думка. 1974. 340 с.
2. Гвоздяк Р.І., Пасічник Л.А., Яковлева Л.М., Мороз С.М., Литвинчук О.О., Житкевич Н.В., Ходос С.Ф., Буценко Л.М., Данкевич Л.А., Гриник І.В., Патики В.П. Фітопатогенні бактерії. Бактеріальні хвороби рослин: [монографія: в 3–х т.]. Т.1. Київ: ТОВ «НВП «Інтерсервіс». 2011. 444 с.
3. Гнатюк Т.Т., Житкевич Н.В., Грицай Р.В., Патики В.Ф. *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* – збудитель бактеріального захворювання сои. Мікробіол. журн. 2013. 75(6). 22–27.
4. Данкевич Л.А., Патики В.П. Генетичне профілювання фітопатогенних бактерій роду *Pseudomonas* – збудників мокрої водянистої гниття люпину. Мікробіол. журн. 2018. 80(3). 53–65.
5. Діагностика фітопатогенних бактерій. Методичні рекомендації. За редакцією академіка НААН В.П. Патики. Київ. 2014. 76 с.
6. Експрес діагностика фітопатогенних бактерій і фітоплазм в агроecosистемах. Методичні рекомендації. В.П. Патики, Л.А. Пасічник, Л.М. Буценко, В.Ф. Петриченко, С.Р. Зубачов, Л.А. Данкевич, Н.В. Житкевич, Г.Б. Гуляєва, І.П. Токовенко, А.В. Калініченко, Даріуш Сушанович, П. Кураш, М.В. Патики, В.П. Карпенко, В.В. Круть, Л.В. Кириленко, К.С. Коробкова, О.А. Демченко, Т.Т. Гнатюк, С.М. Мороз. За ред. В.П. Патики. Вінниця: «Віндрук». 2019. 86 с.
7. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф., Іващук П.В., Корнійчук О.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур; за ред. В.В.Лихочвора, В.Ф.Петриченка. 3-є вид. Львів: НВФ «Українські технології». 2010. 1088 с.

8. Пасичник Л.А., Савенко Е.А., Буценко Л.Н., Щербина Т.Н., Патыка В.Ф. *Pseudomonas syringae* – возбудитель бактериальных болезней сорняков. Микробиол. журн. 2013. 75(4). 41–46.
9. Патица В.П., Гвоздяк Р.І., Данкевич Л.А., Житкевич Н.В. Діагностика бактерій роду *Pseudomonas* – збудників бактеріальних хвороб бобових рослин. Методичні рекомендації. Київ: Гарнітура Таймс. 2007. 26 с.
10. Патица В.П., Пасичник Л.А. Фітопатогенні бактерії: фундаментальні і прикладні аспекти. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2014. (2). 7–11.
11. Патица В.П., Пасичник Л.А., Гвоздяк Р.І., Петриченко В.Ф., Корнійчук О.В., Калініченко Л.М., Буценко Л.М., Житкевич Н.В., Данкевич Л.А., Литвинчук О.О., Кириленко Л.В., Мороз С.М., Гуляєва Г.Б., Гнатюк Т.Т., Хархота М.А., Томашук О.В. За ред. Патики В.П. Фітопатогенні бактерії. Методи досліджень. Монографія. Т. 2. Вінниця: ТОВ Віндрук. 2017. 432 с.
12. Петриченко В.Ф., Корнійчук О.В., Пасичник Л.А., Буценко Л.М., Житкевич Н.В., Гнатюк Т.Т., Патица В.П. Бактеріальні хвороби сільськогосподарських рослин і пестициди. Вісник аграрної науки. 2013. 4(13). 21–26.
13. Січкач В.П. Вирощування сочевиці в Україні: повернення додому [Електронний ресурс]. Пропозиція. 2017. Режим доступу до ресурсу: <http://propozitsiya.com/ua/vyroshchuvannya-sochevyci-v-ukrayini-povernennya-dodomu>.
14. Boore D.R., Castenholz R.W. Bergey's manual of systematic bacteriology. editors,; Garrity G.M., editor-in-chief. 2nd ed. New York, Berlin, Heidelberg: Springer. Part B. 2005. 1(2). 1106 p.
15. Bradbury J.F. Guide to Plant Pathogenic Bacteria Bacteriologist. England: CAB International Mycological Institute, 1986. 334 p.
16. Cody Y.S. and Gross D.C. Characterization of Pyoverdinin (pss), the Fluorescent Siderophore Produced by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. Applied Environmental Microbiology. 1987. 53(5). 928–934. PMID 16347352.
17. Patyka V.P., Pasichnyk L.A. Phytopathogenic Bacteria in the System of Modern Agriculture. Микробиол. журн. 2014. 76(1). 21–26.
18. Patyka V.P. Phytopathogenic Bacteria in Contemporary Agriculture. Microbiol. Z. 2016. 78(6). 71–83.
19. Patyka V.P., Pasichnyk L.A., Butsenko L.M., Petrichenko V.F., Zubachev S.R., Dankevich L.A., Gnatyuk T.T., Gulyaeva H.B., Tokovenko I.P., Kalinichenko A.V., Sushanovich D., Kurash P., Patyka T.I., Karpenko V.P., Kirilenko L.V., Demchenko A.A. Express diagnostics of phytopathogenic bacteria and phytoplasmas in agrophytocenosis. Guidelines. Publisher Wydawnictwo I Drukarnia Świętego Krzyża. Opole. Poland. 2019. 78 p.
20. Scholz-Schroeder B.K., Soule J.D., and Gross D.C. The *sypA*, *sypS*, and *sypC* synthetase genes encode twenty-two modules involved in the nonribosomal peptide synthesis of syringopeptin by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* B301D. Molecular Plant-Microbe Interactions. 2003. 16. 271–280. PMID 12744455.

РОЗДІЛ 3 ГРИБНІ ХВОРОБИ СОЧЕВИЦІ

Грибні хвороби сочевиці переважають серед чинників фітопатогенної природи, які найчастіше обмежують її продуктивність. Основними грибними патогенами, котрі можуть викликати значні втрати урожаю в більшості регіонів світу (табл. 3.1), де вирощують сочевицю, є *Ascochyta lentis* (аскохітозна гниль) й *Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis* (фузаріозне в'янення (*Fusarium* Wilt)). Грибні хвороби, такі як *Botrytis* сіра пліснява (*Botrytis fabae*, *B. cinerea*), іржа (*Uromyces viciae-fabae*), стемфіліумна гниль (*Stemphylium botryosum*), антракноз (*Colletotrichum truncatum*) й борошниста роса (*Erysiphe communis*, *Erysiphe pisi*) також є загрозою для посівів сочевиці в деякі вегетаційні періоди в окремих країнах, коли умови навколишнього середовища сприяють зараженню [8].

Насіннєві гнилі, фузаріоз, випрівання, чорна ніжка, коренева гниль спричиняються фітопатогенними грибами, які знаходяться в ґрунті і можуть пошкоджувати проростки сочевиці. Зокрема це такі види грибів: *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Fusarium*, *Botrytis*. Дані види патогенів наявні в ґрунтах майже по всій території України і можуть інфікувати і знищувати рослини протягом всього вегетаційного періоду – від проростання до цвітіння. Серед візуальних симптомів виділяють: погані сходи, загнивання коренів, карликовість, пожовтіння, відмирання стебел. За нормальних умов дані хвороби проявляються на окремих рослинах у полі й нечасто зумовлюють економічно відчутні втрати. Викликати суттєве зменшення урожаю вони можуть за стресових умов, таких як посуха, пошкодження рослин гербіцидами та ін.

Аскохітоз і антракноз – це дві найбільш серйозні хвороби сочевиці, друге місце за шкодочинністю займають: сіра гниль (*Botrytis*), біла гниль (*Sclerotinia*) і стемфіліумна гниль (*Stemphylium*). Ці захворювання стають найбільш проблематичними від цвітіння до дозрівання. Гнилі, такі як *Botrytis* і *Sclerotinia* широко поширені, але не є економічно важливими, за винятком випадків, коли вилягання відбувається за вологих умов. Варто відмітити, що сорти сочевиці, що класифікуються як «стійкі», не є повністю несприйнятливими до грибних хвороб. Якщо умови сприяють розвитку і поширенню хвороби, урожай може зазнати значної шкоди. Отже, за таких умов для контролю хвороби можуть знадобитись фунгіциди [1].

3.1. Коренева гниль

Збудники: *Fusarium avenaceum*, *F. avenaceum*, *F. solani*, *F. redolens*, *F. oxysporum*, *F. graminearum*, *F. equiseti*, *F. culmorum*, *F. poae*, *Rhizoctonia solani*, *Aphanomyces euteiches*, *Pythium ultimum*, *P. irregulare*, *P. aphanidermatum* та інші види *Pythium*.

Ці збудники також здатні уражувати злаки та інші ротаційні культури. Зокрема *Aphanomyces* може уражувати горох, сочевицю, люцерну, квасолю, і, можливо, деякі з видів бур'янів родини бобових.

Поширення. Коренева гниль поширюється в усіх регіонах вирощування сочевиці.

Симптоми. Візуальні симптоми: погані сходи, загнивання коренів, карликовість, пожовтіння, відмирання стебел. Спочатку хвороба уражує насіння та кореневу систему, потім поширюється на надземну частину рослин і спричиняє в'янення. Уражені рослини жовтіють, відстають у рості, нижні листки опадають. Коренева система буріє, загниває – рослина гине. Варто відмітити, що візуальні наземні симптоми не завжди є гарними індикаторами важкості кореневої гнилі. При наявності симптомів кореневої гнилі, частіше за все збудники, пов'язані з цією хворобою, з'являються у комплексі, ускладнюючи ідентифікацію первинного причинного збудника. Окрім того, коли рослини сильно пошкоджені або відмерлі, важко ідентифікувати збудників кореневої гнилі, через наявність інших організмів, що живляться ураженою тканиною (Додаток 3.1).

Гнилі, спричинені *Fusarium* sp., широко розповсюджені й мають значний діапазон господарів, виживають на стерні і передаються від культури до культури. Рослини на ювенільній стадії (проростки) є найбільш уразливими до цієї хвороби. Класичні симптоми кореневої гнилі, спричиненої *Aphanomyces* (грунтовий ооміцет, що передається через довгоіснуючі спори – ооспори) включають медово-коричневе (карамельне) знебарвлення бічних корінців, почорніння епикотилу й руйнування кори, в той час як класичними симптомами корневих гнилей *Fusarium* є почорніння основи кореня, почервоніння судинного пучка і почорніння бічних корінців. Однак у комплексі корневих гнилей обох патогенних мікроорганізмів буває важко розрізнити і прояв наземних симптомів може сильно відрізнитися. Окрім того, надземні симптоми не завжди є хорошим індикатором важкості ураження рослин кореневою гниллю. Відомо, що *Aphanomyces* зазвичай зустрічається як комплекс з багатьма різними видами *Fusarium*. Дослідники виявили, що існує взаємозв'язок між рівнем захворювання і присутністю обох патогенів – *Aphanomyces* і *Fusarium*. У Північній Америці від 80 до 90 відсотків полів гороху і сочевиці дали позитивний результат на *Fusarium*, включаючи *F. avenaceum* і *F. solani* – два найбільш вірулентних представники виду *Fusarium* для гороху і сочевиці [3]. Сочевиця може інфікуватися *Aphanomyces* у будь-який час вегетаційного періоду, здатна довго зберігатися у ґрунті спорами (до 20 років) та виживати як сапротроф на відмерлих рослинних рештках. *Aphanomyces* і *Pythium* – організми, що належать до класу ооміцетів, які особливо пристосовані до вологих заболочених ґрунтів. Посів на полі з вологими й важкими, ущільненими ґрунтами також є факторами ризику розвитку корневих гнилей.

Симптоми корневих гнилей спричинених різними збудниками [6].

Pythium: погана схожість, гнилі насінини зі світло-коричневим знебарвленням кореня, низькорослі рослини з жовтими або фіолетовими листками, що розвиваються знизу;

Fusarium: погана схожість, в'янення, затримка росту і передчасна загибель;

Rhizoctonia: погана схожість, ураження від червонувато-коричневого до темно-коричневого на коренях і основі стебла, вторинні корені відсутні, рослини відстають у рості, листя жовтіє;

Aphanomyces: коренева гниль може поширюватися трохи вище лінії ґрунту; пожовтіння листків прогресує від нижнього ярусу догори; затримка росту на початку сезону і передчасна загибель рослин.

Сприятливі для розвитку умови. Захворюванню сприяють високі температури і помірна вологість ґрунту, а також стресові умови. Також кореневі гнилі часто виникають у районах із затопленням або заболоченням. Джерелом інфекції є: насіння, ґрунт, рослинні рештки.

Шкодочинність. Найбільшої шкоди хвороба завдає в період сходів, спричинюючи пригнічення росту та зрідження посівів. За нормальних умов дана хвороба проявляється на окремих рослинах у полі. Викликати суттєве зменшення урожаю кореневі гнилі можуть за стресових умов, таких як, засуха, пошкодження рослин гербіцидами та ін. [1].

3.2. Фузаріозне в'янення

Збудник. *Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis* (*Fusarium oxysporum* Schlecht. Emend Snyder & Hansen f. sp. *lentis* Vasudeva and Srinivasan) (Fungal biology, 2020).

Поширення. Фузаріозне в'янення наявне у більшості регіонів світу, де вирощують сочевицю.

Симптоми. Інфекцію виявляють на всіх фазах розвитку – від проростків до зрілих рослин. Інфікування на стадії проростків призводить до в'янення і низькорослості – такий стан називають «карликовим в'яненням», тоді як ураження на більш пізніх етапах вегетативного росту призводить до часткового або повного в'янення заражених рослин і характеризується тьмяними зеленими листками, які раптово опадають із наступним в'яненням всієї рослини. Таким чином, найбільш характерні симптоми: слабкі, зів'ялі стебла, листки і квіти; всихання і відмирання нижніх листків; листки набувають коричневого, блідо-жовтого або тьмяно-жовтого кольору і надалі опадають; розщеплення стебла виявляє зміну кольору внутрішньої тканини; хвороба з'являється у полі вогнищами.

Подібно до інших грибів *Fusarium* sp., міцелій у *F. oxysporum* f. sp. *lentis* розділений. Мікроконідії прямі, розміром 5–11×25–3,5 мкм, тоді як макроконідії серповидні, 1–6 септатні, розміром 25–65×35–4,5 мкм. Патоген передається через ґрунт і здатен виживати без господаря 3–4 роки. Первинна інфекція передається хламідіоспорами, що залишаються життєздатними тривалий час. Вторинне зараження відбувається конідіями через поливну воду, інвентар та ін. [4].

Сприятливі для розвитку умови. Виникненню хвороби сприяють теплі, вологі ґрунти. Хвороба може передаватися від бризок води, руху зараженого ґрунту і рослинних решток, а також від зараженого насіння. Оптимальною для розвитку патогена є температура 22–25°C.

Шкодочинність. Ступінь захворюваності залежить від різних факторів: стадії розвитку, стійкості сорту й сприятливості метеорологічних умов. В сприятливих умовах захворювання здатне суттєво погіршити якість урожаю сочевиці та знизити його кількість – від 50% до повної втрати [4].

3.3. Борошниста роса

Збудники: *Erysiphe communis*, *Erysiphe pisi*, *Erysiphe trifolii*

Поширення. Це всесвітньо поширений патоген бобових, включаючи горох і сочевицю. Швидко розповсюджується шляхом перенесення конідій від уражених рослин до здорових. Первинним джерелом інфекції є рослинні рештки.

Симптоми. Жовті плями на верхній поверхні листя; порошкоподібні сіро-білі області, які об'єднуються, поступово, покриваючи всю рослину; якщо рослина сильно уражена, вона може бути світло-блакитного або сірого кольору. Симптоми хвороби у вигляді борошнистого нальоту з'являються на початку цвітіння, подальший розвиток хвороби триває до кінця вегетації.

Сприятливі для розвитку умови. Оптимальними умовами є вологість повітря 40–60% і температура +20...+28°C. Гриб зимує на рослинних рештках або альтернативному господареві. Виникненню хвороби сприяє тепла, суха погода з прохолодними ночами, які призводять до утворення роси. Спори борошнистої роси передаються повітряними масами і заражають рослини при помірній температурі [8].

Шкодочинність. Борошниста роса є листковим захворюванням сочевиці, що уражує всі надземні частини рослини, включаючи листя, стебла і стручки. Заражені листки опадають, залишаючи тільки стовбурові листки на стеблах, що серйозно впливає на фотосинтетичну активність рослин й призводить до зниження врожайності і якості насіння [8].

3.4. Аскохітоз

Збудник. *Ascochyta lentis*

Поширення. Розповсюджений у всіх регіонах вирощування сочевиці. Аскохітоз є високо шкідливою грибною хворобою сочевиці, яка може поширюватися як з ураженим насіннєвим матеріалом, так і через інфіковані післяжнивні рослинні рештки.

Симптоми. Аскохітоз проявляється у фазах цвітіння, плодоутворення на листках, стеблах, бобах і насінні. Спочатку хвороба має осередковий характер, а згодом поширюється по всьому полю. Пошкоджуються листки, стебла, боби і насіння. На уражених органах формуються округлі дрібні плями жовтуватого, темно-коричневого або сірого кольору з темно-бурою вузькою облямівкою по периферії, які часто мають дрібні, чорні плодові тіла (пуцидії) в центрі. З'являється у вигляді сірувато-коричневих плям або плям на листочках, стеблах, квітках і стручках, з темними краями і часто з крихітними чорними плодоносними тілами (пікнідами) в центрах. Ураження спочатку виникає на нижніх листочках близько до поверхні ґрунту і поширюється по всій рослині. Ушкодження на стеблах можуть оперізувати рослину,

призводячи до в'янення. Пошкоджені листки набувають коричневого кольору і відмирають (Додаток 3.2).

Сприятливі для розвитку умови. Тепла дощова погода сприяє вивільненню та перенесенню пікноспор. Температури між 10°C і 20°C дуже сприятливі для розвитку хвороби, а максимальний розвиток хвороби відбувається приблизно при 15°C. Прохолодна, дощова погода сприяє інфікуванню рослин і поширенню хвороби. Для розвитку хвороби, необхідний тривалий період зволоження листя – максимально хвороба розвивається після 24–48 годин зволоження листків. Найбільш шкідливою хвороба є для бобів і насіння, особливо якщо під час його дозрівання трапляється прохолодна і дощова погода. Спори аскохітозу перезимовують на рослинних рештках, тому для зменшення поширення хвороби не бажано сіяти сочевицю після сочевиці. Не бажано також і скорочувати ротацію у сівозмінах.

Шкодочинність. Схожість насіння за ураження цим патогеном знижується на 10–15%. Дуже пошкоджене насіння втрачає товарний вигляд, а відповідно і товарну цінність. У Канаді повідомлялося про втрати врожаю на 40–50% від важких спалахів хвороби на сприйнятливих сортах. Аскохітоз спричинює знебарвлення та зморшкуватість насіння сочевиці, що призводить до погіршення його якості. Сильна зморшкуватість насіння створює труднощі для промислової переробки червоної сочевиці, оскільки може перешкоджати видаленню насінневої оболонки та/або розщепленню сім'ядолей.

3.5. Антракноз

Збудники: *Colletotrichum truncatum*; *Colletotrichum lentis*.

Поширення. Антракноз є серйозною хворобою сочевиці в західній частині Канади і в деяких районах північної частини США, але в Європі і Південній Америці про неї повідомляють лише час від часу.

Симптоми. З'являються у вигляді білих, сірих або кремових плям на листках і стеблах, спочатку на нижніх листках і стеблі, розповсюджуючись догори. Листки і цілі рослини можуть відмирати, а стебла зрілих відмерлих рослин часто чорніють. Листки засмічують поверхню ґрунту. Симптоми на листках з'являються на стадії розвитку 8 і 12 вузлів – приблизно за тиждень до цвітіння. Пошкодження на стеблах можуть оперізувати рослину, призводячи до в'янення. Жовті плями з'являються на полях і збільшуються у міру поширення хвороби і загибелі рослин (Додаток 3.3). Виявлення ранніх симптомів захворювання в польових умовах, зокрема передчасного опадання листків, спричиненого антракнозом, вказує на наявність первинного інокуляту [2, 11].

Збудник є поліциклічним, і, нові покоління конідій безперервно утворюються в ураженнях на листках і стеблах. Вторинне поширення відбувається, коли конідії вимиваються дощем на сусідні рослини. Патоген формує мікросклероцію на інфікованих стеблах і листках протягом вегетаційного періоду. Мікросклероція складається з клітин з високим вмістом меланіну, які знижують фізичні ефекти багаторазових коливань температури, вологості та деградації мікроорганізмами в ґрунті [2].

C. lentis утворює одноклітинні злегка зігнуті конідії (3–6 × 18–30 мкм) з одним усіченим і одним конічним кінцем. Конідії утворюються в клубочках спорогенного міцелію, що перемежується вкрапленнями чорних щетинок (3,5–8,0 × 60–120 мкм). Мікросклероція розміром менше 1 мм, складається з декількох сотень меланізованих клітин, які забезпечують виживання збудника поза рослиною-господарем. Стадія анаморфи збудника сочевиці в західній Канаді названа *C. lentis* Damm на основі спеціалізації, що приймає, на видах *Lens* та *Vicia*, морфології конідій та послідовності ВТС (внутрішній транскрибований спейсер) області рибосомальної ДНК. Стадія телеоморфа, що складається з перитеції та одноклітинних аскоспор, була індукована в лабораторії і попередньо названа *Glomerella truncata* sp., однак вона не знайдена у природних умовах [2].

Сприятливі для розвитку умови. На швидкість розвитку хвороби впливає температура. Оптимальні умови для зараження – 20 і 24°C при зволоженні листя протягом 24 годин. У цих умовах нові осередки формуються через 7 днів (інкубаційний період), а конідії утворюються через 13 днів (латентний період). Навпаки, температура нижче 15°C значно знижує швидкість розвитку захворювання. У резистентних лініях, таких як РІ320937, фенольні сполуки накопичуються в місцях проникнення, що призводить до більш повільного зростання гіф і зменшення пошкоджень, порівняно з чутливою лінією [2].

За оптимальних кліматичних умов патоген може поширюватися на відстані близько 30 метрів від одного місця зараження в полі протягом кількох тижнів. Інокулянт як антракнозу, так і аскохітозної гнилі накопичується при коротких сівозмінах, особливо за умов вологих вегетаційних періодів. Мікросклероції дозволяють патогену виживати на післяжнивних рештках сочевиці і слугують основним джерелом інокулянту для наступних культур у сівозміні. У вигляді мікросклероцій на рештках сочевиці збудник виживає до 3 років в товщі ґрунту, але втрачає життєздатність на його поверхні. Мікросклероції, на сочевичному смітті, пилу та ґрунтових частинках, вітром розпорошуються на сусідні поля, призводячи до розповсюдження інфекції, особливо через заражені рослинні рештки, в той час як через насіння суттєвого зараження не відбувається. Коли погода сприятлива для розвитку хвороби, перші симптоми часто з'являються на стадії від 8 до 12 вузлів (до цвітіння) або незабаром після початку цвітіння.

Шкодочинність. Зумовлює значні втрати врожаю. Позакоренева обробка фунгіцидами дозволяє знизити ризик захворювання на 85%.

3.6. Ботрігіоз (сіра гниль)

Збудники: *Botrytis cinerea*, *B. fabae*.

Поширення. Цей гриб поліфаг і його інокулюм присутній в ґрунтовому середовищі більшості полів.

Симптоми. Може функціонувати і як ґрунтовий патоген, а також зумовлювати гниття стебел і бобів під час цвітіння та наливання бобів. Заражені насінини дають уражені сіянці, які гинуть незабаром після появи

сходів, що призводить до зниження щільності посівів. Листки уражених рослин в'януть і опадають, боби не наливаються, інфіковані місця стають сірими або коричневими [9].

Хвороба розвивається на листках, квітках і бобах на нижньому та середньому ярусах листків. Верхнє листя взагалі не хворіє, але часто стає хлоротичним і в'ялим, а потім відмирає, коли хвороба оперезує стебло. В посівах, захворювання часто призводить до появи вкраплення відмерлих рослин, оточених тонкою облямівкою хлоротичних рослин. Коли хвороба не оперезує стебло, нижній ярус листків стає повністю некротичним, тоді як верхній – залишається здебільшого зеленим. У межах поля хвороба може спричинити великі ділянки некротичних рослин (Додаток 3.4).

Коли висока відносна вологість (рано вранці або після опадів), на уражених тканинах можна виявити рясне, сіре спороношення, включаючи стебла і стручки. Збудник іноді також виробляє невеликі, чорні склероції на уражених тканинах. Відсутність бавовняно-білого міцелію та наявність сірого спороношення відрізняє сіру гниль *Botrytis* від склеротинії. Спорношення не так часто зустрічається на відмерлих рослинах. У випадку підозри на ураження *Botrytis* у загинувих у полі рослин, слід негайно оцінити живі рослини по сусідству з відмерлими на предмет сірого спороношення, характерного для *Botrytis*. Навіть на полях із значним ураженням сірою гниллю, спороношення часто дуже важко знайти до пізнього ранку чи вдень, особливо у сухі, вітряні дні. Рослини завжди слід оцінювати на *Botrytis* рано вранці або через кілька годин після випадання опадів. Ботрітіоз майже завжди зустрічається разом із склеротиніозом (білою гниллю).

Сприятливі для розвитку умови. Швидкому розвитку сірої гнилі сприяють прохолодна і волога погода, загущені, схильні до полягання посіви. Оптимальна температура для розвитку хвороби 15–25°C, що супроводжується високою відносною вологістю.

Шкодочинність. Захворювання сіянців сірою гниллю *Botrytis* характеризується пожовтінням і в'яненням з подальшою загибеллю рослин, що поширюючись, призводить до прогалин у насадженнях. Сіра гниль *Botrytis* (хвороба зрілої сочевиці) може спричинити втрати врожаю, що перевищують 50%. Вплив на якість: інфіковане насіння часто знебарвлюється і зморщується.

3.7. Склеротиніоз (біла гниль)

Збудник. *Sclerotinia sclerotiorum*

Поширення. Розповсюджена у всіх регіонах вирощування сочевиці. Склеротинія часто виникає разом із іншими хворобами, включаючи сіру гниль, антракноз, аскохітоз, фітофтороз.

Симптоми. Біла гниль характеризується вибіленими (білими) тканинами із вкрапленням чорної склероції на них. За умов високої вологості, на уражених листках і стеблах можна виявити ріст міцелію бавовняно-білого кольору. Збудник *S. sclerotiorum* не спорує на ураженій тканині. Разом із білою гниллю можна спостерігати і спори сірої гнилі, яка може бути присутня одночасно. Всі частини рослини (листя, боби, стебло, квітки) можуть бути

пошкодженими. Рослини, старші шести тижнів більш сприйнятливі до ураження *S. sclerotiorum*. Коренева система і основа стебла рослин стають коричневими і гнилими й на них може рости біла цвіль. Рослини спочатку жовтіють, потім заражені ділянки знебарвлюються і розріджуються (Додаток 3.5).

Склероція у верхньому шарі ґрунту 2,5–4 см може проростати, утворюючи апотецію – крихітні гриби, часто від 2 до 4 мм у діаметрі, які виробляють спори. Крім того, склероції, які контактують з тканинами рослин, можуть безпосередньо заражати рослини без участі спор. Як правило, склеротинія, перш, ніж вона зможе спричинити хворобу в живих тканинах, спочатку повинна колонізувати відмерлу [10].

Сприятливі для розвитку умови. Склеротиніоз проявляється на посівах сочевиці, яка дозріває за вологої погоди, що провокує надмірний ріст вегетативної маси і полягання рослин. Сприятливими умовами для розвитку склеротиніозу є надмірна вологість за температури 10–25°C. Ризик пошкодження сочевиці цією хворобою підвищується, коли вона вирощується у сівозміні з іншими культурами, що чутливі до збудника цієї хвороби, такими як рапс, гірчиця, соняшник, горох.

Шкодочинність. Хоча інфікування склеротиніозом зазвичай трапляється на пізніх стадіях розвитку рослин, вона може викликати відчутні економічні втрати в прохолодні та вологі роки, особливо внаслідок погіршення якості насіння.

3.8. Стемфіліумна гниль

Збудник. *Stemphylium botryosum*

Поширення. Повсюдно розповсюджений убіквітарний гриб (*Stemphylium botryosum*), який може пошкоджувати майже всі культури.

Симптоми. Спочатку симптоми проявляються у вигляді невеликих світло-бежевих вогнищ на листках. Маленькі пошкодження об'єднуються у великі, неправильної форми ураження, які вбивають цілі гілки. На початку хвороби стебла здорові, але листки мають хлоротичний колір. Коли відносно висока вологість (рано вранці і після опадів), збудник хвороби, *Stemphylium* sp., спорулює, і уражені листки набувають вигляду від сірого до чорного. Незабаром після того, як листя уражується, відбувається їх опадання. Часто на верхівках рослин залишаються лише кінцеві листочки. Повна дефоліація може відбутися протягом доби після появи перших симптомів. У міру прогресування хвороби, стебла в кінцевому підсумку вигоряють, а потім буріють – з прогресуванням захворювання від верхівки (Додаток 3.6). *Stemphylium* sp. може уражувати широкий спектр широколистяних рослин, а також може виживати як сапротроф на відмерлому рослинному матеріалі. Відомо, що збудник уражує насіння сочевиці, однак невідомо, чи передається хвороба від зараженого насіння до розсади.

Сприятливі для розвитку умови. Для гриба сприятливою є тепла (25–30°C) і волога погода, але спори можуть проростати і при 5°C. Хвороба в більшості випадків проявляється в другій половині літа. Найбільш критичним

фактором розвитку хвороби є тривалий період зволоження листя в кінці вегетаційного періоду.

Шкодочинність. Гриб може бути причиною утворення плям на насінні, зменшення розміру насіння, зменшення схожості.

3.9. Іржа

Збудники: *Uromyces fabae* f. sp. *lentis*, *Uromyces viciae-fabae*

Поширення. Поширена повсюдно в районах вирощування і природного зростання рослин-господарів, проте найбільшої шкоди завдає у Індії, Пакистані, Туреччині, Ефіопії, Марокко, Канаді, Аргентині, Чилі і Бразилії.

Симптоми. *U. fabae* f. sp. *lentis* – однодомний гриб, усі стадії розвиваються на сочевиці. Уредінії – дрібні, округлі, червонувато-бурі, порошать. Уредоспори – одноклітинні, світло-жовті, округлі. Оболонка шипувата. Розміри уредоспор: 21–30×18–26 мкм. Телії – темно-коричневі, майже чорні, не порошать, щільні. Теліоспори – одноклітинні, бурі, з товстою оболонкою, на безбарвній ніжці, розміром 25–40×18–30 мкм, формуються і дозрівають в теліях. Пустули іржі можна побачити на листкових пластинках, черешках та стеблах.

Захворювання вражає всі надземні частини рослин. Іржа починається з утворення жовтувато-білих пікнідій і ецидій на нижній поверхні листкової пластинки та на стручках, поодинокі або невеликими групами у формі кола. Пізніше оранжево-коричневі уредіальні пустули (круглі, діаметром до 1 мм) з'являються повсюди: на поверхнях листків, стебел і стручків. Вони можуть зростатися, утворюючи більші пустули та з часом темнішають, перетворюючись з темно-коричневих на чорні. При важких інфекціях листки прориваються, уражені рослини передчасно всихають, втрачають листя. Такі рослини не утворюють насіння або утворюють дрібні зморшкуваті насінини (Додаток 3.7).

Хвороба поширюється із заражених рослинних решток, зазвичай, змішаних з насінням, спори переносяться вітром. Генотипи сочевиці з певною стійкістю до іржі зараз використовують в програмах створення сортів, де іржа є серйозною проблемою [5].

Сприятливі для розвитку умови. Помірні температури 20–22°C, висока вологість. Найчастіше хвороба трапляється під час бутонізації-цвітіння/початку утворення бобів.

Шкодочинність. Патоген порушує нормальний перебіг фізіологічних і біохімічних процесів в рослині, особливо фотосинтезу. Хвороба зазвичай не спричинює повної загибелі посівів, але недобір урожаю може досягати 30%. Проте за сприятливих умов втрати врожаю можуть становити від 60-69%, а при епіфітотіях – 100% [5].

Список літератури до розділу 3

1. Кулініч О.О. Бобові – майбутнє їжі. 2012. Джерело: <http://www.chechevica.com/p13.html>

2. *Buchwaldt L., Džananovic E., Durkin J.* Lentil anthracnose: epidemiology, fungicide decision support system, resistance and pathogen races, *Canadian Journal of Plant Pathology*. 2018.40(2). 189–198
DOI: 10.1080/07060661.2018.1441185
3. *Fleury D.* Root rot complex in peas and lentils. 2019. Джерело: <https://www.topcropmanager.com/root-rot-complex-in-peas-and-lentils/#>
4. *Singh B.P., Singh G., Kumar K., Nayak S.Ch., Srinivasa N.* [Ed] Fungal biology. Management of Fungal Pathogens in Pulses: Current Status and Future Challenges. Switzerland; Springer Nature Switzerland AG. 2020. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-35947-8>
5. *Garkoti A.P, Kumar S., Lal M., Singh V.* Major diseases of lentil: epidemiology and disease managementa review. Research and education development society. *Agriways*. 2013.1 (1). 62–64.
6. *Pasche J., Kalil A., Markell S.* Lentil Disease Diagnostic Series. NDSU. (PP1913, 2019).
Джерело: <https://www.ag.ndsu.edu/publications/crops/lentil-disease-diagnostic-series>
7. Root rot in peas and lentils in Western Canada. Saskatchewan Pulse Growers. 2016. 8 p.
Джерело:https://saskpulse.com/files/general/170418_Root_Rot_Brochure_v7_LR1.pdf
8. *Singh A. K., Bhatt B.P., Singh K.M., Kumar A., Manibhushan, Kumar U., Chandra N., Bharati R.C.* Dynamics of Powdery Mildew (*Erysiphe trifolii*) Disease of Lentil Influenced by Sulphur and Zinc Nutrition. *Plant Pathology Journal*, 2013. 12. 71–77. DOI: 10.3923/ppj.2013.71.77
9. *Wunsch M.* Management of Botrytis gray mold of lentils. 2013
Джерело:https://www.ag.ndsu.edu/carringtonrec/documents/plantpathologyrd/noyeardocs/copy_of_LENTILBotrytismgmt.pdf
10. *Wunsch M.* Management of Sclerotinia stem rot (white mold) of lentils. 2013
Джерело:<https://www.ag.ndsu.edu/carringtonrec/documents/plantpathologyrd/noyeardocs/LENTILSclerotiniamgmt.pdf>
11. *Wunsch M.* Management of anthracnose of lentils. 2014.
Джерело:<https://www.ag.ndsu.edu/carringtonrec/documents/plantpathologyrd/noyeardocs/LENTILAnthracnosegmt.pdf>

РОЗДІЛ 4 ВІРУСНІ ХВОРОБИ СОЧЕВИЦІ

Вірусні хвороби сочевиці переважно досліджені у регіонах її історичного походження (Середня Азія) та масового вирощування (Індія, Пакистан, Іран, США та ін.). На сьогодні відомі принаймні 30 вірусів, які здатні інфікувати сочевицю у природних та/чи штучних умовах (табл.4.1) [42, 140].

Таблиця 4.1

Віруси, що інфікують сочевицю у природних та/чи штучних умовах [42]

Вид вірусу	Тип геному	Акронім	Рід	Родина	Спосіб передачі	
					Вектори.	Механіч.
<i>Alfalfa mosaic virus</i>	олРНК	AMV	<i>Alfavirus</i>	<i>Bromoviridae</i>	Попелиці, НП	+
<i>Artichoke latent virus</i>	олРНК	ArLV	<i>Potyvirus</i>	<i>Potyviridae</i>	Попелиці, НП	+
<i>Bean common mosaic virus</i>	олРНК	BCMV	<i>Potyvirus</i>	<i>Potyviridae</i>	Попелиці, НП	+
<i>Bean leafroll virus</i>	олРНК	BLRV	<i>Luteovirus</i>	<i>Luteoviridae</i>	Попелиці, П	–
<i>Bean pod mottle virus</i>	олРНК	BPMV	<i>Comovirus</i>	<i>Comoviridae</i>	Жуки	+
<i>Bean yellow mosaic virus</i>	олРНК	BYMV	<i>Potyvirus</i>	<i>Potyviridae</i>	Попелиці, НП	+
<i>Beet western yellows virus</i>	олРНК	BWYV	<i>Potyvirus</i>	<i>Potyviridae</i>	Попелиці, П	–
<i>Broad bean mottle virus</i>	олРНК	BBMV	<i>Bromovirus</i>	<i>Bromoviridae</i>	Жуки	+
<i>Broad bean stain virus</i>	олРНК	BBSV	<i>Comovirus</i>	<i>Comoviridae</i>	Жуки	+
<i>Broad bean true mosaic virus</i>	олРНК	BBTMV	<i>Comovirus</i>	<i>Comoviridae</i>	Жуки	+
<i>Broad bean wilt virus-1</i>	олРНК	BBWV-1	<i>Fabavirus</i>	<i>Comoviridae</i>	Попелиці, НП	+
<i>Chickpea chlorotic dwarf virus</i>	олДНК	CpCDV	<i>Mastrevirus</i>	<i>Geminiviridae</i>	Коники	–
<i>Chickpea chlorotic stunt virus</i>	олРНК	CpCSV	<i>Polerovirus</i>	<i>Luteoviridae</i>	Попелиці, П	–
<i>Chickpea filiform virus</i>	олРНК	CpFV	<i>Potyvirus</i>	<i>Potyviridae</i>	Попелиці, НП	+
<i>Chino del tomate virus</i>	олДНК	CdTV	<i>Begomovirus</i>	<i>Geminiviridae</i>	Білокрилк и	–
<i>Cucumber mosaic virus</i>	олРНК	CMV	<i>Cucumovirus</i>	<i>Bromoviridae</i>	Попелиці, НП	+
<i>Faba bean necrotic yellows virus</i>	олДНК	FBNYV	<i>Nanovirus</i>	<i>Nanoviridae</i>	Попелиці, П	–
<i>Pea enation mosaic virus-1</i>	олРНК	PEMV-1	<i>Enamovirus</i>	<i>Luteoviridae</i>	Попелиці, П	+
<i>Pea seed-borne mosaic virus</i>	олРНК	PSbMV	<i>Potyvirus</i>	<i>Potyviridae</i>	Попелиці, НП	+
<i>Pea streak virus</i>	олРНК	PeSV	<i>Carlavirus</i>	<i>Flexiviridae</i>	Попелиці, НП	+
<i>Peanut stunt virus</i>	олРНК	PSV	<i>Cucumovirus</i>	<i>Bromoviridae</i>	Попелиці, НП	+
<i>Quail pea mosaic virus</i>	олРНК	QPMV	<i>Comovirus</i>	<i>Comoviridae</i>	Жуки	+

Продовження таблиці 4.1						
<i>Red clover vein mosaic virus</i>	олРНК	RCVMV	<i>Carlavirus</i>	<i>Flexiviridae</i>	Попелиці	+
<i>Soybean dwarf virus</i>	олРНК	SbDV	<i>Luteovirus</i>	<i>Luteoviridae</i>	Попелиці, П	-
<i>Subterranean clover stunt virus</i>	олДНК	SCSV	<i>Nanovirus</i>	<i>Nanoviridae</i>	Попелиці, П	-
<i>Tobacco streak virus</i>	олРНК	TSV	<i>Ilarvirus</i>	<i>Bromoviridae</i>	Трипси	+
<i>Tomato black ring virus</i>	олРНК	TBRV	<i>Nepovirus</i>	<i>Comoviridae</i>	Нематоди	+
<i>Tomato spotted wilt virus</i>	олРНК	TSWV	<i>Tospovirus</i>	<i>Bunyaviridae</i>	Трипси	+
<i>Tomato yellow leaf curl virus</i>	олДНК	TYLCV	<i>Begomovirus</i>	<i>Geminiviridae</i>	Білокрилки	-
<i>Turnip mosaic virus</i>	олРНК	TuMV	<i>Potyvirus</i>	<i>Potyviridae</i>	Попелиці, НП	+

Примітка: ол – одноланцюгова, НП – неперсистентно, П – персистентно

Слід відмітити, що дані віруси мають різне поширення та економічне значення в різних регіонах світу. Зокрема, на сьогодні найбільше поширені віруси сочевиці в Азії та Африці (регіонах походження даної культури), в той час, як різноманіття вірусів сочевиці в Австралії, Північній Америці та Європі є значно меншим (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Комерційно важливі віруси, що інфікують сочевицю у природних умовах у різних регіонах [42].

Віруси	Географічне поширення				
	Америка	Європа	Африка	Азія	Австралія та Океанія
BCMV	+		-	+	-
BLRV	+	+	+	+	-
BYMV	-	+	+	+	+
BWYV	-		+	+	+
BBWV-1	-		-	+	-
BBMV	-		+	+	-
BBSV	-	+	+	+	-
СрCDV	-		-	+	-
СрCSV	-		+	-	-
CMV	-	+	+	+	+
FBNYV	-		+	+	-
PEMV-1	+	+	-	+	-
PSbMV	+	+	+	+	+
PeSV	+		-	-	-
SbDV	-		+	+	+
TSWV	+	+	-	-	-
TuMV	?	?	?	?	+
BCMV	+		-	+	-

В Україні віруси сочевиці не досліджені. Виходячи з наявних даних літератури, нижче наведений перелік та опис вірусів, які можуть бути актуальними патогенами даної культури в Європейському регіоні:

1. Вірус мозаїчної енації гороху (*Pea enation mosaic virus-1*, PEMV-1)

2. Вірус скручування листків квасолі (*Bean leafroll virus*, BLRV)
3. Вірус мозаїки гороху, що передається насінням (*Pea seed-borne mosaic virus*, PSbMV)
4. Вірус плямистості кормових бобів (*Broad bean stain virus*, BBSV)
5. Вірус жовтої мозаїки квасолі (*Bean yellow mosaic virus*, BYMV)
6. Вірус мозаїки люцерни (*Alfalfa mosaic virus*, AMV)
7. Вірус огіркової мозаїки (*Cucumber mosaic virus*, CMV)
8. Вірус мозаїки турнепсу (*Turnip mosaic virus*, TuMV)
9. Вірус плямистого в'янення томату (*Tomato spotted wilt virus*, TSWV)
10. Вірус мозаїчної енації гороху (*Pea enation mosaic virus-1*, PEMV-1)

4.1. Вірус мозаїчної енації гороху-1

Вірус мозаїчної енації гороху-1 (*Pea enation mosaic virus-1*, PEMV-1) належить до роду *Enamovirus* родини *Luteoviridae*. Вірусні частки – ізометричні (рис.4.1), приблизно 25–27 нм в діаметрі [124]. Віріони містять 28% нуклеїнової кислоти та 72% білка. Геном PEMV складається з двох генетично неспоріднених позитивних одноланцюгових РНК, що автономно реплікуються. Більша РНК, або РНК-1 (5706 о.; PEMV-1), належить до роду *Enamovirus* родини *Luteoviridae* [36], тоді як менша РНК, або РНК-2 (4253 о.; PEMV-2) належить до роду *Umbravirus*. Структура та організація геному ізолятів PEMV-1 та PEMV-2 була вивчена на прикладі ізолятів з тихоокеанського північно-західного регіону США [134].

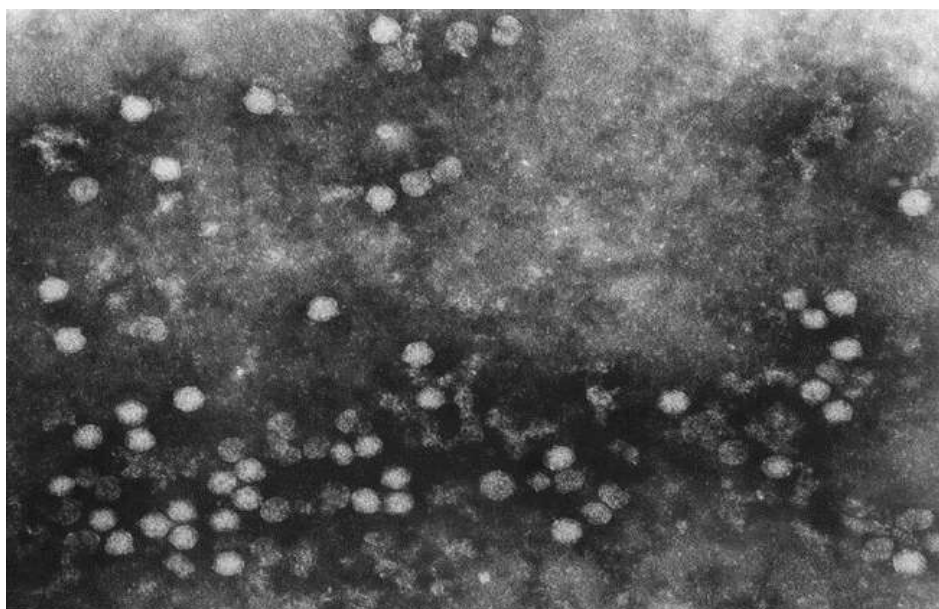


Рис. 4.1. Електронно-мікроскопічне зображення віріонів PEMV (<http://bio-mirror.im.ac.cn/mirrors/pvo/vide/descr572.htm>)

Геномна РНК PEMV-1 містить п'ять відкритих рамок зчитування (ORF). ORF-1 кодує білок 34 кДа з невідомою функцією. ORF-2 перекриває ORF-1 в унікальній рамці зчитування та кодує білок 84 кДа, який містить протеазоподібні мотиви, які можуть брати участь у посттрансляційній обробці

білкових продуктів вірусів. Встановлено, що ORF-3 кодує РНК-залежну РНК-полімеразу (RdRp) і містить геліказоподібний мотив. ORF-4 кодує білок оболонки 21 кДа (CP), який відокремлений від ORF-3 міжгенною областю у 189 основ. З ORF-4 безпосередньо межує ORF-5, яка кодує білок 33 кДа. Даний білок, як вважається, утворює субодиницю, необхідну для передачі вірусу попелицями (Додаток 4.1) [36].

Мозаїка гороху – сувора вірусна хвороба, спричинена двома вірусами, які існують в облігатному симбіозі: вірусом мозаїчної енації гороху 1 (PEMV-1, *Enamovirus*, *Luteoviridae*) та вірусом мозаїчної енації гороху 2 (PEMV-2, *Umbravirus*, *Tombusviridae*) [61]. PEMV в основному інфікує представників родини *Fabaceae* (інша назва: *Leguminosae*), включаючи роди *Anthyllus*, *Astrogalus*, *Cicer*, *Glycine*, *Lens*, *Lotus*, *Lupinus*, *Medicago*, *Melilotus*, *Phaseolus*, *Pisum*, *Trifolium* і *Vicia* (27,55). У гороху PEMV спричинює загортання листя вниз, хлоротичні та напівпрозорі плями на листках та просвітління жилок (Додаток 4.2). Під час розвитку хвороби на листках можуть спостерігатися вади розвитку, енації, сильна затримка росту та шорсткість. Енації, або гіперпластичні нарости [108] пов'язані з жилками, що розвиваються під пластинкою листка. Боби спотворені, покриті бородавками і містять мало гороху. На сочевиці симптоми PEMV проявляються у вигляді скручування листків, що супроводжується плямистістю, в'яненням кінчиків або некрозами листків, також спостерігається відставання рослини в рості. Стручки заражених рослин також деформуються, погано заповнюються і часто мають виступи на поверхні [77]. Коінфекція PEMV-1 та PEMV-2 зазвичай спричиняє серйозні втрати врожаю.

Про природну появу PEMV-1 на сочевиці повідомляли в Італії [137], Англії [30], Ефіопії [125], Ірані [99, 100], Греції [27] і Сирії [75]. Також відомо, що вірус поширений у Іспанії [127], Чехії [118], США [133], Китаї [28], Канаді, Великобританії та ін.

При проведенні досліджень у Сирії в період 1997–2001 рр. було показано, що PEMV-1 широко поширений у основних регіонах вирощування сочевиці, а в деяких місцях захворюваність вірусом сягала більше 50%. Оцінка шести генотипів сочевиці, уражених PEMV-1 перед цвітінням, показала, що втрати врожаю варіювали від 16% до 50% [77].

PEMV-1 ефективно передається механічно та попелицями. Повідомлялося, що декілька видів попелиць передають PEMV, зокрема: *A. pisum*, *A. craccivora*, *M. persicae*, *M. euphorbiae*, *R. padi* та *A. solani*; з них горохова попелиця (*Acyrtosiphon pisum*) та зелена персикова попелиця (*Myzus persicae*) є найпоширенішими і найнебезпечнішими видами-переносниками (Додаток 4.3). Механізм передачі даного вірусу подібний до такого у лютеовірусів і відбувається з етапом циркуляції збудника в організмі комахи, але вірус не розмножується в попелиці. Однак, на відміну від лютеовірусів, PEMV також може передаватися механічно. Ізоляти PEMV існують у вигляді суміші трансмісивних та нетрансмісивних генотипів, що є наслідком специфічних змін у складі віріона PEMV [37, 38, 59].

На сьогодні не отримані жодні докази передачі PEMV насінням гороху. Незважаючи на те, що геномні РНК PEMV-1 та PEMV-2 були виявлені в насінні, симптомів PEMV на рослинах, вирощених у польових умовах з такого насіння не спостерігали. Ці дані демонструють, що PEMV може вірогідно зберігатися та/чи розвиватися в насінні гороху, але не підтверджує передачу PEMV насінням. Відсутність передачі насінням може бути наслідком низького вмісту вірусних геномів PEMV у тканині ембріона [126].

На даний час розроблені молекулярні та серологічні методи діагностики PEMV у рослинах-господарях, а також у комах-векторах, зокрема на основі ІФА (ELISA) [134] та ЗТ-ПЛР (RT-PCR) (Chen et al., 2020). Хоча RT-PCR є більш чутливим з цих двох методів, він може бути нерентабельним для тестування великої кількості зразків у випадку скринінгу сортів, обстеження посівів та ін.

Для контролю хвороби, спричиненої PEMV-1, використовують контроль векторів та пошук стійких сортів бобових культур. У окремих ліній гороху [120] та сочевиці [15] була виявлена толерантність до інфекції PEMV, а в зародковій плазмі нуту були ідентифіковані нові джерела стійкості до вірусу мозаїчної енації гороху [83], що в майбутньому дозволить розробити стійкі сорти даних культур.

4.2. Вірус скручування листків квасолі

Вірус скручування листків квасолі (*Bean leafroll virus*, BLRV) належить до роду *Luteovirus* родини *Luteoviridae*. Вірусні частки ізометричні (рис. 4.2), приблизно 27 нм в діаметрі [128].

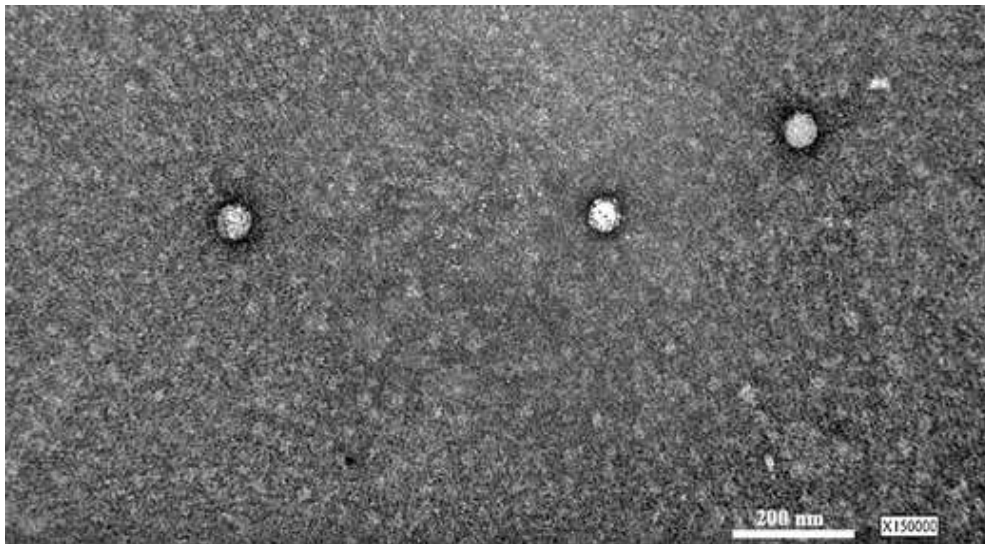


Рис. 4.2. Електронно-мікроскопічне зображення віріонів BLRV [128]

Віріони містять 37,8% нуклеїнової кислоти та один структурний білок масою 23 кДа. Генوم монопартильний і складається з лінійної позитивної одноланцюгової РНК розміром 6 т.о. (рис. 4.3) [40].

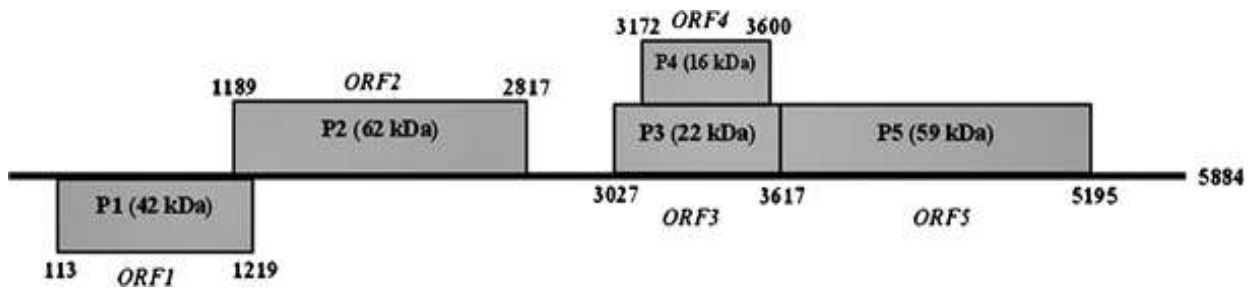


Рис. 4.3. Організація геному *Bean leafroll virus* [128]

Перше повідомлення про ураження даним вірусом культур *Pisum sativum* та *Vicia faba* було в 1954 у Німеччині [113]. Рослини сочевиці, які були природним шляхом заражені BLRV, вперше спостерігали в Ірані у 1968 році [65]. Сьогодні вважається, що вірус скручування листків квасолі є одним з найнебезпечніших вірусів, що інфікують сочевицю. Даний вірус поширений по всьому світу і був зареєстрований на сочевиці в Греції [27], Італії [82], Англії [30], США [133], Ефіопії, Німеччині, Ірані, Іраку, Лівані, Пакистані, Судані, Сирії, Тунісі, Туреччині, Великобританії, Австралії та США [9, 18, 45, 66, 78, 100, 125, 132]. Повідомлялось також про ураження бобових в Аргентині, де штам BLRV-Arg поширений на більше, ніж половині всіх посівних площ, де вирощують люцерну [128].

Природне коло рослин-господарів BLRV обмежене представниками родини *Fabaceae*. Основними симптомами, що обумовлюються даним вірусом, є хлороз, пожовтіння, відставання рослин в рості, згортання листків, почервоніння та потовщення листків, менш інтенсивне цвітіння та наповнення стручків. На *P. sativum* частіше спостерігаються хлоротичні, скручені донизу листки. На *Lens culinaris*, *Phaseolus vulgaris*, *Cicer arietinum*, *Vigna unguiculata* вірус спричинює пожовтіння листків та затримку росту рослин (Додаток 4.3). На *Trifolium repens* – пожовтіння та скручування листків, а на *Vicia faba* – хлороз листків.

Повідомлялося про зниження врожаю на 91% при інфікуванні рослин BLRV перед цвітінням, тоді як ураження рослин на етапі цвітіння може призвести до 50% втрат врожаю [65]. У Вашингтоні (США) протягом епідемічного року в деяких областях відзначали до 80% захворюваності [71]. В Європі втрати врожаю *V. faba* L. внаслідок ураження *Bean leafroll virus* становили від 50% до 90% [60].

BLRV передається лише попелицями. Передача відбувається персистентно, вірус циркулює, але не розмножується в організмі комахи. Основними векторами BLRV, як і у випадку *Pea enation mosaic virus-1*, є горохова попелиця (*Acyrtosiphon pisum*) та зелена персикова попелиця (*Myzus persicae*) (Додаток 4.4). Також важливими векторами вважаються : вишнева попелиця (*Aphis craccivora*), чорна бобова попелиця (*Aphis fabae*), бавовняна попелиця (*Aphis gossypii*), картопляна попелиця (*Macrosiphum euphorbiae*) та ін. [32, 66].

Втрати від вірусної інфекції можуть бути мінімізовані шляхом раннього застосування інсектицидів для обробки посівів з метою знищення векторів.

Інші заходи контролю включають використання стійких до вірусів сортів, моніторинг збудників та знищення диких рослин-резерваторів вірусів.

4.3. Вірус мозаїки гороху

Вірус мозаїки гороху, що передається насінням (*Pea seed-borne mosaic virus*, PSbMV) належить до роду *Potyvirus*, родини *Potyviridae*. Вірусні частки нитчасті, довжиною 770 нм та 12 нм в діаметрі (рис. 4.4) [84, 89, 138]. Віріони містять 6% нуклеїнової кислоти та 94% білка. Геном PSbMV складається з одноланцюгової позитивної РНК розміром приблизно 9,9 т.о. та кодує поліпротеїн масою приблизно 334 кДа (Додаток 4.5). Цей поліпротеїн протеолітично розщеплюється вірус-кодованими протеазами з утворенням різних функціональних білків.

Уперше про природне поширення PSbMV на полях сочевиці повідомляли в США [57]. Сьогодні відомо, що PSbMV поширений по всьому світу. Зокрема, вірус зустрічається на сочевиці в Алжирі, Єгипті, Ефіопії, Ірані, Іраку, Йорданії, Марокко, Новій Зеландії, Пакистані, Сирії, Тунісі, Туреччині, Греції, Австралії та США (8, 13, 20, 41, 48, 52, 53, 57, 58, 68, 96–99, 125, 132]. Повідомляється, що PSbMV заражає горох у Франції і Бельгії [25, 54].

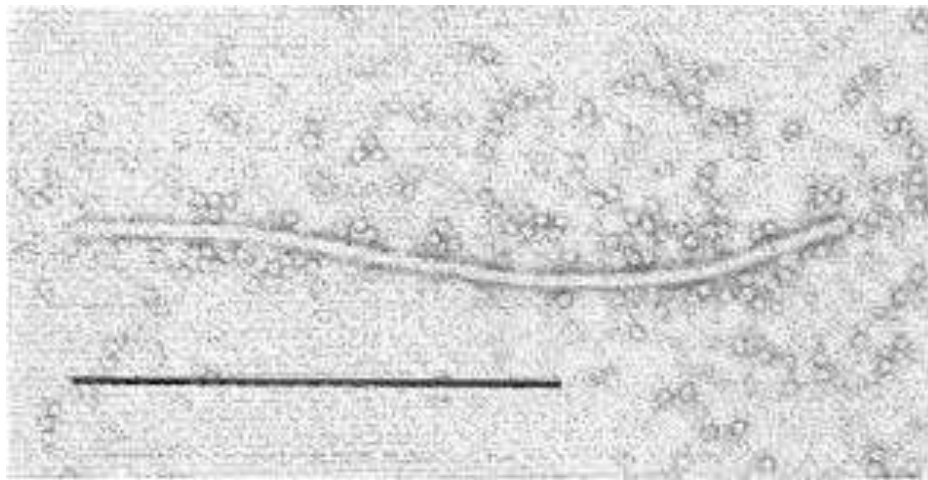


Рис. 4.4. Електронно-мікроскопічне зображення віріонів PSbMV [89]

Існує декілька штамів PSbMV. До найнебезпечніших і найбільш поширених відносять штами P-1 і P-4, виділені з *P. sativum*, та штам L-1, який був виділений з сочевиці. Всі три штами інфікують сочевицю та нут, причому штам L-1 спричинює більш важку хворобу нуту і сочевиці [10].

PSbMV викликає затримку росту рослин, зменшення довжини міжвузля та деформацію. Вірус призводить до зменшення кількості квіток та стручків, затримки дозрівання рослин і, як наслідок, до нерівномірного дозрівання врожаю (Додаток 4.6 а). На листках заражених рослин може спостерігатися просвітління і набряк жилок, незначне скручування листків донизу, хлороз та/або плямисте і мозаїчне забарвлення. Стручки уражених рослин часто деформовані, а на насінні, зібраному з заражених рослин, може спостерігатися зміна забарвлення, розтріскування оболонок, зморшкуватість

та зменшення розміру (Додаток 4.6 б). Насіннева передача вірусу, як правило, веде до більш суворих симптомів на рослинах; стручки можуть не формуватись або бути сильно деформованими. Рослини, інфіковані одночасно PSbMV та PEMV, можуть характеризуватися більш суворими симптомами, ніж рослини, які інфіковані лише PSbMV. Втрати врожаю сочевиці від PSbMV можуть сягати 61% і залежать від етапу онтогенезу рослини, на якому вона була інфікована: перед, під час чи після цвітіння [75]. В залежності від генотипу рослини, штаму вірусу та умов довкілля можуть відрізнятися як симптоми на сочевиці, так і втрати врожаю внаслідок ураження PSbMV [29].

PSbMV уражує і спричинює симптоми на *L. culinaris*, *Lathyrus odoratus*, *P. sativum*, *V. faba*, а також здатний безсимптомно інфікувати люцерну, цукрові буряки та кілька видів дикорослих рослин, наприклад, *Vicia villosa*, *Medicago lupulina*, *Capsella bursa-pastoris* [51, 70], які можуть слугувати потенційними резерваторами вірусу в екосистемах.

PSbMV передається механічно і насінням, а також неперсистентно декількома видами попелиць, включаючи *A. pisum*, *A. gossypii*, *A. fabae*, *A. craccivora*, *M. persicae* та *R. padi* [35] (Додаток 4.6; Додаток 4.7). Ефективність передачі PSbMV насінням сочевиці коливається в широких межах (0–44%) в залежності від ізоляту вірусу та сорту рослини [33, 56–58, 63, 88, 96].

Іноді PSbMV важко ідентифікувати на основі візуальних симптомів, оскільки абіотичні стресові чинники можуть спричинювати симптоми, подібні до вірусних (наприклад, наведені в Додатку 4.6 а). Зниження якості насіння, спричинене PSbMV, можна легко сплутати з пошкодженнями, спричиненими грибними патогенами, або під час збирання врожаю чи зберігання. Для точної діагностики PSbMV використовують відповідні лабораторні молекулярно-біологічні (RT-PCR) та серологічні методи (TBIA, ELISA). При оцінці партій насіння часто рекомендують використовувати комбінацію обох діагностичних підходів [72, 74, 81, 87].

Ефективні способи контролю PSbMV полягають у використанні безвірусного насіння та стійких сортів. Стійкість до PSbMV виявлена у рослин сочевиці та гороху, і генетично включена в їх деякі комерційні сорти [16, 17]. Інсектициди перешкоджають поширенню популяцій віруліферних попелиць і використовуються для пригнічення вторинного поширення PSbMV.

4.4. Вірус плямистості кормових бобів

Вірус плямистості кормових бобів (*Broad bean stain virus*, BBSV) належить до роду *Comovirus*, родини *Comoviridae*. Вірусні частки ізометричні, 27–28 нм в діаметрі (рис. 4.5) [7, 47, 86].

Даний вірус є біпартитним, причому утворюється три типи вірусних частинок, які містять 34% нуклеїнової кислоти і 66% білка (частинки типу В), або 25% нуклеїнової кислоти і 75% білка (частинки типу М), або ж 0% нуклеїнової кислоти і 100% білка (частинки типу Т).

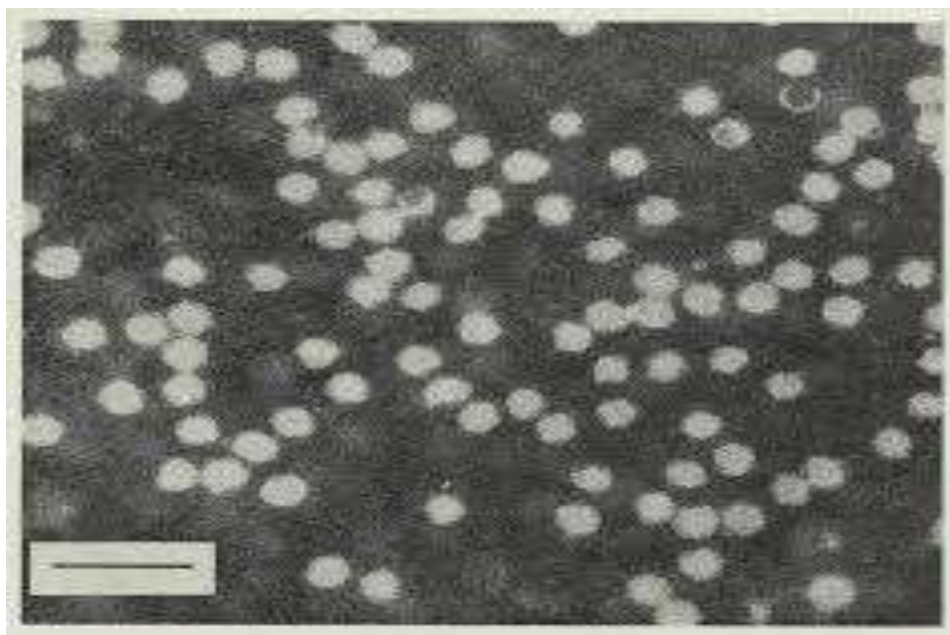


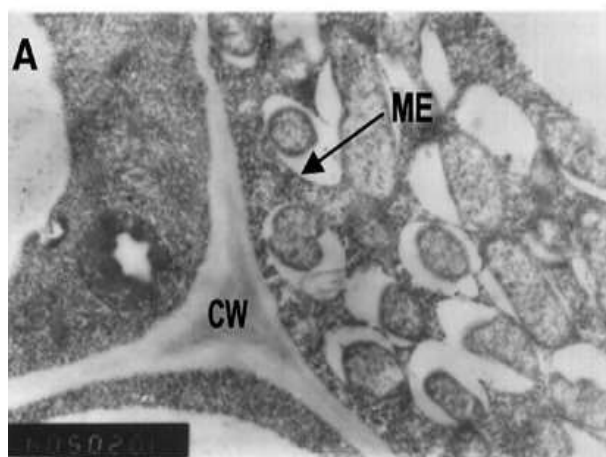
Рис. 4.5. Електронно-мікроскопічне зображення віріонів BBSV [47]

Сегментований біпартитний геном складається з одноланцюгової позитивної РНК, загальний розмір геному становить 11,25 т.о.: РНК-1 = 6,75 т.о., РНК-2 = 4,5 т.о. (Додаток 4.8). РНК-1 і РНК-2 транлюються у два поліпротеїни, які надалі розщеплюються на функціональні білки. РНК-1 кодує білки, необхідні для реплікації, тоді як РНК-2 кодує два капсидні білки (СР) та транспортні білки (МР) [86].

Інфекційність вірусу зберігається при депротейнуванні фенолом або миючим засобом. Реплікація BBSV не залежить від вірусу-помічника. Віріони виявляють в цитоплазмі інфікованих клітин у всіх частинах рослини-господаря. В заражених клітинах присутні незвичні за формою включення у вигляді рядів віріонів у каналцях, пальцеподібних виростів плазмодесм, вакуольно-пухирчастих тілець та вірусних скупчень [117]. В результаті ураження рослин BBSV спостерігається менш ефективно бульбочкоутворення, бульбочки мають менший розмір. Електронно-мікроскопічні дослідження клітин корневих бульбочок у рослинах бобів, заражених BBSV, продемонстрували зменшення кількості та обсягу бактероїдів, а також простору між бактероїдом та його оболонкою (МЕ). При цьому у клітинах корневих бульбочок детектуються частинки BBSV (рис. 4.6) [7].

BBSV природним чином інфікує сочевицю і має велике економічне значення [100]. У відповідь на інокуляцію BBSV на сочевиці з'являється легка плямистість. Природне коло рослин-господарів BBSV обмежується представниками родини *Fabaceae*, такими як *L. culinaris*, *P. sativum*, *V. faba* та *V. palaestina*. На *V. faba* BBSV спричиняє симптоми плямистості та деформації рослин (Додаток 4.9). BBSV зустрічається на бобових культурах у Європі, Африці, Азії та Австралії. Також повідомлялося про виявлення BBSV на сочевиці в Ефіопії, Ірані, Йорданії, Сирії та Туреччині [13, 20, 79, 93, 95, 97, 100, 125]. У Польщі BBSV вперше було ідентифіковано в 1981 році [112].

Virus-free



BBSV-infected

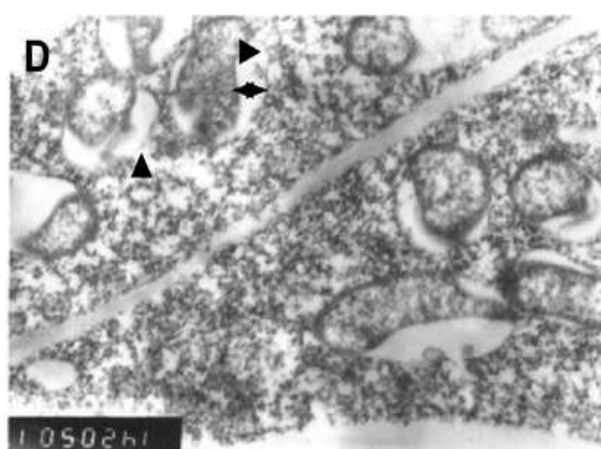
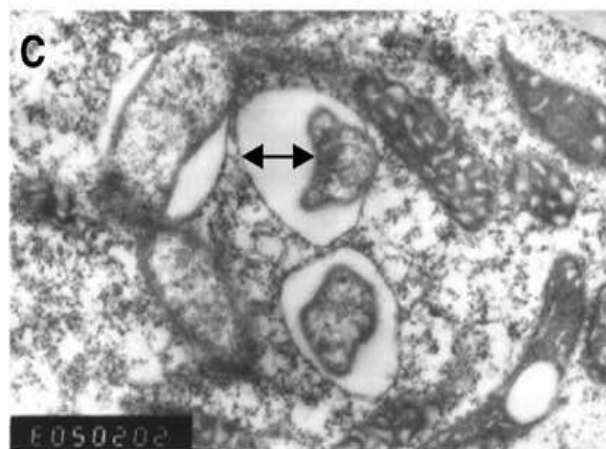
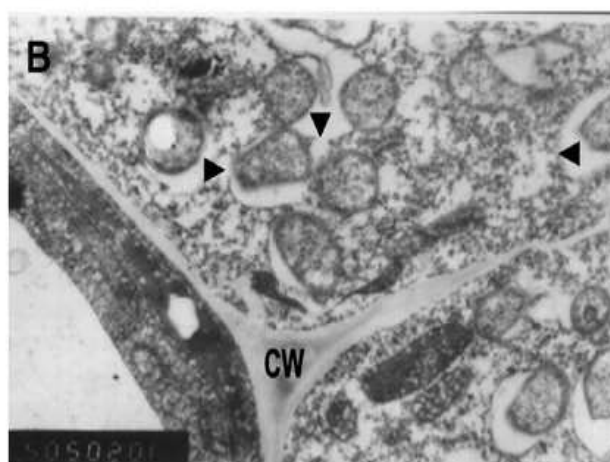


Рис. 4.6. Клітини корневих бульбочок здорових рослин (А і С) та рослин, інфікованих BBSV (В і D) [7]

У випадку деяких представників бобових культур даний вірус передається механічно, також BBSV передається насінням [12, 19, 92]. Ефективність насінневої передачі BBSV є вкрай високою у різних культур і сягає 27% у *L. culinaris*, 20% у *V. faba* та 50% у *P. sativum* [12, 19, 46, 119]. Ступінь прояву симптомів вірусної хвороби на сочевиці (затримка росту, зменшення кількості насіння) залежить від етапу онтогенезу рослини, на якому вона була інфікована. Так, зараження сочевиці BBSV на етапах перед, під час чи після цвітіння призводить до зменшення врожаю насіння на 77,4%, 67,7% та 32,2%, відповідно [90].

Окрім механічного та насінневого способів передачі, BBSV також передається векторами – жуками *Apion aestivum* Germ., *Apion arrogans* Wencher, *Sitona crinita* Herbst, *Sitona limosa* Rossi та *Sitona lineatus* L. (Додаток 4.10) [31, 96]. При цьому слід відмітити, що *A. aestivum*, *S. crinita* та *S. lineatus* поширені в багатьох регіонах України [3–6, 103, 129, 141].

Стандартними методами, що використовуються для виявлення BBSV, є серологічні тести (EA-ELISA, PNC-ELISA, I-ELISA, DAS-ELISA та dot-blot ELISA [74], а також ПЛР [79]. Для ефективної боротьби з BBSV ведуться пошуки джерел стійкості, зокрема на *V. faba* [91].

4.5. Вірус жовтої мозаїки квасолі

Вірус жовтої мозаїки квасолі (*Bean yellow mosaic virus*, BYMV) належить до роду *Potyvirus*, родини *Potyviridae*. Вірусні частки довжиною 750 нм та 12–15 нм в діаметрі (рис. 4.6) [22], розміри віріонів можуть дещо варіювати в залежності від виду рослини-господаря, з якої був виділений вірус [2].

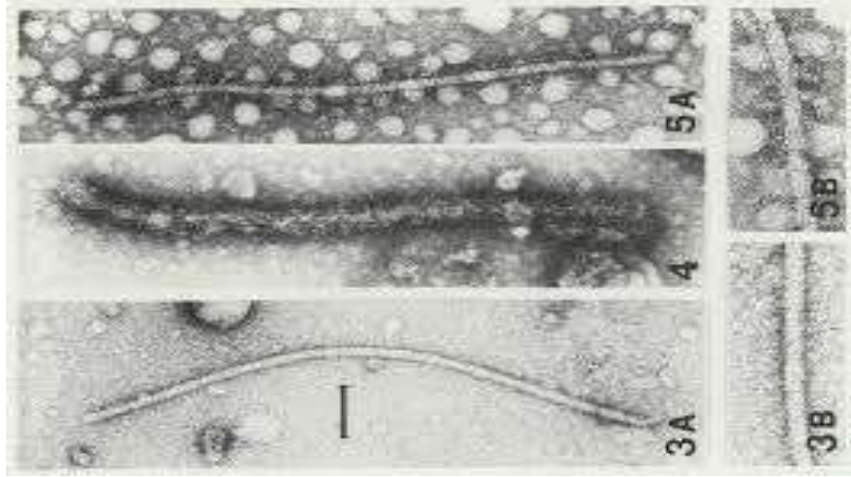


Рис. 4.6. Електронно-мікроскопічне зображення віріонів BYMV [22]

Віріони містять 5% нуклеїнової кислоти та 95% білка. Геном вірусу представлений одноланцюговою позитивною РНК розміром 10 т.о. (рис. 4.7).

Віріони BYMV виявляють в цитоплазмі інфікованих клітин у всіх частинах рослини-господаря. В ядрі та цитоплазмі інфікованих клітин детектуються вірусні кристалічні включення.

На рослинах сочевиці BYMV детектували в Ірані [65], де даний вірус спричинив дуже значне зниження врожайності [66]. Вірус зустрічається на сочевиці в Бангладеш, Єгипті, Ефіопії, Ірані, Іраку, Йорданії, Новій Зеландії, Сирії та Туреччині [13, 18, 20, 45, 48, 65, 93, 94, 99, 116, 125].

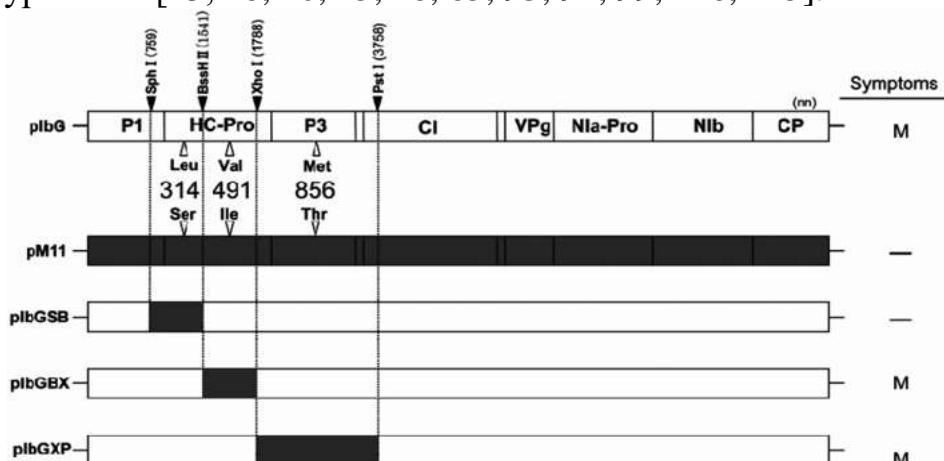


Рис. 4.7. Схематичне зображення геному *Bean yellow mosaic virus* та продуктів його трансляції [106]

Повідомляється, що BYMV зустрічається на декількох інших бобових культурах, включаючи *V. faba*, *P. vulgaris* та *P. sativum*. Вірус поширений у Північній Америці, Європі, Африці, Азії та Австралії [24, 110, 122, 139]. В

Україні ВУМV виявляли на рослинах *P. vulgaris* і *G. max* L. [14,80] та *G. soja* L. [2].

Вплив ВУМV на врожайність бобових культур значною мірою залежить від періоду зараження рослини та штаму вірусу. Як і у випадку інших описаних вище вірусів, зниження врожайності сочевиці залежить від того, наскільки рано вона була інфікована, і може сягати 34–96% [75].

На сочевиці ВУМV спричинює хлороз, м'яку мозаїку або плямистість, і затримку росту рослин. Листки часто скручуються, можуть мати некрози по краях. Інфікування сочевиці даним вірусом призводить до менш інтенсивного цвітіння і формування стручків, а отже, до зниження врожаю насіння.

Встановлено, що у сої в динаміці розвитку вірусної інфекції, зазнає суттєвих змін вміст фотосинтетичних пігментів, білків та вуглеводів. Зокрема, спостерігається зниження вмісту хлорофілів *a*, *b* і каротиноїдів на 64%, 53% та 36%, відповідно, із підвищенням вмісту вуглеводів на 56% [2].

ВУМV передається механічно, насінням (з ефективністю до 3%) та попелицями неперсистентно. *Acyrtosiphon pisum*, *Aphis fabae*, *A. craccivora*, *Myzus persicae* та *Macrosiphum euphorbiae* є найпоширенішими векторами даного вірусу [32, 42].

Для боротьби з ВУМV використовують термо- та хіміотерапію насіння [69], створення стійких сортів [43, 44].

4.6. Вірус мозаїки люцерни

Вірус мозаїки люцерни (*Alfalfa mosaic virus*, AMV) належить до роду *Alfavirus* родини *Bromoviridae*. Вірусні частки бацилоподібної форми чотирьох типів, що відрізняються своїми розмірами: 30, 35, 43 і 56 нм у довжину і 18 нм у ширину (рис. 4.8) (Plant Viruses Online).

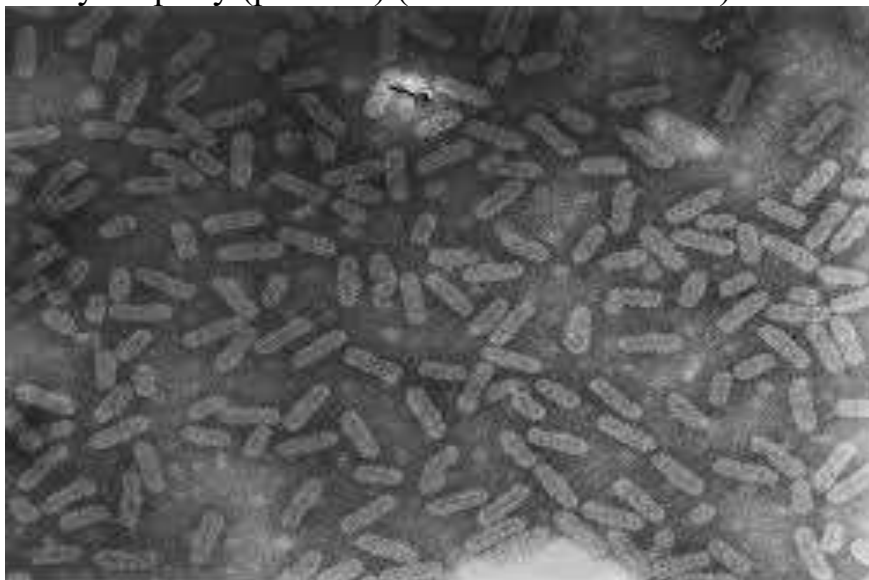


Рис. 4.8. Електронно-мікроскопічне зображення віріонів AMV

Віріони містять 16% нуклеїнової кислоти та 84% білка. Генوم трипартитний і представлений одноланцюговою лінійною РНК: розміром

РНК-1 (3,64 т.о.), РНК-2 (2,59 т.о.) та РНК-3 (2,04 т.о.) (Додаток 4.11, 4.12) [115].

За даними літератури, вірус мозаїки люцерни уражує сочевицю в окремих регіонах [13, 21, 64, 65]. Симптоми, зумовлені цим вірусом на сочевиці, часто плутають із симптомами, які з'являються із-за дефіциту поживних речовин, фізіологічних розладів, пошкоджень від гербіцидів або перезволоження.

На сочевиці *Alfalfa mosaic virus* викликає пожовтіння та значне відставання рослин у рості, яке супроводжується вкороченням довжини міжвузля стебла та зниженням зернової продуктивності (рис. 6.3).

Коло рослин-господарів цього вірусу представлене більше, ніж 300 видами рослин із 47 родин, в тому числі представниками *Leguminosae*, *Solanaceae*, *Compositae* та ін. Симптоми вірусного ураження варіюють від яскравих проявів (мозаїка до яскраво-жовтого кольору, деформація, затримка росту рослини, пожовтіння листків, інколи некрози, але суворі некрози зустрічаються рідко) до латентного вірусноносійства в залежності від штаму вірусу, виду рослин та умов вирощування.

AMV передається механічно, багатьма видами попелиць, зокрема *Muzus persicae* та насінням і пилком хворих рослин [107]. AMV поширений по всьому світу, в тому числі і в Україні [123].

4.7. Вірус огіркової мозаїки

Вірус огіркової мозаїки (*Cucumber mosaic virus*, CMV) належить до роду *Cuscutovirus* родини *Bromoviridae*. Віріони ікосаедричної симетрії, діаметром приблизно 29 нм (рис. 4.9) [62]. Віріони детектуються у цитоплазмі всіх тканин інфікованої рослини, часто формують включення різної форми.

Геном трипартитний і представлений трьома молекулами одноланцюгової позитивної РНК. П'ять генів кодують наступні білки: 1a, 2a, 2b, 3a і 3b/капсидний білок (CP). Загальний розмір геному становить 8.621 т.о. (Додаток 4.13) [39].

CMV знайдений у всіх частинах світу і має велику кількість штамів. Деякі штами CMV можуть містити сателітну РНК (РНК-3). РНК-3 – одноланцюгова молекула довжиною 332–342 нуклеотиди, реплікація якої повністю залежить від CMV. Сателітна РНК може упакуватись у віріони CMV, що забезпечує її розповсюдження векторами від рослини до рослини. В залежності від рослини-господаря, присутність РНК-5 може не мати ніякого впливу на симптоми індукованого CMV захворювання, підсилювати їх шляхом утворення системних хлорозів або некрозів, або ж пригнічувати типові прояви CMV на рослині. Ймовірний сценарій перебігу хвороби залежить від взаємодії сателітної РНК, штаму CMV та виду/сорту рослини-господаря [50].

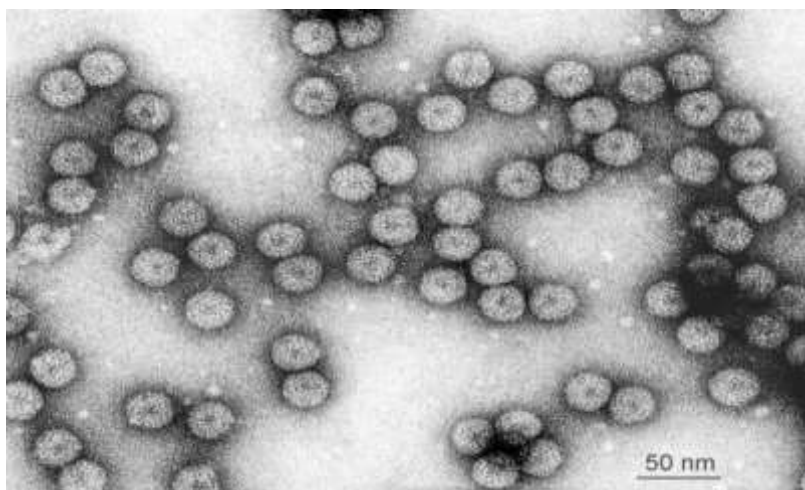


Рис. 4.9. Електронно-мікроскопічне зображення віріонів СМВ

На сочевиці СМВ було вперше виявлено в Ірані [65]. За даними літератури, вірус природним шляхом інфікує сочевицю в Австралії, Ефіопії, Індії, Ірані, Непалі, Новій Зеландії, Пакистані та Сирії [48, 64, 66, 67, 105, 114, 125]. Повідомляється, що вірус викликає економічні втрати при вирощуванні сочевиці в Західній Австралії [64] і є причиною значних втрат врожаю сочевиці в Ірані [66]. В Індії захворюваність різних сортів сочевиці на СМВ коливалась у діапазоні 5–100% [114].

Сорти сочевиці, інфіковані СМВ, характеризуються зниженням врожаю на 17–19% [48]. Інфікування рослин сочевиці даним вірусом перед та під час цвітіння призводить до втрат врожаю у 87% та 75% відповідно [66].

До типових симптомів, індукованих СМВ на сочевиці, відносять: хлороз, затримку росту рослини, проліферацію бокових пагонів та зменшення розміру листків, що негативно впливає на формування квіток і стручків (Додаток 4.14). Формується дрібне, знебарвлене та зморшквате насіння [66, 114].

СМВ має широкий спектр рослин-господарів та інфікує понад 800 видів однодольних та дводольних рослин із понад 85 родин. Також відомо, що в природі даний вірус здатний інфікувати *V. unguiculata* і *P. sativum* [24].

СМВ переноситься механічно, неперсистентно за допомогою 75 видів попелиць [102], а також рослинами-паразитами, наприклад повитицею (*Cuscuta* sp.), і насінням [11]. Основними переносниками є попелиці *A. pisum*, *A. fabae*, *A. craccivora*, *M. persicae*, *M. euphorbiae*, *Rhopalosiphum padi* L. та *A. solani* [42]. Ефективність передачі векторами залежить від виду комахи-переносника, штаму вірусу, виду рослини-господаря, умов навколишнього середовища та пори року. Важливо відмітити, що для сочевиці є актуальною насіннева передача СМВ [48, 64, 98].

4.8. Вірус мозаїки турнепсу

Вірус мозаїки турнепсу (*Turnip mosaic virus*, TuMV) належить до роду *Potyvirus* родини *Potyviridae*. Віріони ниткоподібні, приблизно 700–750 нм у довжину (рис. 4.10) [34, 135].

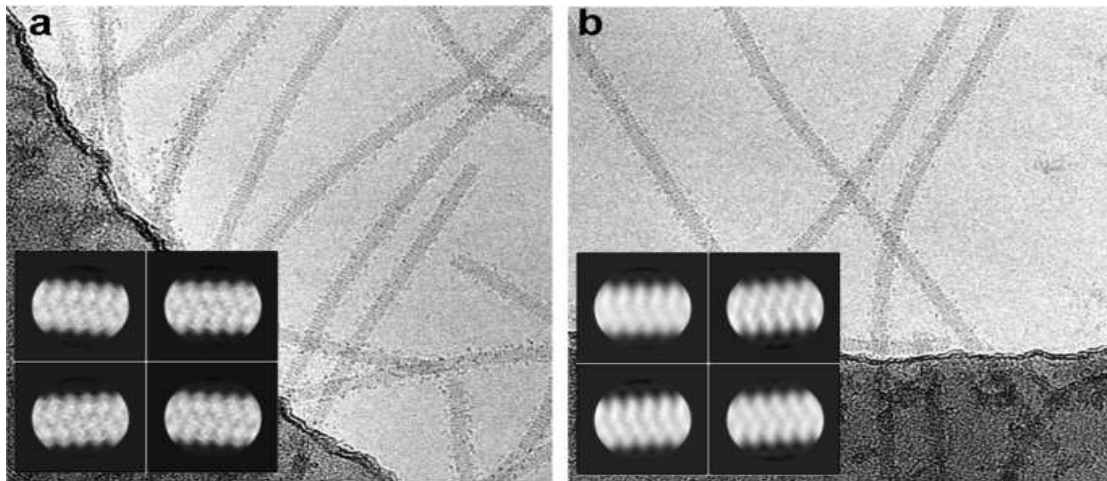


Рис. 4.10. Електронно-мікроскопічне зображення віріонів TuMV [34]

Геном представлений одноланцюговою позитивною РНК розміром приблизно 10 т.о. Подібно до інших потівірусів, геном TuMV має одну відкриту рамку зчитування (ORF), при трансляції якої утворюється один великий поліпротеїн, який надалі розщеплюється вірус-кодованими ферментами у 10 функціональних білків (Додаток 4.15) [130, 143].

TuMV поширений в усьому світі і був виявлений як у помірних, так і у субтропічних регіонах Африки, Азії, Європи, Океанії, а також у Північній та Південній Америках. У Європі TuMV детектований у Великобританії, Іспанії, Італії, Греції, Німеччині, Нідерландах, Чеській Республіці, Угорщині, Болгарії, Польщі, Росії та Україні [73].

Як і у випадку більшості потівірусів, для TuMV притаманне вкрай широке коло господарів, хоча найчастіше даний вірус інфікує представників родини хрестоцвітних (*Brassicaceae*) і спричинює системні симптоми (мозаїку, плямистість, хлоротичні ураження та ін.).

На сочевиці TuMV був вперше ідентифікований в Австралії [121].

TuMV передається головним чином різними видами попелиць, а також механічно від рослини до рослини, але не передається насінням, хоча нещодавно це було поставлене під сумнів для одного з ізолятів цього вірусу [144].

4.9. Вірус плямистого в'янення томату

Вірус плямистого в'янення томату (*Tomato spotted wilt virus, TSWV*) належить до роду *Tospovirus* родини *Bunyaviridae*. Віріони являють собою сферичні частинки з суперкапсидною оболонкою (рис. 4.11), приблизно 70–110 нм в діаметрі, які містять щонайменше чотири різні білки: внутрішній білок нуклеокапсида (N); два мембранних глікопротеїни (G1 і G2) і великий білок (L) [23].

Усередині вірусного нуклеокапсиду знаходиться три молекули вірусної РНК, кожна з яких асоційована з декількома копіями нуклеокапсидного білка, що відрізняє TSWV від більшості інших вірусів рослин [142]. Три молекули РНК відрізняються за розміром і називаються великою (L), середньою (M) і

малою (S) (рис. 4.12). Також всередині віріона знаходиться декілька копій вірусної реплікази, яка необхідна для ініціації реплікації вірусу в інфікованій клітині господаря.

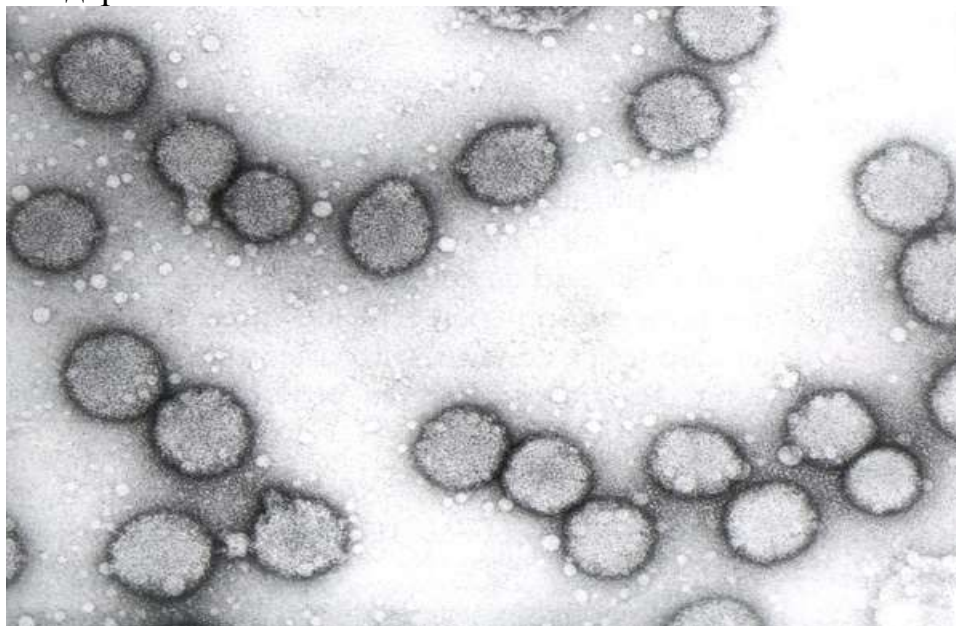


Рис. 4.11. Електронно-мікроскопічне зображення віріонів TSWV [23]

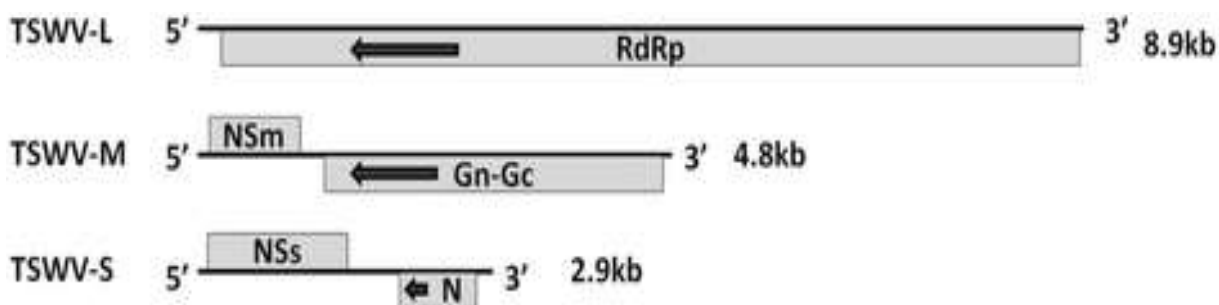


Рис. 4.12. Схематичне зображення геному *Tomato spotted wilt virus* [142]

TSWV поширений в помірних, субтропічних і тропічних регіонах по всьому світу. Хвороба уражує приблизно 800 різних видів рослин.

Вірус плямистого в'янення томату здатний уражувати різноманітні трав'янисті рослини, в тому числі такі важливі культури, як овочевий перець, салат-латук, тютюн, томати та ще приблизно 271 різних видів. Понад 100 з них є представниками родин *Asteraceae*, *Fabaceae* та *Solanaceae* [109]. На сочевиці *Tomato spotted wilt virus* був вперше ідентифікований в Бразилії [49]. Даний вірус не передається насінням, але передається механічно і персистентно векторами (трипсами). При цьому TSWV розмножується у трипсах, які здатні передавати вірус протягом всього життя. Векторами цього вірусу є дев'ять видів трипсів: *Frankliniella occidentalis*, *F. schultzei*, *F. fusca*; *Thrips tabaci*; *T. setosus*, *T. moultoni*; *F. tenuicornis*, *Lithrips dorsalis* та *Scirtothrips dorsalis*. Перші чотири розглядаються як найбільш важливі вектори через їх широке розповсюдження і здатність годуватися на великій кількості рослин-господарів [101, 104].

Серед описаних вище вірусів, які зустрічаються на сочевиці в Європі, для України з урахуванням потенційної шкодочинності є актуальними п'ять патогенів: вірус жовтої мозаїки квасолі (BYMV), вірус мозаїки люцерни (AMV), вірус огіркової мозаїки (CMV), вірус мозаїки турнепсу (TuMV) та вірус плямистого в'янення томату (TSWV).

Слід відмітити, що жодного випадку інфікування сочевиці даними вірусами не було задокументовано. TSWV є карантинним об'єктом і на бобових останніми роками не був діагностований. Тим не менше, серед даних вірусів: BYMV, CMV та TuMV є поширеними в Україні патогенами [80]. З урахуванням кола чутливих рослин-господарів різноманіття способів передачі та поширення, особливу небезпеку для вирощування сочевиці може становити CMV.

Невивченість вірусних хвороб сочевиці в Україні, вочевидь, потребує проведення моніторингових досліджень, що набуває особливої ваги з огляду на зростаючу популярність даної культури.

Список літератури до розділу 4

1. *Жмурко Л.И., Молчанец О.В., Порембская Н.Б.* Изоляты вируса жёлтой мозаики фасоли, поражающего кормовой люпин в условиях Украины. 7-й съезд украинского микробиологического общества, часть 2. Черновцы. 1989. 171–172.
2. *Кириченко А.М.* Вплив вірусу жовтої мозаїки квасолі на метаболізм фотосинтетичних пігментів, білків і вуглеводів у *Glycine soja* L. Мікробіол. журн. 2014.76 (1). 47–52.
3. *Малиш І.Ю., Федоренко В.П.* Довгоносики родини Arionidae на посівах конюшини. Захист і карантин рослин. 2012.58.320–336.
4. Проблеми збереження біорізноманіття Українських Карпат: Матеріали ІХ регіональної конференції молодих вчених та студентів із міжнародною участю. 5-6 травня 2016 р. Ужгород. 2016. 65 с.
5. *Тверитина Т.А.* О долгоносиках Закарпатья, связанных с бобовыми травами. Научные записки: Ужгородский государственный университет. Львов: Издательство Львовского университета им. Ивана Франко. 1955. Том XI. 85-87.
6. *Терещенко В.Е.* Видовой состав и динамика численности вредителей клевера. Научные труды УСХА. Комплексные методы борьбы с вредителями и болезнями с.-х. культур. Вып. 159. К. 1977. 26–29.
7. *Abd El-Ghaffar M.H., Abo-El Maaty S.A., Mahmoud S.Y.M.* Identification and detectability of broad bean stain virus in broad bean seeds and effects on nodulation. Archives of Phytopathology and Plant Protection. 2011. 44(4).390–403. DOI: 10.1080/03235400903092925
8. *Aftab M., Iqbal S.M., Rauf C.A.* Effect of lentil strain of pea seed-borne mosaic virus in lentil. LENS Newsletter. 1992. 19.51–53.
9. *Agindotan B., Fenoglio J., Mahathar M., McPhee K., Burrows M.* First Report of Bean Leafroll Virus in Chickpea, Lentil, and Dry Pea in Montana. Plant Disease. 2018. 103 (5).1050 DOI: 10.1094/PDIS-10-18-1873-PDN

10. *Alconero R., Provvidenti R., Gonsalves D.* Three pea seedborne mosaic virus pathotypes from pea and lentil germplasm. *Plant Disease*. 1986. 70.783–786.
11. *Ali A., Kobayashi M.* Seed transmission of Cucumber mosaic virus in pepper. *Journal of Virological Methods*. 2010. 163. 234-237.
12. *Al-Khalaf M., Makkouk K., Kasem A.H.* Seed transmission of broad bean stain virus in lentil with respect to genotype variability and seed size. *Arab J. Plant Prot.* 2002. 20.106-110.
13. *Al-Mabrouk O. and Mansour A.N.* Viruses affecting lentil in Jordan. *Arab Journal of Plant Protection*. 2000. 18.103-104.
14. *Antipov I.O.* PCR diagnostic of the bean yellow mosaic virus. *Sci. Proc. Nat. Univ. Life and Pryrodokorystuavnnya Ukraine*. 2014. 204. 151–154.
15. *Aydin H.* Pea Enation Mosaic Virus Resistance in Lentil (*Lens culinaris*). *Plant Dis.* 1987. 71.635-638. DOI: 10.1094/PD-71-0635.
16. *Baggett J.R., Hampton R.O.* Oregon B442-15 and B445-66 pea seedborne mosaic virus-resistant breeding lines. *HortScience*. 1977. 12. 506.
17. *Baggett J.R., Kasimor K., Hampton R.O.* OSU 663, OSU 668, and OSU 677 pea breeding lines resistant to pea seedborne mosaic virus. *HortScience*. 1994. 29(4). 337-338.
18. *Bakr M.A.* Plant protection of lentil Bangladesh. In: Erskine, W. and Saxena, M.C. (eds) *Lentil in South Asia. Proceedings of the Seminar on Lentils in South Asia, 11–15 March 1991, New Delhi, India.* International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria. 1993. 177–184.
19. *Baldodiya G.M., Baruah G., Sen P., Nath P.D.* Host-Parasite Interaction During Development of Major Seed-Transmitted Viral Diseases. In book: *Seed-Borne Diseases of Agricultural Crops: Detection, Diagnosis & Management*. 2020. 265–289.
20. *Bayaa B., Kumari S.G., Akkaya A., Erskine W., Makkouk K.M., Turk Z., Ozberk I.* Survey of major biotic stresses of lentil in South-East Anatolia, Turkey. *Phytopathologia Mediterranea*. 1998. 37. 88–95.
21. *Bekele B., Kumari S.G., Ali K., Yusuf A., Makkouk K.M., Aslake M., Ayalew M., Girma G., Hailu D.* Survey for viruses affecting legume crops in Amhara and Oromia Regions in Ethiopia. *Phytopathologia Mediterranea*. 2005. 44. 235–246.
22. *Bellardi M.G., Pisi A., Masenga V.* Bean yellow mosaic virus infecting *Ixia* bulbs imported from Holland. *Phytopathologia Mediterranea*. 1987. 26(3). P.165-169. <https://www.jstor.org/stable/42685647>
23. *Blancard D.* 2014. <http://ephytia.inra.fr/en/C/10818/Tobacco-Tomato-spotted-wilt-virus-TSWV>
24. *Bos L.* Legume viruses. In Brian W. J. M., & Van Regenmortel M. H. V. (Eds.), *Desk encyclopedia of plant and fungal virology*. United Kingdom: Elsevier/Academic Press. 2008. 419–426.
25. *Bossennec J.M., David O., Demange N., Faivre B., Letarnec B., Palluault M., Taupin P., Maury Y.* Nuisibilité au champ des deux principaux virus des pois protéagineux: virus de la mosaïque énation du pois et pea seed borne mosaic virus. *Phytoma*. 2000. 526. 21–24.

26. *Cattlin N.* 2019. <https://www.sciencesource.com/archive/Broad-bean-stain-virus-SS116386.html#/SearchResult&ITEMID=SS116386>
27. *Chatzivassiliou E.K., Giakountis A., Kumari S.G., Makkouk K.M.* Viruses affecting lentil (*Lens culinaris* Medik.) in Greece; incidence and genetic variability of Bean leafroll virus and Pea enation mosaic virus. *Phytopathol. Mediterr.* 2016. 55.239–252.
28. *Chen X., Li K., Luo H.M., Han S., Liu Q., Tan G., Li R., Li F.* The occurrence of Pea enation mosaic virus 1 and Pea enation mosaic virus 2 from disease-affected pea fields in China. *Plant Dis.* 2020. 27. doi: 10.1094/PDIS-05-20-1123-PDN.
29. *Chiko A.W. and Zimmer R.C.* Effect of pea seed-borne mosaic virus on two cultivars of field pea grown in Manitoba. *Canadian Journal of Plant Science.* 1978. 58(4).1073–1080.
30. *Cockbain A.J., Gibbs A.J.* Host range and overwintering sources of bean leafroll and pea enation mosaic viruses in England. *Annals of Applied Biology.* 1973. 73. 177–187.
31. *Cockbain A.J., Cook S.M. and Bowen R.* Transmission of broad bean stain virus and *Ecthesia Ackerbohnmosaik Virus* to field beans (*Vicia faba*) by weevils. *Annals of Applied Biology.* 1975. 81. 331–339.
32. *Cockbain A.J.* Viruses and virus-like disease of *Vicia faba* L. In: *Hebblethwaite P.D.* (ed.) *The Faba Bean (Vicia faba L.)*. Butterworths, London, UK. 1983. 421-461.
33. *Congdon B.S., Coutts B.A., Renton M., van Leur J.A., Jones R.A.* Seed fractionation as a phytosanitary control measure for Pea seed-borne mosaic virus infection of field pea seed-stocks. *Eur J Plant Pathol.* 2017. 148(3). 733–737.
34. *Cuesta R., Yuste-Calvo C., Gil-Cartón D., Sánchez F., Ponz F., Valle M.* Structure of Turnip mosaic virus and its viral-like particles. *Scientific Reports.* 2019. 9.15396.
35. *Dahal G., Albrechtsen S.E.* Some studies on cowpea aphid-borne mosaic and pea seed-borne mosaic potyviruses in Nepal. *International Journal of Pest Management.* 1996. 42(4). 337–344.
36. *Demler S.A. and de Zoeten G.A.* The nucleotide sequence and luteovirus-like nature of RNA 1 of an aphid non-transmissible strain of pea enation mosaic virus. *J Gen Virol.* 1991. 72 (8). 1819–1834. doi: 10.1099/0022-1317-72-8-1819.
37. *Demler S.A., de Zoeten G.A., Adam G., Harris K.F.* Pea enation mosaic enamovirus: properties and aphid transmission. In *The Plant Viruses*. Edited by B. Harrison & A. F. Murrant. New York: Plenum Press. 1996. 303–344.
38. *Demler S.A., Rucker-Feeney D.G., Skaf J.S., de Zoeten G.A.* Expression and suppression of circulative aphid transmission in pea enation mosaic virus. *J Gen Virol.* 1997. 78. 511–523.
39. *Ding SW.* New overlapping gene encoded by the cucumber mosaic virus genome. *Virology.* 1994. 198. 593–601.

40. *Domier L.L., McCoppin N.K., Larsen R.C., D'Arcy C.J.* Nucleotide sequence shows that Bean leafroll virus has a Luteovirus-like genome organization. *Journal of General Virology*. 2002. 83. 1791–1798.
41. *Dusi A.N., Nagata T., Iizuka N.* Occurrence of pea seed-borne mosaic virus in Brazil. *Fitopatologia Brasileira*. 1994. 19(2). 219–223.
42. *Edwardson J.R. and Christie R.G.* Viruses Infecting Forage Legumes. Monograph 14 (three volumes). Florida Agricultural Experiment Stations, Gainesville, Florida, USA. 1986. 742 p.
43. *El-Bramawy M.A.S.A. and El-Beshehy E.K.F.* Inheritance of Resistance to Bean Yellow Mosaic Virus in Faba Bean Plants. *International Journal of Virology*. 2012. 8(1). 98–105. DOI: 10.3923/ijv.2012.98.105
44. *El-Brmaw M.A. and El-Beshehy E.K.F.* The Resistance of Bean Yellow Mosaic Virus (BYMV) in Faba bean (*Vicia faba* L.) with Diallel Analysis. *Journal of Biology and Life Science*. 2011. 2(1). 1–15. DOI: 10.5296/jbls.v2i1.588
45. *El-Muadhidi M.A., Makkouk K.M., Kumari S.G., Jerjess M., Murad S.S., Mustafa R.R., Tarik F.* Survey for legume and cereal viruses in Iraq. *Phytopathologia Mediterranea*. 2001. 40. 224–233.
46. *Fiedorow Z., Szlachetka-Wawrzyniak E.* Transmission of broad bean stain virus (BBSV) by seeds of pea (*Pisum sativum* L.). *Plant Breed. Seed Sci.* 2002. 46. 81–88.
47. *Fischer H. and Lockhart B.* Identification of broad bean stain virus as the cause of a widespread disease of broad beans in Morocco. *Journal of Plant Diseases and Protection*. 1976. 83(6). 332–337. <http://www.jstor.org/stable/43214085>
48. *Fletcher J.D.* Surveys of virus disease in pea, lentil, dwarf and broad bean crops in South Island, New Zealand. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 1993. 21. 45–53.
49. *Fonseca M.E.N., Botteux L.S., De Avila A.C., Lima M.I., Kitazima E.W.* Detection of tomato spotted wilt tospovirus in lentil. *Plant Disease*. 1995. 79.320.
50. *García-Arenal F, Escriu F, Aranda MA, Alonso-Prados JL, Malpica JM, Fraile A.* Molecular epidemiology of Cucumber mosaic virus and its satellite RNA. *Virus Res*. 2000. 71(1–2). 1–8.
51. *Gheshlaghi T.M., Shahraeen N., Rakhshandehroo F.* Report on host range and serological detection of Pea seed borne mosaic virus from lentil (*Lens culinaris* Medik). The second national congress of monitoring and forecasting in plant protection, 9 March 2017. Gorgan: Gonbadcavoos Universit. 2017. 34
52. *Gheshlaghi T.M., Shahraeen N., Rakhshandehroo F.* Serological and molecular characteristics of pea seed borne mosaic virus- PSbMV from lentil (*Lens culinaris* Medik L.) in Iran. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. 2019. 52(7). 1–11. DOI: 10.1080/03235408.2019.1661759
53. *Giakountis A., Skoufa A., Paplomatas E.I., Tokatlidis I.S., Chatzivassiliou E.K.* Molecular characterization and phylogenetic analysis of a Greek lentil isolate of Pea seed-borne mosaic virus. *Phytoparasitica*. 2015. 43(5). 615–628.

54. *Gofflot A., Verhoyen M.* Identification of pea seedborne mosaic virus (PSBMV) in pea seeds in Belgium. *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Universiteit Gent.* 1993. 58(3a). 1067–1076.
55. *Gonsalves D., Shepherd R.J.* Biological and physical properties of the two nucleoprotein components of pea enation mosaic virus and their associated nucleic acids. *Virology.* 1972. 48. 709–723.
56. *Goodell J.J., Hampton R.O.* Ecological characteristics of the lentil strain of pea seedborne mosaic virus. *Plant Disease.* 1984. 68(2). 148–150.
57. *Hampton R.O. and Muehlbauer F.J.* Seed transmission of pea seedborne mosaic virus in lentils. *Plant Disease Reporter.* 1977. 61. 235–238.
58. *Hampton R.O.* Incidence of the lentil strain of pea seed-borne mosaic virus as a contaminant of *Lens culinaris* germplasm. *Phytopathology.* 1982. 72. 695–698.
59. *Harris K.F., Bath J.E.* The fate of pea enation mosaic virus in its pea aphid vector, *Acyrtosiphon pisum* (Harris). *Virology.* 1972. 50. 778–790.
60. *Heathcote G.D., Gibbs A.J.* Virus diseases in British crops of field beans (*Vicia faba* L.). *Plant Pathology.* 1962. 11. 69–73.
61. *Hema M., Sreenivasulu P., Patil B.L., Kumar P.L., Reddy D.V.R.* Tropical food legumes: virus diseases of economic importance and their control. *Adv Virus Res.* 2014. 90(1). 431–505. 10.1016/B978-0-12-801246-8.00009-3.
62. *Jacquemond M.* Cucumber mosaic virus. *Adv Virus Res.* 2012. 84. 439–504.
63. *Johansen I.E., Dougherty W.G., Keller K.E., Wang D., Hampton R.O.* Multiple viral determinants affect seed transmission of pea seedborne mosaic virus in *Pisum sativum*. *Journal of General Virology.* 1996. 77(12). 3149–3154.
64. *Jones R.A.C. and Coutts B.A.* Alfalfa mosaic and cucumber mosaic virus infection in chickpea and lentil: incidence and seed transmission. *Annals of Applied Biology.* 1996. 129. 491–506.
65. *Kaiser W.J., Danesh D., Okhovat M., Mossahebi H.* Diseases of pulse crops (edible legumes) in Iran. *Plant Disease Reporter.* 1968. 52. 687–691.
66. *Kaiser W.J.* Etiology and biology of viruses affecting lentil (*Lens esculenta* Moench.) in Iran. *Phytopathologia Mediterranea.* 1973. 12. 7–14.
67. *Karki P.B.* Plant protection of lentil in Nepal. In: Erskine, W. and Saxena, M.C. (eds) *Lentil in South Asia. Proceedings of the Seminar on Lentils in South Asia, 11–15 March 1991, New Delhi, India.* International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria. 1993. 187–191.
68. *Kassim N.A.* Studies on certain viruses on chickpea and lentil in Ninevah Governorate. PhD thesis, University of Mousul, Iraq. 1997. 167 p.
69. *Kaur Ch., Raj R., Kumar S., Purshottam D.K., Agrawal L., Chauhan S., Raj S.K.* Elimination of Bean yellow mosaic virus from infected cormels of three cultivars of gladiolus using thermo-, electro- and chemotherapy. *Biotech.* 2019. 9(4). 68. DOI: 10.1007/s13205-019-1684-x
70. *Khetarpal R.K., Maury Y.* Pea seed-borne mosaic virus: a review. *Agronomie.* 1987. 7(4). 215–224.

71. Klein R.E., Larson R.C., Kaiser W.J. Virus epidemic of grain legumes in eastern Washington. *Plant Disease*. 1991. 75. 1186.
72. Kohlen P.D., Dougherty W.G., Hampton R.O. Detection of pea seedborne mosaic potyvirus by sequence specific enzymatic amplification. *Journal of Virological Methods*. 1992.37(2). 2P. 53–258.
73. Korotieieva H.V., Polishchuk V.P. Viruses of orchids of the natural flora in Ukraine. *Mikrobiol Z*. 2004. 66(2). 74–80.
74. Kumari S.G. and Makkouk K. Evaluation of different ELISA procedures for the detection of pea seed-borne mosaic potyvirus and broad bean stain comovirus in lentil leaf extracts. *Arab Journal of Plant Protection*. 1993. 11(2). 86–91.
75. Kumari S.G., Makkouk K.M., Ismail I.D. Seed transmission and yield loss induced in lentil (*Lens culinaris* Med.) by bean yellow mosaic potyvirus. *LENS Newsletter*. 1994. 21. 42–44.
76. Kumari S.G. and Makkouk K.M. Variability among twenty lentil genotypes in seed transmission rated and yield loss induced by pea seed-borne mosaic potyvirus infection. *Phytopathologia Mediterranea*. 1995. 34. 129–132.
77. Kumari S.G., Makkouk K.M. and Bayaa B. Pea Enation Mosaic Virus-1 Infecting Lentil in Syria, and Further Information on its Host Range, Purification, Serology and Transmission Characteristics. *Arab J. Pl. Prot*. 2001. 19. 65–72.
78. Kumari S.G. A study on luteoviruses affecting cool-season food legumes. PhD thesis, Aleppo University, Aleppo, Syria. 2002. 230 p.
79. Kumari S.G. and Makkouk K.M. Virus diseases of faba bean (*Vicia faba* L) in Asia and Africa. *Plant Viruses*. 2007. 1. 93–105.
80. Kyrychenko A.M., Antipov I.O., Hrynychuk K.V. Phylogenetic analysis of Ukrainian BYMV isolates from soybeans and beans. *Cytology and Genetics*. 2017. 51. 173–178.
81. Lange L., Jomantor A., Heide M. Testing seeds for viruses by dot immuno binding (DIB) directly on plain paper. *Tidsskrift for Planteavl*. 1989. 93(1). 93–96.
82. Larsen R.C., Webster D.M. First Report of Bean Leafroll Luteovirus Infecting Pea in Italy. *Plant Dis*. 1999. 83(4). 399. doi: 10.1094/PDIS.1999.83.4.399B.
83. Larsen R.C., Porter L.D. Identification of novel sources of resistance to Pea enation mosaic virus in chickpea germplasm. *Plant Pathology*. 2009. 59(1). 42–47. DOI: 10.1111/j.1365-3059.2009.02198.x
84. Latham L.J., Jones R. A. C., McKirdy S.J. Cucumber mosaic cucumovirus infection of cool-season crop, annual pasture, and forage legumes: Susceptibility, sensitivity, and seed transmission. *Crop and Pasture Science*. 2001. 52(6).683–697. DOI: 10.1071/AR00144
85. Leclercq-Le Quillec F., Maury Y. *Phytoma*. 1998. 502. 41–43.
86. Lecorre F., Lai-Kee-Him J., Blanc S., Zeddani J.-L., Trapani S., Bron P. The cryo-electron microscopy structure of Broad Bean Stain Virus suggests a common capsid assembly mechanism among comoviruses. *Virology*. 2019. 530. 75–84. <https://doi.org/10.1016/j.virol.2019.02.009>

87. *Ligat J.S., Cartwright D., Randles J.W.* Comparison of some pea seed-borne mosaic virus isolates and their detection by dot-immunobinding assay. *Australian Journal of Agricultural Research*. 1991. 42(3). 41–45.
88. *Ligat J.S., Randles J.W.* An eclipse of pea seed-borne mosaic virus in vegetative tissue of pea following repeated transmission through the seed. *Annals of Applied Biology*. 1993. 122(1). 9–47.
89. *Lundsgaard T.* Pea Seedborne Mosaic Virus Isolated from Broad Bean (*Vicia faba* L.) in Denmark. *Acta Agriculturae Scandinavica*. 1981. 31 (2). 116–122. <https://doi.org/10.1080/00015128109435310>
90. *Mabrouk O., Mansour A.N.* Effect of pea seedborne mosaic and broad bean stain viruses on lentil growth and yield in Jordan. *Sci. Hortic*. 1998. 73. 175–178.
91. *Mahfouze S., Khattab E., Gadalla N.* Resistance of Faba Bean Accessions to Bean Yellow Mosaic Virus and Broad Bean Stain Virus. *The African Journal of Plant Science and Biotechnology*. 2012. 6. 60–65.
92. *Makkouk K.M. and Kumari, S.G.* Variability among 19 lentil genotypes I seed transmission rates and yield loss induced by broad bean stain virus infection. *LENS Newsletter*. 1990. 17. 31–33.
93. *Makkouk K.M., Kumari S.G., Al-Daoud R.* Survey of viruses affecting lentil (*Lens culinaris* Med.) in Syria. *Phytopathologia Mediterranea*. 1992. 31. 188–190.
94. *Makkouk K.M., Kumari S.G., Bos L.* Pea seed-borne mosaic virus: occurrence in faba bean (*Vicia faba* L.) and lentil (*Lens culinaris* Med.) in West Asia and North Africa, and further information on host range, purification, serology, and transmission characteristics. *Netherlands Journal of Plant Pathology*. 1993. 99. 115–124.
95. *Makkouk K.M., Rizkallah L., Madkour M., El-Sherbeeney M., Kumari S.G., Amriti A.W., Solh M.B.* Survey of faba bean (*Vicia faba* L.) for viruses in Egypt. *Phytopathologia Mediterranea*. 1994. 33. 207–211.
96. *Makkouk K.M. and Kumari S.G.* Transmission of broad bean stain comovirus and broad bean mottle bromovirus by weevils in Syria. *Journal of Plant Disease and Protection*. 1995. 102. 136–139.
97. *Makkouk K.M., Bashir M., Jones R.A.C., Kumari S.G.* Survey for viruses in lentil and chickpea crops in Pakistan. *Journal of Plant Diseases and Protection*. 2001. 108. 258–268.
98. *Makkouk K.M. and Attar N.* Seed transmission of cucumber mosaic virus and alfalfa mosaic virus in lentil seeds. *Arab Journal of Plant Protection*. 2003. 21. 49–52.
99. *Makkouk K.M., Kumari S.G., Shahraeen N., Fazlali Y., Farzadfar Sh., Ghotbi T., Reza Mansouri A.* Identification and seasonal variation of viral diseases of chickpea and lentil in Iran. *Journal of Plant Diseases and Protection*. 2003a. 110. 157–169.
100. *Makkouk K.M., Kumari S.G., Huges J.D.A., Muniyappa V., Kulkarni N.K.* Other legumes. In G. Loebenstein, & G. Thottappilly (Eds.), *Virus and virus-*

like disease of major crops in developing countries. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher. 2003b. 447–476.

101. *Marchoux G., Gebre-Selassie K., Villeveille M.* Detection of tomato spotted wilt virus and transmission by *Franklinella occidentalis* in France. *Plant Pathol Plant.* 2007. 40(3). 347–351.

102. *Mauck K.E., De Moraes C.M., Mescher M.C.* Biochemical and physiological mechanisms underlying effects of Cucumber mosaic virus on host-plant traits that mediate transmission by aphid vectors. *Plant, Cell & Environment.* 2014. 37. 1427–1439.

103. *Mazur M.* The distribution and ecology of weevils (Coleoptera: Nemonychidae, Attelabidae, Apionidae, Curculionidae) in western Ukraine. *Acta zoologica cracoviensia.* 2002. 45(3). 213–244.

104. *Medeiros R.B., Resende R.O., de Avila A.C.* The plant virus Tomato spotted wilt tospovirus activates the immune system of its main insect vector, *Frankliniella occidentalis*. *J Virol.* 2004. 78. 4976–4982.

105. *Mouhanna A.M., Makkouk K.M. and Ismail I.D.* Survey of virus disease of wild and cultivated legumes in the coastal region of Syria. *Arab Journal of Plant Protection.* 1994. 12. 12–19.

106. *Nakazono-Nagaoka E., Takahashi T., Shimizu T., Kosaka Y., Natsuaki T., Omura T., Sasaya T.* Cross-Protection Against Bean yellow mosaic virus (BYMV) and Clover yellow vein virus by Attenuated BYMV Isolate M11. *Phytopathology.* 2009. 99(3). 251–257. DOI: 10.1094/PHYTO-99-3-0251

107. *Nelson M., Wen R.-H., Ownley B. H., Hajimorad M. R.* Co-infection of soybean with Soybean mosaic virus and Alfalfa mosaic virus results in disease synergism and alteration in accumulation level of both viruses. *Plant Dis.* 2009. 93. 1259–1264.

108. *Osborn, H.T.* Studies on pea virus 1. *Phytopathology.* 1938. 28. 923.

109. *Pappu H., Jones R., Jain R.* Global status of Tospovirus epidemics in diverse cropping systems: Successes achieved and challenges ahead. *Virus Research.* 2000. 141. 219–236.

110. *Pardina P.R., Nome C., Reyna P., Muñoz N., Caro E.A., Luque A., Debat H.J.* Bean yellow mosaic virus infecting broad bean in the green belt of Córdoba, Argentina. *Biotech.* 2019. 9(4). 154. <https://doi.org/10.1101/606384>

111. Plant Viruses Online <http://bio-mirror.im.ac.cn/mirrors/pvo/vide/images/d9.jpg>

112. *Pospieszny H.* Identification of broad bean stain virus (BBSV) in Poland. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 1983. 291. 245–249.

113. *Quantz L. and Volk J.* *NachrBl. dtsh. PflSchutz., Braunschweig.* 1954. 6. 177.

114. *Rangaraju R. and Chenulu V.V.* Occurrence of interveinal chlorosis of lentil in India. *Current Science.* 1981. 50. 191–192.

115. *Ravelonandro M., Pinck M., Pinck L.* Complete nucleotide sequence of RNA3 from alfalfa mosaic virus, strain S. *Biochimie (France).* 1984. 66(5). 395–402.

116. *Russo M., Kishtah A.A., Tolba M.A.* A disease of lentil caused by bean yellow mosaic virus in Egypt. *Plant Disease*. 1981. 65. 611–612.
117. *Russo M., Castellano M.A., Martelli G.P.* The ultrastructure of broad bean stain and broad bean true mosaic virus infections. *J. Submicrosc. Cytol.* 1982. 14. 149–160.
118. *Šafářová D., Navrátil M.* Genetic variability of the Czech Pea enation mosaic virus isolates. *Czech J. Genet. Plant Breed.* 2014. 50. 100–104.
119. *Sastry K.S., Mandal B., Hammond J., Scott S.W., Briddon R.W.* *Vicia faba* (Broad bean or Faba bean). *Encyclopedia of Plant Viruses and Viroids*. 2019. 2678–2697.
120. *Schroeder W.T. and Barton D.W.* The nature and inheritance of resistance to the pea enation mosaic virus in garden pea, *Pisum sativum* L. *Phytopathology*. 1958. 48. 628 p.
121. *Schwinghamer M.W., Thomas J.E., Parry J.N., Schilg M.A., Dann E.K.* First record of natural infection of chickpea by Turnip mosaic virus. *Australasian Plant Disease. Notes*. 2007. 2. 41–43.
122. *Selvaraj D., Pokorny R., Holkova L.* Variability of Bean yellow mosaic virus isolates in the Czech Republic. *Acta Virol.* 2009. 53(4). 277–280.
123. *Sherepitko D.V.* Molecular-genetic and biological properties of viruses (soybean mosaic potyvirus, alfalfa mosaic alfamovirus) identified on soybean under environmental conditions of Forest-steppe zone of Ukraine. Thesis PhD. Kyiv. 2012. 35, Ukrainian.
124. *Shikata E., Maramorosch K., Granados R.R.* Electron microscopy of pea enation mosaic virus in plants and aphid vectors. *Virology*. 1966. 29. 426–436.
125. *Tadesse N., Ali K., Gorfu D., Abraham A., Lencho A., Ayalew M., Yusuf A., Makkouk K.M., Kumari S.G.* Survey for chickpea and lentil virus diseases in Ethiopia. *Phytopathologia Mediterranea*. 1999. 38. 49–158.
126. *Timmerman-Vaughan G., Larsen R., Murray S. McPhee K., Coyne C.* Analysis of the accumulation of Pea enation mosaic virus genomes in seed tissues and lack of evidence for seed transmission in pea (*Pisum sativum*). *Phytopathology*. 2009. 99(11). 1281–1288. doi: 10.1094/PHYTO-99-11-1281.
127. *Tornos T., Cebrián M.C., Córdoba-Sellés M.C., Alfaro-Fernández A., Herrera-Vásquez J.A., Font M.I., Jorda M.C.* First Report of Pea enation mosaic virus Infecting Pea and Broad Bean in Spain. *Plant Dis.* 2008. 92(10). 1469. doi: 10.1094/PDIS-92-10-1469C.
128. *Trucco V., de Breuil S., Bejerman N., Lenardon S., Giolitti F.* Bean leafroll virus (BLRV) in Argentina: molecular characterization and detection in alfalfa fields. *European Journal of Plant Pathology*. 2016. 146. 207–212.
129. *Ulashkevich M.I.* Nodule weevils of the species *Sitona lineata* L. and *Sitona crinita* Hbst. [In Ukrainian.]. *Vinnitza reg. agric. Exp. Sta. Kiev*. 1935. 23. 75 p.
130. *Urcuqui-Inchima S., Haenni A-L., Bernardi F.* Potyvirus proteins: a wealth of functions. *Virus Research*. 2001. 74. 157–175.

131. *van Leur J.A.G., Kumari S.G., Makkouk K.M., Rose I.A.* Viruses on faba bean in northeast Australia and strategies for virus control. In: Avila, C.M., Cubero, J.I., Moreno, M.T., Suso, M.J., Torres, A.M. (Eds.). 2006. International.
132. *van Leur J.A.G., Freeman A.E., Aftab M., Spackman M., Redden B., Materne M.* Identification of seed-borne Pea seed-borne mosaic virus in lentil (*Lens culinaris*) germplasm and strategies to avoid its introduction in commercial Australian lentil fields. *Australasian Plant Dis. Notes.* 2013. 8(1). DOI: 10.1007/s13314-013-0099-5
133. *Vemulapati B., Druffel K.L., Eigenbrode S.D., Karasev A., Pappu H.R.* Molecular characterization of Pea enation mosaic virus (genus *Enamovirus*) and Bean leaf roll virus (genus *Luteovirus*) from the Pacific Northwestern USA. *Archives of Virology.* 2010. 155 (10). 1713–1715. DOI: 10.1007/s00705-010-0767-0
134. *Vemulapati B., Druffel K.L., Husebye D., Eigenbrode S.D., Pappu H.R.* Development and application of ELISA assays for the detection of two members of the family *Luteoviridae* infecting legumes: Pea enation mosaic virus (genus *Enamovirus*) and Bean leafroll virus (genus *Luteovirus*). *Annals of Applied Biology.* 2014. 165(1). 130–136. <https://doi.org/10.1111/aab.12126>
135. Virus taxonomy. Ninth report of the International Committee on Taxonomy of Viruses. eds. A.M.Q. King, M.J. Adams, E.B. Carstens, E.J. Lefkowitz: Elsevier. 2012. 1327 p.
136. Virus Taxonomy. 2019.
https://talk.ictvonline.org/ictv-reports/ictv_online_report/positive-sense-rna-viruses/w/secoviridae/589/genus-comovirus
137. *Vovlas C. and Rana G.L.* Market virus diseases of market garden plants in Apulia, VII. *Lens esculenta* Moench, a natural host of pea enation mosaic virus. *Phytopathologia Mediterranea.* 1972. 11. 97–102.
138. *Wunsch M., Pasche J., Knodel J., McPhee K., Markell S., Chapara V., Pederson Sh.* Pea Seed-borne Mosaic Virus (PSbMV) in Field Peas and Lentils. *Plant Disease Management.* 2014. P.1–4. <https://www.ag.ndsu.edu/publications/crops/pea-seed-borne-mosaic-virus-psbmv-in-field-peas-and-lentils/pp1704.pdf>
139. *Wylie S.J., Coutts B.A., Jones M.G.K., Jones R.A.C.* Phylogenetic analysis of bean yellow mosaic virus isolates from four continents: relationship between the seven groups found and their hosts and origins. *Plant Dis.* 2008. 92(12). 1596–1603.
140. *Wylie S.J., Inoue-Nagata A.K., Kreuze J., López-Moya J.J., Mäkinen K., Ohshima K., Wang A.* Genomic map of a typical member of the genus *Potyvirus*. 2018. https://talk.ictvonline.org/ictv-reports/ictv_online_report/positive-sense-rna-viruses/w/potyviridae
141. *Yunakov N., Nazarenko V., Filimonov R., Volovnik S.* A survey of the weevils of Ukraine (*Coleoptera: Curculionoidea*). *Zootaxa.* 2018. 4404(1). 1–494.
142. *Zhang Zh., Wang D., Yu Ch., Wang Z., Dong J., Shi K., Yuan X.* Identification of three new isolates of Tomato spotted wilt virus from different hosts

in China: molecular diversity, phylogenetic and recombination analyses. *Virology Journal*. 2016. 13(8). 2659.

143. *Zhu F., Sun Y., Wang Y., Pan H.* Molecular Characterization of the Complete Genome of Three Basal-BR Isolates of Turnip mosaic virus Infecting *Raphanus sativus* in China. *International Journal of Molecular Sciences*. 2016. 17(6). 888. DOI: 10.3390/ijms17060888

144. *Zubareva I.A., Vinogradova S.V., Gribova T.N., Monakhos S.G., Skryabin K.G., Ignatov A.N.* Genetic diversity of turnip mosaic virus and the mechanism of its transmission by Brassica seeds. *Doklady Biochemistry and Biophysics*. 2012. 450(1). 119–122.

РОЗДІЛ 5 ФІТОПЛАЗМОЗИ СОЧЕВИЦІ

Сочевиця в світовому землеробстві не може бути віднесена до культур масового поширення, оскільки врожайність насіння низька і нестабільна. Окрім того, як і інші бобові культури, сочевиця уражається різними фітопатогенними мікроорганізмами, що наносить неабияку шкоду її врожайності.

Найбільш шкодочинними для цієї культури є збудники, які спричинюють грибні хвороби. Значно меншої шкоди сочевиці завдають бактеріальні хвороби.

5.1. Фітоплазмові хвороби сочевиці

Одними з найбільш шкодочинних фітопатогенів, які здатні уражувати, серед інших, і бобові культури, є фітоплазми, які спричинюють фітоплазмози в уражених цими збудниками рослин [1–4, 6–8].

Ще до недавня в літературі не було жодного повідомлення про ураження сочевиці фітоплазмами. Однак у 2016 році в журналі «Tropical Plant Pathology» опублікували перший звіт про фітоплазму з групи 16SrII-C, що природно уражує сочевицю в Пакистані [5]. У квітні 2011 року в Пакистані вперше були виявлені рослини сочевиці (*L. culinaris*) із симптомами, що нагадують фітоплазмову інфекцію. Дослідники фіксували утворення деформованих, дегенеративних квіток, стерильність квіток, хлороз листя, дрібнолистість та утворення великої кількості додаткових пагонів. Ці симптоми були найпоширенішими для рослин сочевиці, уражених фітоплазмозом (Додаток 5.1).

Також дослідниками виявлена коричнева цикадка (*Orosius orientalis*), яка знайдена в ураженій бобовій культурі сочевиці, але вона поки що залишається не підтвердженою як вектор, що бере участь у останніх спалахах хвороби (Додаток 5.2).

Для підтвердження фітоплазмової природи збудника, дослідники загальну ДНК екстрагували окремо від восьми симптоматичних рослин і ампліфікували за допомогою вкладеної ПЛР за допомогою універсальних праймерів фітоплазми ДНК 16Sr P1/P7, після чого один репрезентативний продукт ПЛР секвенували в обох напрямках з використанням праймерів R16F2n/R16R2. В результаті проведених досліджень було показано, що секвенований продукт має 100% ідентичність до фітоплазм підгрупи 16SrII-C. Інфекційний агент був успішно переданий як прищепленням, так і листям *Orosius albicinctus*, тоді як передача через насіння не спровокувала появи симптомів хвороби в умовах теплиці.

Таким чином, вперше дослідниками за допомогою ПЛР аналізу була доведена фітоплазмова природа збудника, який інфікував посіви сочевиці в Пакистані. Авторам, використовуючи метод сусіднього приєднання, який показує філогенетичне положення фітоплазми сочевиці щодо інших фітоплазм та *Bacillus subtilis* як групу, засновану на послідовностях ДНК 16S rDNA,

вдалося зконструювати дендрограму, засновану на послідовностях ДНК 16S rDNA (між праймерами R16F2n та R16R2) (рис. 5.1).

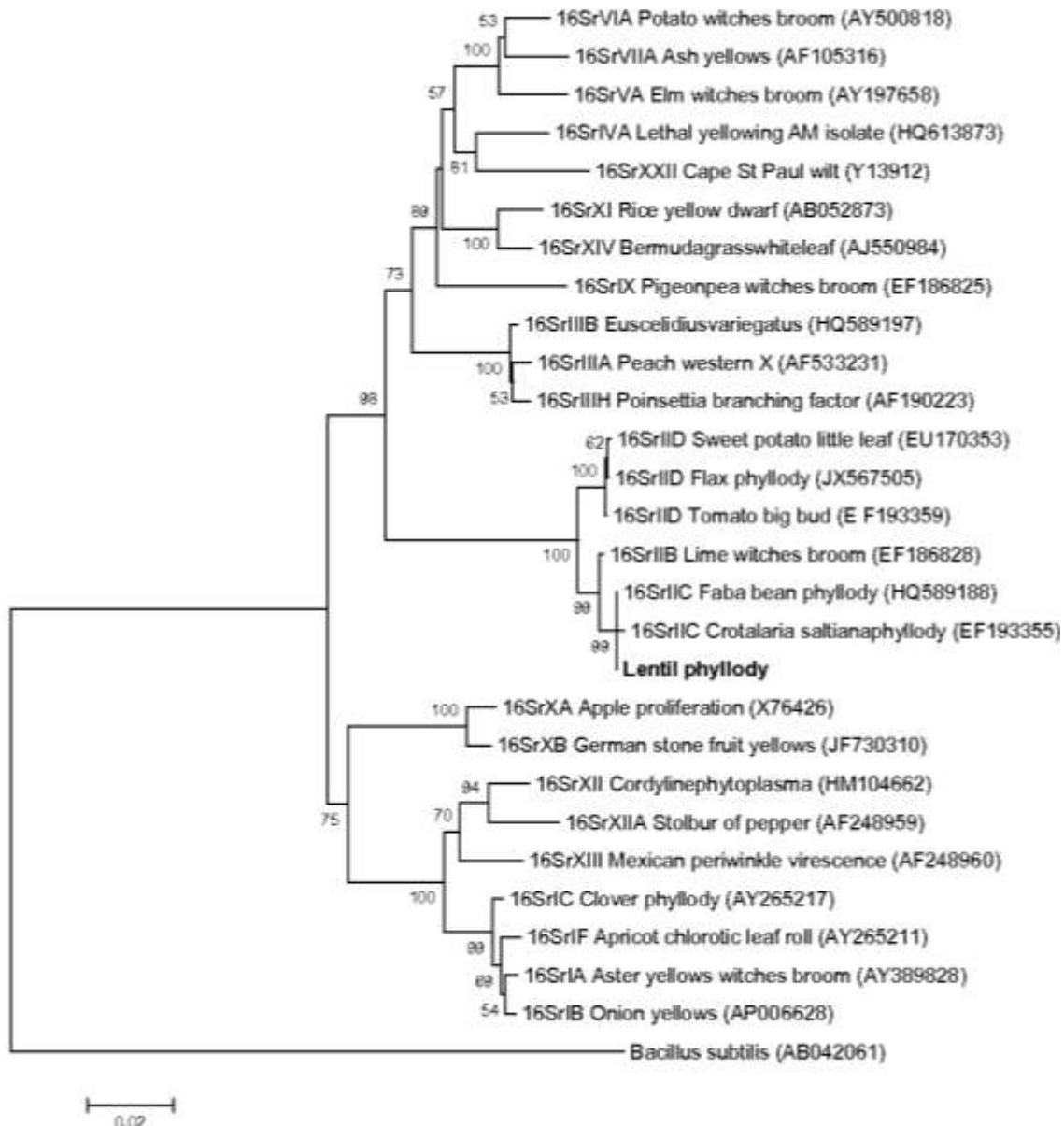


Рис. 5.1. Дендрограма філогенетичного положення фітоплазм сочевиці щодо інших фітоплазм та *Bacillus subtilis* (група, що заснована на послідовностях ДНК 16S rDNA (між праймерами R16F2n та R16R2)). В дужках наведені номери послідовностей у GenBank. Значення завантажувальної стрічки більше 50% (у відсотках до 1000 реплікацій), довжина гілок пропорційна кількості перетворених змін символів [5]

Таким чином, вперше наведено молекулярні докази асоціації групи 16SrII-C '*Candidatus Phytoplasma*' з хворобою сочевиці в Індії [5].

Згодом, у 2018 році з'явилася ще одна публікація в *European journal of plant pathology* про виявлення та ідентифікацію чотирьох підгруп 16Sr фітоплазм, пов'язаних з різними бобовими культурами Індії [10]. У цій роботі

автори наводять опис симптомів, які вони фіксували на чотирьох видах бобових – сорго, квасолі, каянусі, а також на сочевиці (*L. culinaris* Medikus), які вирощували в різних штатах Індії (Делі, Уттар-Прадеш (УП) та Керала) з 2014 по 2016 роки. Так, в результаті проведених обстежень на чотирьох видах бобових культур було зафіксовано основні симптоми, які траплялися найчастіше на цих культурах – це дрібнолистість, «відьмині мітли» і пожовтіння листя. Рідше фіксували таку ознаку ураження бобових, як плоске стебло.

Після опису симптоматики уражених фітоплазмозом рослин, дослідниками з симптоматичних зразків сорго, каянуса, квасолі та сочевиці були ампліфіковані ДНК-специфічні фрагменти приблизно 1,3 кб у вкладених ПЛР-тестах за допомогою двох наборів універсальної фітоплазми зі специфічними праймерами P1/P7, а потім – 3Far/3Rev. При цьому у жодному з безсимптомних зразків бобових культур з однаковими парами праймерів не спостерігали ампліфікації ДНК.

Отже, парне порівняння послідовностей, філогенез та віртуальний RFLP аналіз 16S рДНК-послідовностей чотирьох видів зернобобових культур – сорго, каянуса, квасолі та сочевиці підтвердили асоціацію чотирьох різних груп та підгруп фітоплазми у цьому дослідженні. Фітоплазмоз з ознаками «відьминих мітел» у Делі, на каянусі, що був визнаний асоційованим зі штамом, пов'язаним з '*Ca. P. aurantifolia*' (16SrII-D), сорго – зі штамом, пов'язаним з '*Ca. P. phoenicium*' (16SrIX-C) (обидва – з Файзабаду), хвороба плоского стебла квасолі (штат Керала) – з '*Ca. P. cynodontis*' (16SrXIV-A) та «відьмині мітли» із сочевиці – з '*Ca. P. trifolii*' (16SrVI-D).

В результаті проведених досліджень, як Akhtar et al. [5], так і їх колегами Rao et al. [10] при розвитку цієї хвороби було встановлено однакову симптоматику на сочевиці, вирощеної в Пакистані та різних штатах Індії, а саме – дрібнолистість, «відьмині мітли» і пожовтіння листя.

Згодом, у 2018 році дослідниками Rao et al. [10] було встановлено, з якою фітоплазмою асоційований збудник фітоплазмозу сочевиці в цих районах. Цими авторами було доведено, що фітоплазма, яка спричинює фітоплазмоз сочевиці асоційована з '*Ca. P. trifolii*' (16SrVI-D).

Отже, аналіз отриманих даних дозволив авторам роботи зробити ці вкрай важливі висновки про асоціацію чотирьох різних груп та підгруп фітоплазм у цьому дослідженні. Повідомлення про асоціацію '*Ca. P. cynodontis*' (16SrXIV-A), що заражає квасолю, '*Ca. P. trifolii*' (16SrVI-D), виділеної із сочевиці та фітоплазмозового штаму, пов'язаного з '*Ca. P. phoenicium*' (16SrIX-C), що уражує сорго – це всі нові повідомлення у світі [10].

Таким чином, автори даної роботи підтвердили дані, які були отримані трохи раніше іншими дослідниками – Akhtar et al. [5] про здатність фітоплазм уражувати сочевицю і з якою саме фітоплазмою асоційований цей збудник.

Досліджуючи рослини сої, ураженої фітоплазмами, дослідники в своєму першому повідомленні про хворобу «відьминих мітел» сої у Малаві та перші молекулярні докази асоціації групи 16SrII-C '*Candidatus Phytoplasma*' із

захворюванням у Малаві та Мозамбіку [9], також спостерігали симптоми, аналогічні симптомам при розвитку фітоплазмозу на сочевиці, а саме: утворення допоміжних, додаткових пагонів, дрібнолистість, укорочені міжвузля, утворення допоміжних, додаткових пагонів, що дають підстави їх віднести до таких типів фітоплазмозів як «відьмині мітли» та філодії [10].

Таким чином, бобові культури, в тому числі і сочевицю, уражують фітоплазми, які спричинюють фітоплазмози двох типів – «відьмині мітли» та філодії.

Отже, ознаки фітоплазмозу у сочевиці типу філодії і «відьмині мітли» – це руйнівні хвороби, і їх повсякчасне виникнення і широке розповсюдження може негативно вплинути на виробництво сочевиці у світі. У зв'язку з цим, виявлення альтернативних рослин-господарів та векторних видів, здатне покращити наше розуміння епідеміології хвороби та сприяти розробці відповідної тактики для запобігання ескалації цієї проблеми в основне захворювання.

Список літератури до розділу 5

1. *Власов Ю.И., Геворкян З.Г.* Микоплазменные болезни сельскохозяйственных растений. Ереван. 1981. 125 с.
2. *Скрипаль И.Г.* Биология микоплазм (молликутов). Успехи микробиологии. 1984. (19). 74–106.
3. *Скрипаль И.Г.* Микоплазми. В: Микроорганизмы – возбудители болезней растений. Справочник. Под ред. Билай В.И. К., Наук. Думка. 1988. 326–372.
4. *Токовенко І.П., Патица В.П.* Микоплазмози рослин та їх серологічна діагностика. Вісник аграрної науки. 2015. (4). 28–30.
5. *Akhtar K. P., Dickinson M., Asghar M.J., Abbas G., Sarwar N.* Association of 16SrII-C phytoplasma with lentil phyllody disease in Pakistan. Tropical Plant Pathology. 2016. DOI:10.1007/s40858-016-0087-3Corpus ID: 18163896
6. *Borchsenius S.N., Chernova O.A., Chernov V.M., Vonsky V.M.* Mycoplasmas. St. Petersburg: Science. 2002. 320 p.
7. *Chernov V.M., Chernova O.A., Tarchevsky I.A.* Phenomenology of mycoplasma infections of plants. Plant Physiology. 1996. 43(5). 6947–01.
8. *Duduk B, Paltrignieri C, Contaldo N.* Phytoplasmas and phytoplasma disease: a serious threat to agriculture. Journal of Plant Sciences. 2014. 5(12). 1763–1788.
9. *Kumar L.P., Sharma K., Boahen S., Tefera H., Tamò M.* First Report of Soybean Witches'-Broom Disease Caused by Group 16SrII Phytoplasma in Soybean in Malawi and Mozambique. 2011. <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-11-0016>
10. *Rao G.P., Kumar M., Tomar M., Maya S., Singh B., Johnson S.K., Michal J.* Detection and identification of four 16Sr subgroups of phytoplasmas associated with different legume crops in India. European journal of plant pathology. 2018. 150 (2). 507–513. ISSN 0929-1873

РОЗДІЛ 6 БІОТЕХНОЛОГІЇ ПРОФІЛАКТИКИ ХВОРОБ СОЧЕВИЦІ

Моніторинг і відбір зразків. На початку відбору проб ретельно досліджують поле й описують особливості розвитку хвороби у посівах: поодинокі ураження, вогнища зараження, ураження рослин з боку поля та ін [7].

6.1. Відбір рослинних зразків

Наступним етапом є опис симптомів ураження. Основні симптоми, на які слід звертати увагу, такі:

- зміна кольору;
- в'янення, гнилі, деформації;
- механічні ушкодження;
- специфічні виділення (сік, смола, слиз);
- наявність збудників (яйцекладки, личинки, лялечки);
- особливі ознаки (медяна роса, краплі виділень чи екскременти комах, сліди слизу, павутиння).

Пробу формують з урахуванням того, щоб до її складу увійшла якомога більша кількість рослин на різних етапах ураження та візуально здорові – для контролю. Викопану цілком, із корінцями рослину (включаючи частинки ґрунту на корінцях), струшують над білим папером та обережно (пензликом чи пінцетом) збирають з нього виявлених шкідників у склянку з притертою пробкою. При значних розмірах рослини допускається відбір уражених органів, або частин рослин разом зі здоровими [10].

Пакування проби. Відібрані проби, особливо якщо це плоди, повинні бути сухі, вагою близько 1 кг, ретельно запаковані в окремі пакунки із надписами, для відправки у дослідну лабораторію якомога скоріше, не допускаючи тривалого зберігання. При пакуванні цілої рослини важливо, щоб корені були щільно загорнуті вологим папером чи плівкою й перев'язані в основі стебла. Ретельно упаковані у пластикові мішки рослини або окремі їх органи складають у коробки чи ящики. Ніжні рослини чи соковиті плоди, що легко ушкоджуються, перед укладанням у коробку чи ящик (застелений пергаментним папером чи плівкою) кладуть у вологий мох, поролон, пінопласт, тирсу. Великі частини рослин, зокрема гілки, можна додатково обертати мішковиною чи соломою. Довгі й вузькі рослини прив'язують до палиці чи розрізають, якщо це не впливає на ознаки хвороби.

Супроводжувальна записка. Обов'язкова супроводжувальна записка повинна містити адреси відправника і отримувача, повну інформацію стосовно хвороби/ушкодження (назва виду і сорту рослини, опис картини хвороби, її перебіг у часі, характер і розподіл пошкоджень, ступінь їх прояву, фазу розвитку рослини, ураженість сусідніх рослин і посівів). Додається також опис місцевості та інформація щодо розташування поряд промислових об'єктів, метеорологічні умови, агротехніка, опис технології захисту рослин та ефективності її застосування [10].

6.2. Відбір зразків ґрунту

Відбір зразків ґрунту може бути необхідним за умов, коли передбачають неінфекційні причини хвороби рослин, що пов'язані із дефіцитом або надлишком мінеральних елементів, присутністю в ґрунті фітотоксичних сполук, а також необхідністю з'ясувати мікробіологічний стан ґрунту [9] та ін. Перед відбором проб з'ясовують технологію вирощування культури, стан поля (перезволоження, посуха, ущільнення ґрунту) та перевіряють, чи існує зв'язок симптомів ураження із обробкою пестицидами чи регуляторами росту. Якщо існуюча інформація не дає змогу з'ясувати причину хвороби, то проводять аналіз ґрунту. Проби ґрунту відбирають в 10–20 точках в середині вогнища ураження, з орного шару ґрунту, й об'єднують у середній зразок масою біля 500 г [7].

6.3. Заходи захисту бобових культур від хвороб, спричинених фітопатогенними мікроорганізмами

З метою контролю ураження посівів бобових фітопатогенними мікроорганізмами застосовують засоби захисту, до яких відносять [5]:

Фізико-хімічні:

- очистка і сортування насіння;
- видалення уражених рослин;
- зрізування бур'янів;
- посів у оптимальні строки;
- дезінфекція насіння (застосування протруювачів);
- дезінфекція ґрунту;
- застосування пестицидів, призначених для боротьби з бур'янами і хворобами бобових культур.

У якості прикладу застосування пестицидів наведемо наступні:

- серед хімічних пестицидів ефективним проти бактеріальних хвороб родів *Xanthomonas* та *Pseudomonas* виявився системний фунгіцид Ридоміл Голд;
- вибірково дію проти *Pseudomonas syringae* та *Pseudomonas fluorescens* виявляє Раназол;
- проти *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* та *X. axonopodis* pv. *phaseoli* – Ракурс;
- серед біологічних препаратів – Фітоцид, Фітохелп та Фітоспорин.

РИДОМІЛ ГОЛД. Комбінований препарат системної і контактної дії.

Має трансламінарну й системну дію, що дозволяє діючій речовині проникати й поширюватися по всій рослині, захищаючи не тільки вегетативні, а й генеративні органи. Діюча речовина – 640 г/кг манкоцебу; 40 г/кг металаксилу–М. Препарат використовують у період вегетації. Кількість обробок 1–3, норма витрат – 2,5 л/га (робочий розчин 150–200 л/га).

РАКУРС. Після обробки активно поглинається листям і переміщується по рослині, зберігаючись в ній протягом тривалого часу. Активний при холодній і вологій погоді. Двокомпонентний системний фунгіцид профілактичної і лікувальної дії. Діюча речовина – епоксиконазол 240 г/л та

ципроконазол 160 г/л. Препарат забезпечує захист посівів від інфекції до 4 тижнів з моменту обробки, обприскування рослин слід проводити в період вегетації профілактично або при появі перших симптомів захворювань. На всіх культурах дозволена дворазова обробка. Норма витрат – 0,3–0,6 л/г (робочий розчин 200 л/га).

РАНАЗОЛ. Протруйник системної дії для захисту насіння. Вміст діючої речовини – тебуконазол, 60 г/л. Протруєння здійснюється за 2–3 дні до сівби робочою суспензією препарату із розрахунку 10 л робочого розчину (9,5 л води та 0,4–0,5 л препарату Раназол®) на 1 т насіння.

Проте основна мета монографії – використання біотехнологічних методів захисту сільськогосподарських рослин від шкочинних організмів, до яких відносяться:

Біологічні:

- передпосівна інокуляція насіння препаратами, що містять бульбочкові бактерії;
- використання стійких сортів;
- застосування біологічно активних препаратів;

Карантинні:

- фітопатологічний контроль посівного матеріалу.

Варто підкреслити, що світова і вітчизняна тенденція ведення землеробства на сьогодні зорієнтована у бік екологізації, що передбачає зменшення хімічного навантаження на агросферу [18, 19, 21–23]. В зв'язку із цим все більше уваги приділяється дослідженню і розвитку альтернативних екологічних і ощадливих технологій у сільському господарстві та заходів, спрямованих на відновлення ґрунту. Важливим у цьому напрямку є розробка технологій збереження і відродження родючого шару ґрунту із застосуванням корінних ризосферних мікроорганізмів, що потенційно здатні до фіксації біологічного азоту і екскреції гормонів росту, а також біотрансформації органічних решток і утворення гумусного шару [1, 18, 19, 21–23]. Відомо, що такі мікробні технології у рамках органічного землеробства практикуються більш, ніж у 30 країнах світу [18]. У зв'язку з цим у розробці екологічних заходів профілактики існує нагальна потреба.

6.4. Біотехнологічні методи захисту сочевиці від фітопатогенних бактерій

У розробці методів захисту від бактеріозів бобових культур значне місце займає виведення нових стійких сортів з використанням різних за біологічними властивостями рас фітопатогенів. Треба обов'язково виконувати низку агроприймів: знищення рослинних решток, просушка насіння, зберігання насіння при 14–15,5% вологості у сухих, дезінфікованих сховищах із вентиляцією; правильне розміщення бобових культур при сівозміні [2].

На даний час найбільш перспективними вважаються різноманітні методи біоконтролю, зокрема, використання біопрепаратів. Сучасні біометоди включаються в інтегровану систему захисту через свій високий біологічний та екологічний потенціал, що дозволяє обмежити застосування хімічних

препаратів.

Оскільки культура сочевиці ще не набула необхідного посівного ареалу і є відносно новою культурою для України, тому в ґрунті відсутні активні «аборигенні» штами бульбочкових бактерій, здатних формувати високопродуктивний симбіоз з цією рослиною. Тому, для підвищення ефективності вирощування рекомендована передпосівна інокуляція насіння сочевиці штамами бульбочкових бактерій *R. leguminosarum* biovar *viciae* K-29 [8].

РИЗОБОФІТ

Високоєфективний препарат бульбочкових бактерій, призначений для передпосівної обробки насіння бобових культур, підвищує врожайність і збільшує вміст білка на 1–3%. Забезпечує економію 50–60 кг/га мінеральних азотних добрив при вирощуванні бобових культур. Сприяє покращенню ґрунтової родючості, екологічний.

Рекомендуємо використання *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* K-29, переваги якого наведені у табл. 6.1 і 6.2.

Спосіб застосування: 200 мл/га + 2% води від маси насіння. Результати проведеної економічної оцінки використання препаратів у посівах сочевиці показали, що за використання регулятора росту рослин Регоплант у нормі 50 мл/га було отримано додатковий чистий прибуток на рівні 184 грн./га, рівень рентабельності при цьому складав 157% за окупності додаткових витрат у 0,5 рази (табл. 6.1). За обробки посівного матеріалу вищезазначеним препаратом в нормі 250 мл/т було одержано додатковий чистий прибуток на рівні 644 грн./га за рентабельності 173% та окупності додаткових витрат в 5,6 рази. Вищими ці показники були за обробки перед посівом насіння мікробним препаратом *R. leguminosarum* biovar *viciae* штаму K-29, де додатковий чистий прибуток склав 2055 грн./га за рівня рентабельності 196% і окупності додаткових витрат в 9,1 рази. За передпосівної обробки насіння сумішшю МБП і РРР додатковий чистий прибуток становив 2854 грн./га за рівня рентабельності 208% з окупністю додаткових витрат до 10,2 рази. За внесення по фонах I і II Регопланту було одержано додатковий чистий прибуток на рівні 543–1954 грн./га за рентабельності 160–181% та окупності додаткових витрат в 1,1–3,2 рази відповідно. За комплексного використання досліджуваних препаратів (МБП + РРР – обробка насіння + РРР – обробка рослин), додатковий чистий прибуток був найбільшим і склав 3513 грн./га за рівня рентабельності 206% і окупності додаткових витрат в 5,3 рази.

Аналіз енергетичної ефективності застосування мікробного препарату і РРР у посівах сочевиці показав (табл. 6.2), що енергетична доцільність використання препаратів визначалась формуванням величини додаткового урожаю. Так, у контрольному варіанті за валових затрат енергії 24391 мДж/100 га валова енергія урожаю становила 68417 мДж/100 га. У варіанті МБП *R. leguminosarum* biovar *viciae* штаму K-29 + РРР Регоплант валова енергія урожаю склала 83776 мДж/100 га із коефіцієнтом енергетичної ефективності 3,0.

Таблиця 6.1

Економічна ефективність застосування МБП *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* штам К-29 і РРР Регоплант (середнє за роки досліджень)[8]

Варіант дослідю	Урожайність, т/га	Прибавка врожаю, т/га	Загальні витрати на вирощування, грн./га	У т. ч. додаткові, грн./га	Вартість валової продукції, грн./га	У т. ч. додаткової, грн./га	Умовно чистий прибуток з 1 га, грн.	Собівартість 1 т продукції, грн.	Рентабельність, %	Додатковий чистий прибуток, грн./га	Окупність додаткових витрат, рази
Без застосування препаратів (контроль)	1,47	0	5270	0	13965	0	8695	3585	165	0	0
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	1,55	0,08	5386	116	14725	760	9339	3475	173	644	5,6
МБП <i>R. leguminosarum</i> biovar <i>viciae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	1,71	0,24	5495	225	16245	2280	10750	3213	196	2055	9,1
МБП <i>R. leguminosarum</i> biovar <i>viciae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	1,80	0,33	5551	281	17100	3135	11549	3084	208	2854	10,2
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	1,53	0,06	5656	386	14535	570	8879	3697	157	184	0,5
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	1,58	0,11	5772	502	15010	1045	9238	3653	160	543	1,1
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	1,74	0,27	5881	611	16530	2565	10649	3380	181	1954	3,2
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	1,91	0,44	5937	667	18145	4180	12208	3108	206	3513	5,3

Таблиця 6.2

Енергетична ефективність застосування МБП *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* штам К-29 і РРР Регоплант (середнє за роки досліджень) [8]

Варіант досліджу	Урожайність, т/га	Валові затрати енергії, мДж/100 га	Валова енергія урожаю, мДж/100 га	Коефіцієнт енергетичної ефективності
Без застосування препаратів (контроль)	1,47	24391	68417	2,8
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	1,55	24854	72140	2,9
МБП <i>R. leguminosarum</i> biovar <i>viciae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	1,71	27274	79587	2,9
МБП <i>R. leguminosarum</i> biovar <i>viciae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	1,80	27905	83776	3,0
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	1,53	27811	71209	2,6
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	1,58	28061	73536	2,6
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	1,74	28177	80983	2,9
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	1,91	28380	88895	3,1

У середньому за роки досліджень у варіантах передпосівної обробки насіння регулятором росту рослин і мікробним препаратом коефіцієнт енергетичної ефективності перевищував контроль на 7,1%. Обприскування посівів РРР по фону ІІ забезпечило перевищення варіанту без обробки препаратами за коефіцієнтом енергетичної ефективності на 3,6%. За внесення Регопланту по фону Регоплант + МБП *R. leguminosarum* biovar *viciae* штам К-29 Кее був найвищим та перевищував контроль на 10,7%.

Ручна обробка. На легкий брезент розміром 3×4 м насипають 1–2 гектарні порції насіння сочевиці, зволожують відповідною кількістю води чи розчину клеючої речовини, в яких суспендовано необхідний біопрепарат, та перемішують почерговим підійманням протилежних кінців брезенту до рівномірного розподілу препарату на поверхні насіння. На брезенті не

повинно залишатися рідини.

У випадку ручної обробки великої кількості насіння на току в бурт насіння рівномірно вноситься суспензія біопрепарату і перелопачується декілька разів до рівномірного стану, після чого затарюється у мішки чи накривається брезентом для захисту від сонячних променів.

Недоцільно проводити обробку насіння біопрепаратами безпосередньо в сівалках, тому що суспензія препарату швидко витікає через висівальні апарати.

Механізована обробка. 1. Найпоширенішим засобом передпосівної обробки насіння біопрепаратами є застосування існуючих машин для протруєння насіння, серед яких найбільш відома машина типу ПС-10 тощо. Перед використанням її потрібно ретельно очистити від залишків отрутохімікатів і промити водою, або виділити іншу машину, призначену тільки для інокуляції насіння біопрепаратами.

Перед заправкою резервуару машини ПС-10 суспензією біопрепаратів необхідно її профільтрувати через фільтр з отворами 0,8–1,0 мм. Часто з цією метою використовують складену вдвічі марлю. Далі процес проводиться аналогічно протруєванню насіння.

2. Резервуар машини для протруєвання заповнюється водою або розчином клеючої речовини, регулюється її витрачання. На насіння, перед його подачею до машини, наноситься необхідна кількість препарату. Проходячи через машину, препарат рівномірно розподіляється в масі насіння. При цьому способі обробки необхідно особливу увагу приділити дозуванню препаратів.

3. Суспензія біопрепарату наноситься на зерно, яке навантажується на вантажну автомашину за допомогою шнекових навантажувачів або стрічкових транспортерів. При цьому насіння добре перемішується з біопрепаратом. Для покращення цього засобу інокуляції насіння рекомендується використовувати спеціальний модуль, за допомогою якого суспензія біопрепарату рівномірно наноситься на зерно потоком стислого повітря через форсунку в процесі навантаження насіння транспортером чи навантажувачем на автомашину.

4. Для обробки насіння біопрепаратами можливо використовувати бетонозмішувачі, які забезпечують рівномірний розподіл препарату в масі зерна, не пошкоджуючи при цьому насіння.

5. Рекомендується для застосування у виробництві спеціальний пристрій до сівалки, за допомогою якого суспензія препарату (200–300 л/га) при сівбі попадає на насіння і відразу загортається ґрунтом. Такий пристрій може бути виготовлений самостійно фермером чи в господарстві.

Гелеві та рідкі форми біопрепаратів більш технологічні у використанні, ніж торф'яні, лігнінові чи вермикулітні, тому що створюють з водою стійку суспензію, яка може бути використана в усіх типах машин для протруєння насіння і стійко утримується на поверхні насінин.

Увага: При роботі з біопрепаратом необхідно уникати впливу прямого сонячного світла на препарат і оброблене насіння. При затримці посіву більше

трьох діб, обробку насіння ризобіфітом необхідно повторити половинною дозою. Насіння, оброблене ризобіфітом, не повинно стикатися з отрутохімікатами (пестицидами), вапном і кислими добривами.

Суттєвий вплив на ефективність застосування біопрепаратів виявляють хімічні засоби захисту рослин. Більшість пестицидів негативно діє на бульбочкові та асоціативні азотфіксувальні бактерії, порушує окремі етапи їх взаємодії з рослинами, що призводить до зниження ефективності інокуляції. В зв'язку з цим, найефективніше застосування біопрепаратів в системі органічного землеробства і в комплексі з біологічними засобами захисту рослин. У зв'язку з цим найбільш ефективно застосування біопрепаратів бактерій в системі органічного землеробства і в комплексі з біологічними засобами захисту рослин.

В більшості випадків здоровий насінневий матеріал можна не протруювати. Високотоксичні пестициди (гранозан, фентіурам, пентатіурам тощо) не сумісні з обробкою насіння біопрепаратами. Використання середньотоксичних для азотфіксувальних бактерій фунгіцидів (ТМТД, байтану та інших) треба проводити завчасно, за 2–4 тижні до посіву.

Допускається спільна обробка біопрепаратами і малотоксичними фунгіцидами (фундозолом, бавістіном, вітаваксом та іншими), але краще протруювати насіння завчасно. При необхідності нітрагінізації протруєного насіння доцільно подвоїти дозу біопрепарату, враховуючи його порівняно невелику вартість.

Поєднати застосування високотоксичних фунгіцидів і біопрепаратів азотфіксувальних бактерій можна шляхом зведення до мінімуму їх безпосереднього контакту. З цією метою біопрепарат вносять обприскувачем під передпосівну культивуацію або боронування, а протруєне насіння висівають звичайним засобом. Ще краще використовувати сівалки з пристроями для суспензійної інокуляції при сівбі. Ці прийоми зберігають 70–90% потенційної ефективності біопрепаратів.

Використання безгербіцидних та низькогербіцидних технологій сприяє ефективності застосування біопрепаратів.

ЕКОВІТАЛ. Комплексний високоефективний поліфункціональний препарат для передпосівної інокуляції насіння бобових рослин.

Призначення: для передпосівної обробки насіння бобових культур. Препарат сприяє формуванню потужного азотфіксувального апарату на коренях, інтенсифікації розвитку рослин, захисту від хвороб і стресів, збільшенню врожаю і його якості. Ековітал має післядію, яка проявляється в поліпшенні структурованості та екологічного стану ґрунтів за рахунок збагачення їх азотом, фосфором та іншими біогенними елементами, розвитку корисної ґрунтової мікробіоти. Препарат сприяє стабілізації агроєкосистем і збільшенню родючості ґрунтів. Ефективність препарату визначається здатністю бактерій, на основі яких він виготовлений, фіксувати азот атмосфери і мінералізувати органічні фосфоровмісні речовини, покращувати мінеральне живлення рослин, забезпечувати їх біологічно активними

речовинами (вітамінами, фітогормонами, амінокислотами, антибіотичними речовинами до фітопатогенів та ін.). Препарат відповідає санітарно-гігієнічним нормам і не забруднює навколишнє середовище.

Форма: рідка або на торфі та інших носіях.

Діюча речовина: комплексний інокулят зі штамів азотфіксувальних ризобій (*Rhizobium* чи *Bradyrhizobium*, або *Sinorhizobium*) і штаму фосфатмобілізувальних бактерій *Bacillus megaterium*. Для кожного виду бобових застосовують ековітал на основі відповідних штамів бульбочкових бактерій. Препарат на основі симбіотичних азотфіксувальних і фосфатмобілізувальних бактерій, спричинює позитивну післядію на родючість ґрунтів, нешкідливий для людини і тварин.

Інструкція зі застосування. Передпосівну обробку насіння бобових культур ековіталом здійснюють напередодні або у день посіву. Насіння обприскують, перемішують і злегка підсушують на повітрі, уникаючи прямої дії сонячного проміння. Гектарна порція препарату становить 100–200 мл. Для обробки відповідної партії насіння, вказану дозу препарату розводять водою кімнатної температури до загального об'єму 1,5–2,0 л. Насіння обробляють перемішуванням вручну або у машинах для протруювання, очищених від отрутохімікатів. При правильному застосуванні бактеріального добрива і технології вирощування бобових культур ековітал сприяє збільшенню урожаю зерна на 10–20% разом із одночасним підвищенням білка у зерні. Препарат забезпечує отримання екологічної продукції зі зменшеною собівартістю та може бути одним з елементів органічного землеробства.

ФІТОСПОРИН-М. Принципово новий біологічний препарат для захисту рослин.

Призначення: препарат має як фунгіцидні, так і бактерицидні властивості. Фітоспорин знезаражує насіння, надійно захищає його від патогенних мікроорганізмів ґрунту, а сходи і дорослі рослини робить стійкими до комплексу хвороб. Його використання дає збільшення врожаю на 20% і більше. Препарат абсолютно нешкідливий для людини, тварин і рослин.

Діюча речовина: спорова бактеріальна культура *Bacillus subtilis* 26 Д.

Форма: концентрат емульсії.

Норма витрат: 1–1,5 л/га, 1–2 л/т. У якості профілактики використовують передпосівну обробку насіння – 10 л/т. При виявленні ознак борошнистої роси та бурої іржі проводять позакореневу обробку рослин за норми витрат робочої рідини – 200–300 л/га.

Фітоспорин використовують також для оздоровлення і знезараження ґрунту від патогенів, шляхом поливу восени чи навесні з розрахунку 15 мл рідкого препарату на 10 л води на 1 м².

6.5. Біологічно активні речовини, створені на основі нанотехнологій

Одним із сучасних і перспективних методів профілактики і захисту посівів бобових культур від хвороб, спричинених фітопатогенними мікроорганізмами є застосування біологічно активних речовин, створених на

основі нанотехнологій [6]. Перспективними у цьому плані є цитрати перехідних і біогенних металів, які отримані за допомогою сучасних нанотехнологій у водних розчинах – наноаквацитрати або цитратохелати наночасток. Необхідно відзначити, що процес отримання цитратохелатів наночасток дозволяє досягти їх високої чистоти без будь-яких вторинних домішок, оскільки не використовуються традиційні хімічні реакції. В кінцевому продукті також відсутні наночастки, бо вони відразу після отримання вступають у реакцію з чистими харчовими кислотами, зокрема – з лимонною. Використання деіонізованої води і особливо – чистих металів є гарантією їх екологічної та біологічної безпеки. Комплексними дослідженнями доведено їх противірусні, фунгіцидні та інші властивості. Перевагою щодо можливості їх застосування у сільському господарстві є їх екологічна безпечність та економічна вигідність [6, 11].

Антимікробні властивості наноаквахелатів. Відома велика кількість хімічних елементів, що мають антимікробні властивості. Доведені антибактеріальні властивості наночасток Au, Ag, Cu, Zn, Ti, Fe. Наслідком дії наночасток на бактеріальні клітини стає порушення гомеостазу клітин і їх загибель. Антимікробна дія наночасток Au обумовлена пригніченням метаболізму та впливом на окислювально-відновлювальний баланс у клітині [18]. Дослідженнями показано, що наночастки ванадію, синтезовані з використанням *Moringa oleifera*, показали мінімальну зону інгібування двох штамів грамнегативних бактерій – *Escherichia coli* й *Salmonella typhi* [12]. Разом із тим, на основі аналізів гемолізу, було з'ясовано, що наноплівки ванадію здатні вбивати прокаріотичні клітини, проте вони не токсичні щодо клітин ссавців [24]. За даними деяких авторів, викликають інтерес для застосування у біологічних дослідженнях наночастки германію, завдяки низькій токсичності й високій біосумісності [13].

Переваги практичного застосування наноаквахелатів.

Нашими дослідженнями встановлено антимікробний ефект розчинів наноаквахелатів германію, ванадію, срібла і міді та йоду і селену на бактеріальні і фітоплазмові клітини [3, 4, 14–16]. Передпосівна обробка насіння козлятника східного 0,75% розчинами наноцитратів германію і ванадію та 1,0% розчином Se і 0,5% розчином I–Se мала стимулюючий фізіологічний ефект, призводячи до підвищення енергії проростання й істотного збільшення наростання маси проростків *G. orientalis* та підвищення вмісту хлорофілу в листках ювенільних рослин [3].

Показано рістстимулюючий вплив Mo (4 мг/л) і Mn (20 мг/л) на метаболізм рослини *G. orientalis*: підвищення енергії проростання (на 17% і 21%), схожості насіння (на 24% і 6%) відповідно й збільшення маси проростків за обробки Mn (на 18%). Позакоренева обробка рослин *G. orientalis*, заражених фітоплазмою, розчином наночасток Mo (4 мг/л), дозволяла підтримувати квантову ефективність фотохімії ФСII на контрольному рівні і вище, що відповідає рівню фотохімічної активності листків контрольних рослин. Поясненням такої дії може бути як активація

ростових процесів, так і пригнічення розвитку фітоплазм в рослинних тканинах [16].

Позакоренева обробка насіння *G. orientalis* наноаквацитратами срібла і міді разом із застосуванням біому консорціуму ґрунтово-корисних мікроорганізмів у складі препарату екстракон чинила адитивний фізіологічний ефект, пришвидшувала ріст проростків.

ФІТОЦИД. Біопрепарат з фунгіцидною та бактерицидною дією для захисту рослин від хвороб, стимулює ріст та розвиток рослин. Використовується для передпосівної обробки насіння та обприскування рослин у період вегетації. До складу входять живі клітини та спори природної бактерії *Bacillus subtilis* не менше ніж $1,0 \times 10^9$ КУО/см³, їх активні метаболіти: ферменти, вітаміни.

Норми витрат: обробка насіння – 1,0–2,0 л/т (робочий розчин 5–10 л/т), обприскування рослин – 0,5–1,0 л/га (робочий розчин 150–3000 л/га). Кількість обробок 1–3.

ФІТОХЕЛП. Біопрепарат із антимікробною та рістстимулюючою дією. Захищає від збудників широкого спектру бактеріальних та грибних хвороб. Підвищує урожайність культур та поліпшує якість продукції; забезпечує антистресову дію до несприятливих умов. Використовується для передпосівної обробки насіння та обприскування рослин у період вегетації. До складу входять концентрат бактерій роду *Bacillus*, титр не менше ніж 4×10^9 КУО/см³.

Норми витрат: обробка насіння – 1,0–1,5 л/т (робочий розчин 5–10 л/т), обприскування рослин – 0,5–0,8 л/га (робочий розчин 150–3000 л/га). Кількість обробок 1–4.

6.6. Методи захисту сочевиці від фітопатогенних грибів

Найнебезпечніші хвороби сочевиці – фузаріозне в'янення, бактеріоз коренів, іржа, антракноз, аскохітоз. Єдиним ефективним способом їх контролю є дотримання правильної ротації культур у сівозміні. Бажано, щоб горох, гірчиця, соя, ріпак, соняшник не вирощувалися на тому самому полі в попередні або наступні роки, бо вони чутливі до тих самих хвороб. Кукурудза, озима пшениця та інші зернові добре «співпрацюють» з сочевицею в сівозмінах.

До основних методів контролю грибних патогенів належать:

1. Використання для сівби високоякісного, не зараженого збудниками хвороб насіння (партії насіння, які мають більше, ніж 10% зараженого насіння для сівби не використовують).

2. Дотримання сівозмін, в яких бобові культури висіваються на одному і тому ж самому місці не частіше, ніж раз у 4 роки.

3. За високої вірогідності інфікування внаслідок несприятливих умов під час посіву, чи високого інфекційного фону на полі (багато з патогенів можуть виживати в ґрунті, як сапротрофи) необхідне обов'язкове протруювання насіння. Для протруювання використовують протруювачі Вітавакс ФФ

(2,5 л/т) або Ламардор FS400 (0,15–0,2 л/т), Максим XL025 або інші, які є в реєстрі згідно їх інструкції.

4. Моніторинг посівів (МП)[7].

При плануванні МП увагу акцентують на зони найбільшого ризику: поля, засіяні чутливими культурами і сортами та розташовані поряд із такими, зі зрідженими або загущеними посівами та за сприятливих для зараження погодних умов (підвищена вологість). МП варто розпочинати зі стадії 10 вузлів, звертаючи увагу на листки нижнього ярусу.

Основні етапи моніторингу:

– перевірку проводять мінімум у п'яти місцях поля, йдучи по траєкторії букви «М»;

– звертають особливу увагу на нижні листки та стебло (можна використовувати збільшувальне скло),

– ставлять мітки на полі у місцях, де знайдені пошкодження;

– по можливості дотримуються фіто-санітарної чистоти поля: одягають чисте взуття, не переносять уражені рослини з одного поля на інше.

За для більш ефективного захисту рослин від патогенів грибної природи варто застосовувати фунгіциди з різним способом дії, нові фунгіциди, чергувати існуючі фунгіциди, що також сприяє зменшенню ризику виникнення резистентності до них.

Якщо існує висока вірогідність інфікування аскохітозом, внаслідок високого інфекційного фону на полі чи зараженості насіння, потрібно обов'язкове його протруєння. Для цього можна використовувати протруювачі з діючими речовинами: карбендазим, беноміл, карбатін, іподіон, тіобендазол, металаксил та інші. Для посіву варто використовувати насіння при зараженості аскохітозом не більше 10%. При виявленні хвороби в полі на початкових її стадіях, або коли складаються сприятливі погодні умови для її розповсюдження (посіви густі, протягом останнього часу часто йшли дощі, і, за прогнозами дощова погода збережеться ще принаймні 5 днів) потрібно обробляти посіви фунгіцидами. Для цього можна застосовувати фунгіциди групи стробілуринів, які мають у своєму складі діючу речовину типу: азоксистробін, демоксистробін, піраклостробін. Але існують дані про виникнення резистентності у гриба до цих препаратів, тому при виникненні необхідності проводити повторні обробки посівів, потрібно застосовувати фунгіциди інших хімічних груп (каптафол, хлороталоніл, метирам, фольпет).

Заражене насіння не завжди знебарвлене, тому партії насіння потрібно давати на лабораторні дослідження. Важливо знати, що фунгіциди для обробки насіння корисні для зменшення передачі аскохітозу з насіння на розсаду. Ефективними є також фунгіциди із діючою речовиною (за хімічним складом) тіабендазол і піраклостробін.

Зазвичай одного вчасно проведеного обробітку не достатньо для захисту сочевиці від хвороб, оскільки коли погода сприятлива для їх розвитку і розповсюдження, та за умови чутливих сортів, захист посівів потребує до трьох обробітків.

В системі захисту сочевиці від антракнозу рекомендується дотримуватися 3–4-річних сівозмін, практикувати зменшену обробку ґрунту і планувати нові посіви сочевиці на відстані від раніше заражених антракнозом культур, своєчасно застосовувати фунгіциди. Для захисту від антракнозу високу ефективність показали фунгіциди з вмістом (за діючою речовиною) хлороталонілу, азоксистробіну, піраклостробіну, піраклостробіну + флуксапіроксаду, протіоконазолу, протіоконазолу + флуопіраму, піраклостробіну. Польові випробування показали, що оптимальним часом їх застосування є період від 10 до 12 вузлів до раннього цвітіння, а друге застосування – в середині цвітіння – через 10–14 днів від його початку.

Проти сірої гнилі ефективні обробка насіння фунгіцидами із вмістом піраклостробіну та суміші, зокрема, флудіоксоніл + мефеноксам. Ефективними проти склеротиніозу (білої гнилі) є фунгіциди із діючими речовинами – піраклостробін і азоксистробін.

Заходи, ефективні проти борошнистої роси: стійкі сорти сочевиці, особливо при пізньому посіві; дощування (змиває гриб з листя і знижує життєздатність); збирання урожаю якомога раніше; для боротьби з важкими зараженнями застосовують сірку, застосування відповідних фунгіцидів при виявленні хвороби.

Заходи проти фузаріозного в'янення: основним методом захисту від збудників хвороб є використання стійких сортів; застосування відповідних фунгіцидів; знищення або глибоке заорювання післяжнивних решток; за умов присутності захворювання в ґрунті, ротація без господаря протягом трьох років може знизити рівень інокулята в ньому.

Проти корневих гнилей рекомендовано дотримуватися 6–8-річних сівозмін між горохом і сочевицею, кращим варіантом для імпульсної культури на заражених полях є – боби, соя і нут, які не вважаються господарями для *Aphanomyces*, застосування передпосівної обробки насіння, яка призначається для комплексу кореневої гнилі. Кореневу гниль, спричинену *Pythium* також можна контролювати за допомогою певної обробки насіння. Оскільки існує взаємодія між *Aphanomyces* і *Fusarium*, рекомендується обробка насіння для *Fusarium*, так як це може допомогти знизити підвищене навантаження інокуляту кількох патогенів та поліпшити розвиток посівів сочевиці. Робити аналіз ґрунту на заселення *Aphanomyces* і у випадку його виявлення обирати стійкі культури для сівби (соя, боби, нут).

Загальні заходи попередження захворювання розсади кореневою гниллю:

- обирати здорове насіння;
- застосовувати насіння стійких сортів;
- за можливості, планувати посів за більш сприйнятливих метеорологічних умов посівного сезону;
- забезпечити збалансоване живлення рослин;
- забезпечити гарне фосфорне живлення рослин на початку вегетаційного періоду, особливо за прохолодної погоди.

Для передпосівної обробки застосовують комплексні фунгіциди із вмістом флюдіоксонілу, металаксилу, тіабендазолу, тіраму, протіоканазолу та ін.

Проти іржі ефективна позакоренева обробка фунгіцидами: із вмістом беномілу, карбоксину, металаксилу, оксикарбоксину, тіраму, триадемафону самостійно або в поєднанні. Також ефективним є посів стійких до іржі сортів.

Важливим у профілактиці і контролі мікозів є дотримання агротехнічних заходів: посів здорового насіннєвого матеріалу, передпосівна обробка насіння, знезараження ґрунту, видалення бур'янів, моніторинг і своєчасна обробка посівів фунгіцидами і біологічно активними препаратами фунгіцидної дії у випадку виявлення вогнищ грибного ураження рослин, особливо за сприятливих метеорологічних умов (рясних дощів, туманів, тривалої підвищеної вологості повітря за прохолодної погоди).

Як і у випадку заходів захисту від збудників бактеріальних хвороб, обов'язковим методом для контролю грибних хвороб є передпосівна інокуляція насіння штамами бульбочкових бактерій *R. galegae* (див. підрозділ 3.2).

ГАУПСИН. Комплексний високоефективний препарат для контролю мікозів.

Призначення: призначений для захисту рослин від збудників хвороб і шкідників. Може з успіхом використовуватися для контролю грибних хвороб сільськогосподарських культур (пшениця, ячмінь, горох), для захисту садів і лісових масивів від шкідників (гусені), для обробки овочевих культур при збереженні. Гаупсин не тільки захищає рослини, пригнічує розвиток і поширення захворювання, але і позитивно впливає на саму рослину. Препарат можна використовувати в різні фази розвитку рослини, він не впливає на корисні форми біоценозу, не токсичний для рослин, людини і теплокровних тварин.

Діюча речовина: два штами *Pseudomonas aureofaciens*, які мають ентомоцидні, антибактеріальні та антифунгальні властивості.

Форма: культуральна рідина, що містить два штами ґрунтових бактерій.

Норма витрат: передпосівна обробка насіння – 10 л/т насіння;

Способи застосування: Обприскування рослин, починаючи з фази двох справжніх листків, кожні 10 – 20 днів – норма витрати 100–200 мл/10 л води, в залежності від інтенсивності розвитку хвороби.

Гаупсин можна поєднувати з кореневим і позакореневим підживленням мікроелементами. Гаупсин сумісний в баковій суміші з іншими біологічними препаратами.

ЕКСТРАКОН. Мультифункціональний препарат на основі природного консорціуму ґрунтових мікроорганізмів.

Призначення: призначений для трансформації будь-яких органічних речовин в біогумус (соломи, листового опаду, рослинних решток, гілок, кори, складних лігнін-целюлоз, целюлоз і геміцелюлоз, побутових целюлозовмісних відходів, паперу, картону та ін), а також торфу верхового і перехідного типу,

тим самим формуючи родючий шар ґрунту. Дозволяє: формувати, контролювати і відновлювати функціональну структуру ґрунтової мікробіоти; трансформувати рослинні рештки, соломі в гумусові речовини протягом 30 днів; знімати ґрунтовтому, сприяти оздоровленню ґрунту, відновленню та активізації природних трофічних зв'язків у біоценозі, запускати біологічні цикли ґрунту; стимулювати ріст і розвиток надземної (в 1,5 рази) і кореневої (в 2 рази) маси вегетуючих рослин. Препарат Екстракон не токсичний для рослин, живих організмів. Технологічний у застосуванні.

Діюча речовина: консорціум мікроорганізмів (*Sporocytophaga mixococcoides*, *Sorangium cellulosum*, *Cellvibrio mixtus*, *Trichoderma viride*, *Pseudomonas fluorescens*, *P. putida*, *Bacillus subtilis*, *B. sphaericus*, *B. megaterium*, *B. pumilus*), що знаходяться у функціонально-активному стані і тісно пов'язані трофічними зв'язками.

Форма: торфоподібний субстрат із вмістом консорціуму ґрунтових целюлозолітичних і гетеротрофних мікроорганізмів.

Норма витрат: 3 кг/га. Норма витрати робочого розчину: 250 л/га.

Способи застосування: Передпосівне внесення у ґрунт. Після обробки соломи препаратом, для активізації життєдіяльності ґрунтової мікробіоти необхідно провести дискування.

Оптимальні умови дії препарату в ґрунті: рН від 5,0 до 7,0 при температурі від 20 до 35°C, вологості не менше 40%.

МІКОСАН. Біофунгіцид широкого спектру дії.

Призначення: ефективний при захисті сільськогосподарських і декоративних культур від різних хвороб (грибів, бактерій, вірусів). Ефективна захисна дія мікосану доведена у захисті від хвороб: борошнистої роси, кореневих гнилей, бурої іржі, альтернаріозу, фомозу, трахеомікозу в'янення, пероноспорозу, чорної бактеріальної плямистості, бактеріального раку, гнилі при зберіганні, фітофторозу, парші тощо.

Діюча речовина: 3% водорозчинний лужний екстракт афілофоральних грибів: глюканів і меланінів.

Форма: випускається в двох модифікаціях: Мікосан-Н, призначений для передпосівної обробки насіння, бульб та цибулин і Мікосан-В, призначений для обробки зеленої маси рослин в період вегетації.

Норми застосування: для овочевих, зернобобових та декоративних низькорослих культур – 100 мл препарату на 3–4 л води (для обробки 1 сотки насаджень).

Особливості застосування: обприскування потрібно проводити з інтервалом 15–20 днів, а в разі різкого спалаху хвороб, обробку повторити через 10–12 днів.

Мікосан-Н можна використовувати замість Мікосана-В, але не навпаки. Можливе застосування в сумішах з препаратами іншого призначення. Не можна змішувати мікосан з розчинами, що мають кислу реакцію. Рекомендовано використовувати в бакових сумішах з прилипачем Ліпосам. Нешкідливий для людей, тварин, птахів, бджіл.

ПСЕВДОБАКТЕРИН–2, «ТМ Біона», Україна.

Призначення: біофунгіцид, який має високу антагоністичну активність до широкого спектру збудників хвороб рослин: *Fusarium, Helminthosporium, Pseudocercospora, Pythium, Erysiphe, Septoria, Pyrenophora, Puccinia, Pseudomonas, Xanthomonas, Rhizoctonia, Cladosporium, Erysiphe, Cercospora*. Забезпечує активний захист і профілактику грибних і бактеріальних хвороб; стимулює ріст і розвиток рослин; зміцнює імунний статус культури; поліпшує якість і обсяг врожаю; не викликає звикання у патогенних мікроорганізмів; покращує фосфорне живлення рослин; істотно знижує вартість захисних заходів; застосовується в будь-якій фазі розвитку культури; знімає стрес, викликаний хімічними пестицидами.

Діюча речовина: живі клітини *P. aureofaciens* і продукти їх метаболізму.

Форма: рідина жовто-коричневого кольору.

Спосіб застосування: 1–3 л/га в період вегетації.

Біофунгіцид дозволено застосовувати з хімічною прополкою гербіцидами або в баковій суміші з інсектицидами. В цьому випадку обприскувач біопрепаратом заправляють в останню чергу, після наповнення бака водою більш, ніж на половину обсягу. Препарат абсолютно нешкідливий для людей, теплокровних тварин, комах, навколишнього середовища.

ФУНГІСТОП, «ТМ Біона», Україна.

Призначення: властивості і переваги: має високу гіперпаразитичну активність до широкого спектру збудників хвороб: *Fusarium, Helminthosporium, Rhizoctonia, Pythium, Sclerotium, Alternaria, Verticillium, Phytophthora*. Покращує якість і родючість ґрунту; сприяє підвищенню врожайності сільськогосподарських культур на 15–20%;

Діюча речовина: міцелії і хламідоспори гриба *Trichoderma viride*.

Форма: рідина жовто-коричневого кольору.

Спосіб застосування: біофунгіцидом фунгістоп обробляють насіння і розсаду, поливають і обприскують рослини під час вегетації. Препарат вносять у ґрунт при посіві насіння.

Норми застосування: при внесенні в закритий ґрунт – 15 л/га, при поливі розсади – 0,5–1,0 л/100 л води, під час вегетації – 1–6 л/га, при обробці насіння зернових культур – 12 л/т.

Переваги: зберігає активність в діапазоні температур від +5 до + 45°C; не втрачає ефективності при внесенні в кислий по реакції ґрунт; поєднується з більшістю засобів захисту рослин і добривами; сприяє рекультивації ґрунту; застосовується в будь-яку фазу росту і розвитку рослини.

6.7. Біотехнологічні методи захисту культур від вірусів

Збудники вірусних хвороб, які циркулюють у посівах бобових можуть адаптуватися й до сочевиці. Саме тому існує необхідність проведення постійного моніторингу вірусних захворювань в цій культурі. У якості профілактичних фітосанітарних заходів і агротехнічних прийомів рекомендується: санітарна обробка полів, контроль насінневого матеріалу,

своєчасне знищення бур'янів та планомірних заходів боротьби із комахами-переносниками вірусної інфекції [5].

6.8. Біотехнологічні методи захисту бобових культур від фітоплазмових хвороб

На сьогоднішній день не знайдено інших хімічних засобів контролю цих збудників, окрім антибіотиків рифампіцину і класу тетрациклінів, які показали тимчасове придушення симптомів та поширення фітоплазму. Проте, на жаль, обробка антибіотиками високої концентрації (>100 ч/млн) пошкоджує тканини рослин та здатна спричинювати у мікроорганізмів мутагенний ефект [20].

Відомо, що основними шляхами поширення фітопатогенних молікутів є комахи-переносники – цикадки, заражений посадковий матеріал, а також рослини-резерватори (багаторічні бур'яни, дикорослі або культурні рослини) [5]. Тому ефективним попереджувальним захистом від ушкодження посівів фітоплазмами є контроль шкідників (застосування інсектицидів). Проте не слід забувати про ефективність карантинних і фізико-хімічних заходів захисту, зокрема: очистку і сортування насіння, видалення уражених рослин і бур'янів; дезінфекція ґрунту, застосування стійких до фітоплазму сортів сочевиці [5].

Перспективним заходом може бути також передпосівна чи позакоренева обробка розчинами наноаквацитратів. Зокрема, нами встановлено антимікоплазмову активність 1,0%-х розчинів наноаквахелатів германію, ванадію, срібла і міді та йоду і селену та ефективність їх застосування на рослинах *G. orientalis*, уражених фітоплазмою.

6.9. Біоагенти для захисту бобових культур від шкідників

В оптимізації фітосанітарного стану агроєкосистем важливу роль відіграє їх конструювання, яке дозволяє забезпечити ціленаправлене регулювання динаміки чисельності популяції корисних і шкідливих організмів. При оптимізації агробіоценозу, використовують у першу чергу природні (біологічні) фактори агроєкосистеми, які здатні обмежувати (знижувати) чисельність і шкідливість цих організмів. Мова повинна йти про управління чисельністю шкідників (біологічний контроль), а не про знищення, оскільки так званий «шкідник» є одним з елементів середовища, який інтенсивно розмножується через порушення біологічної рівноваги.

Біологічний контроль чисельності шкідників передбачає використання живих організмів або продуктів їх життєдіяльності з метою знищення і зменшення чисельності шкідливих організмів і створення сприятливих умов для діяльності корисних видів. Нижче ми і наводимо перелік, властивості і особливості застосування біоагентів призначених для захисту бобових культур від шкідників.

АВЕРКОМ.

Призначення: високоефективний екологічний, багатофункціональний препарат – стимулятор росту рослин з високою нематоцидною й інсекто-

акарицидною активністю. Ефективний у боротьбі з колорадським жуком, попелицею, трипсами, біланом капустиним, совками, плодожерками, кліщами і нематодами.

Діюча речовина: комплекс природних авермектинів, що продукуються корисним ґрунтовим грибом *Streptomyces avermitilis*.

Норми використання: на посівах картоплі, овочевих, декоративних, плодово-ягідних культурах проти колорадського жука, попелиці, кліщів, гусениць біланів, совок становить від 2,5 до 10 л/га.

Спосіб застосування: обприскування посівів або насаджень Аверкомом доцільно проводити у суху, ясну, безвітряну погоду за низької ймовірності опадів упродовж наступних 8–10 год. Оптимальним температурним режимом внесення біологічного препарату є +18°C і вище. Зниження температури призводить до зменшення ефективності препарату, тоді як її підвищення до +28°C і більше, навпаки, підвищує його ефективність. Перші ознаки дії препарату – припинення харчування шкідників – можна спостерігати через 6–8 год. при обробленні проти шкідників з гризучим типом ротового апарату і через 12–16 год. – для сисних. Масова загибель шкідників настає на 2–3 день після оброблення, а максимальний ефект досягається на 5–7 день. Захисний ефект препарату за сприятливих умов триває до 7–20 днів.

Під час обробки посівів чи насаджень Аверкомом слід унеможливити виліт бджіл на 1 добу, а вихід персоналу дозволяється через 2 дні.

Переваги: Не має негативного впливу на теплокровних тварин. Препарати на основі авермектинів визнані екологічними і найперспективнішими у світовій практиці. Авермектини – це природні специфічні нейротоксини, які проникають в організм комах кишковим або контактним шляхом та незворотно уражують їх нервову систему.

Здатність авермектинів швидко розкладатися у навколишньому середовищі перешкоджає їх накопиченню у плодах, овочах і ґрунті. Препарат можна застосовувати в період збирання врожаю на овочевих і плодово-ягідних культурах. Останню обробку можна здійснювати за 48 год. перед збиранням урожаю.

ТРИХОГРАМА.

Трихограма – природна комаха-ентомофаг, яка живе в природі та допомагає людям у боротьбі з низкою шкідників. Дрібна комаха бурого кольору, яка належить до родини трихограматид ряду перетинчастокрилих, знищує яйцекладки понад 80 видів шкідників. Трихограма розвивається всередині заражених нею яєць комах-шкідників. Уражені трихограмою яйця через кілька днів набувають темного забарвлення. Паразитують лише личинки, а дорослі комахи живляться нектаром та росюю.

Призначення: трихограму використовують для боротьби з листогризучими та підгризаючими совками, стебловим кукурудзяним метеликом, шкідниками саду, американським білим метеликом, лучним метеликом, шовкопрядами, листокрутками, молями, плодожерками та іншими шкідниками.

Норми випуску: буряки, озимі, багаторічні трави, просо, соняшник, овочі – 80–100 тис. особин/га, кукурудза, плодово-ягідні культури від 100 тис. до 200 тис. особин/га. У складських приміщеннях, теплицях, коморах, млинах – 10 тис. особин/10 м³ площі.

Спосіб застосування: випускають трихограму у два прийоми: на початку яйцекладки основних видів совок і стеблового метелика та з настанням масової яйцекладки. При авіаційному способі розселення випускають різновікову трихограму один-два рази, але при цьому враховують строки відродження трихограми. Сучасні комплекси БПЛА (дрони) можуть також використовуватися для високоефективної і економічної боротьби зі шкідниками врожаю за допомогою розпилення трихограми.

Випускають трихограму у період яйцекладки шкідників. Початок застосування повинен співпадати з циклом їх розвитку.

При ручному розселенні трихограми, на 1 га її кладуть у 50 місцях на польових і – у 100 місцях на овочевих культурах.

Перший випуск співпадає з початком яйцекладки шкідників, другий та третій – з періодом їх масової яйцекладки. Тому, щоб отримати високу ефективність від застосування трихограми, необхідно провести 4–6 її випусків за сезон.

Схема випуску: вміст пакета ділять на 2 частини. Першу частину поміщають на відродження, а решту кладуть у холодильник, де вона може зберігатися близько місяця за температури +2 – +3°C і вологості 85–90%.

При кімнатній температурі доросла комаха виходить з яйця через 3–5 днів. Відроджена трихограма живе 8–10 днів. Пакети з трихограмою необхідно зберігати в ємностях за відсутності прямих сонячних променів.

Приблизно за день перед відродженням трихограми (при появі перших поодиноких комах у пакеті) у пластмасові ємності кладуть зім'яті паперові кульки діаметром 0,5–1 см чи прив'яле листя рослин (щириці, акації) або суцвіття конюшини, кмину, моркви, квасолі. У ці посудини засипають яйця трихограми і закривають зверху тканиною. Коли комахи відродяться, рівномірно розмістяться на кульках чи листочках, їх можна випускати на ділянку. Випускати трихограми доцільно у 50 (100) місцях на 1 га на відстані 13–15 м (9–11 м), кульку з трихограмою кладуть під рослини. Наступні випускання проводять за цією самою схемою.

ЛЕПІДОЦИД.

Призначення: для захисту овочевих, садових і декоративних культур, квітів від гусениць лускокрилих комах-шкідників (білявок; капустяної, яблуневої та плодової молі; американського білого метелика; совок; вогневок; листокруток; кукурудзяного і лугового метелика, пильщика та ін.).

Діюча речовина: бактерії *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*.

Форма: препарат випускається у рідкій та гелевій формах.

Спосіб застосування: робочу рідину готують безпосередньо перед обробленням. Рослини рекомендують обробляти зранку та ввечері при температурі, вищій за +13°C.

Норма використання: для бобових – 200–300 л/га. Проводять по 1–2 обробки проти кожного покоління шкідників з інтервалом 5–10 днів. Біологічна ефективність – 86–89% – на овочевих культурах, 85–90% – на плодкових та технічних.

Спосіб застосування: обприскування 0,5% водяною суспензією вегетуючих рослин у період відродження гусениць та личинок.

Фізіологічна дія: препарат кишкової дії, ефективність якого зумовлена наявністю у ньому життєздатних спор та білкових кристалів, токсичних для гусениць 1–2 віку, лускокрилих. Параспоріальні тільця (кристали) призводять до отруєння комахи, а бактерії, що розмножуються в тілі комахи поступово заповнюють тканини, внаслідок чого комаха гине від септицемії. Загибель гусениць починається через 2–3 доби і продовжується 10–15 днів.

БОВЕРІН.

Призначення: мікробіологічний препарат інсектицидної дії на основі ентомопатогенного гриба. Рекомендується для захисту овочевих та декоративних культур відкритого та закритого ґрунту, плодово-ягідних культур від тепличної білокрилки, трипсів, личинок молодшого віку колорадського жука, плодожерки.

Діюча речовина: ентомопатогенний гриб *Beauveria bassiana*.

Форма: препарат випускається у рідкій та гелевій формах.

Спосіб застосування: обприскування робочим розчином.

Норма використання: проти шкідників становить 3–5 л/га, проти личинок колорадського жука 5–7 л/га. На присадибних ділянках – 350 мл на 10 л води на 2 сотки. Рекомендується використовувати при температурі повітря +18–+28°C та відносній вологості 75–85%.

Фізіологічна дія: спори грибів, які потрапляють на шкідників, проростають у порожнину тіла комах, що і призводить до їх загибелі. Комахи, що загинули, обростають міцелієм гриба, спори якого стають джерелом вторинної інфекції для шкідників.

ВЕРТИЦИЛІН.

Призначення: рекомендується для захисту овочевих, плодово-ягідних та декоративних культур відкритого та закритого ґрунту від тепличної білокрилки та різних видів попелиць, кліщів, трипсів. Механізм дії препарату – аналогічний боверіну.

Діюча речовина: препарат виготовляють на основі ентомопатогенного гриба *Verticillium lecani*.

Форма: препарат випускається у рідкій та гелевій формах.

Норма використання препарату: проти шкідників відкритого і закритого ґрунту в саду – 3–5 л/га, на присадибних ділянках 350 мл на 10 л води.

Спосіб застосування: у період вегетації на 1 гектар використовують не менше 300 літрів робочого розчину. Обробляють після 18-ої години. Повторне оброблення – через 7–10 днів. Рекомендовано використовувати при температурі повітря +18–+28°C та відносній вологості 75–85%.

БІТОКСИБАЦИЛІН. Бактеріальний препарат кишкової дії.

Призначення: застосовується у боротьбі з комплексом шкідників: листогризучі совки, довгоносики, німфаліди, галиці, плодожерка, зерновка. Біологічна ефективність – 60–90%.

Діюча речовина: спорово-кристалічний комплекс та екзотоксин *Bacillus thuringiensis var. thuringiensis*.

Форма: препарат випускається у рідкій та гелевій формах.

Норма витрат: на бобових: 2–5 (7–10) л/га, 200–300 л/га робочого розчину. Норми використання проти комплексу листогризучих лускокрилих – 3–5 л/га, проти шкідників плодів (листовійки, у т.ч. плодожерки), жорсткокрилі – 3–5 л/га, на присадибних ділянках – 350 мл на 10 л води; проти рослиноїдних кліщів – 4–5 л/га.

Спосіб застосування: 1–2 обробки проти кожного покоління шкідників з інтервалом 5–10 днів. Біопрепарат застосовують у вигляді робочого розчину, приготованого в день обробки. Необхідну норму препарату ретельно розмішують у воді з температурою від 15°C до 25°C. Робочий розчин слід використовувати відразу після приготування або зберігати не більше 5–6 годин в захищеному від світла місці. Обробку бажано проводити в суху безвітряну погоду, уникаючи дії прямих сонячних променів, вранці або ввечері.

На люцерні, соняшнику, моркві, капусті проти гусениць лучного метелика – 1–2 обробки через 5–8 днів.

Біопрепарат сумісний в баковій суміші з прилипачем, стимуляторами росту та іншими засобами захисту рослин біологічної і хімічної природи, крім тих, які мають лужну реакцію. Остання обробка – за 5 днів до збору врожаю. Термін ізоляції бджіл – 1 доба. ТУУ 20.15.00717867-004:2013.

МЕТАРИЗИН (ЕНТОЦИД). Екологічний ґрунтовий інсектицид.

Призначення: препарат ефективний проти шкідників, що живуть у ґрунті: дротяників, личинок травневого хруща, капустянок, колорадського жука, довгоносиків. У період вегетації ефективний проти трипсів, личинок молодшого віку довгоносиків, а також личинок комарів біля заплав річок, ставків, лісів. Препарат найефективніший проти личинок молодшого віку і при достатній вологості ґрунту.

Діюча речовина: на основі гриба *Metarhizium anisopliae*.

Форма: препарат випускається у рідкій та гелевій формах.

Норма внесення: залежно від чисельності шкідників становить від 5–8 до 25 л на 1 га, використовують не менше 300 л робочого розчину.

Спосіб застосування: застосовують методом внесення в ґрунт перед оранкою, копанням, під культивуацію, при садінні, рихленні міжрядь сільськогосподарських культур. Вносять в ґрунт будь-яким доступним способом: методом змішування з добривами, в розчині з поливною водою, обприскуванням ґрунту. Гриб *M. anisopliae* є ефективним колонізатором ризосфери рослин, тому його застосування доцільне також при обробці насіння. Експозиція становить 60–90 хвилин.

Метаризин має довготривалий термін дії, для максимального розмноження і поширення гриба необхідний повний сезон. ТУУ20.2-00717867-003:2013.

НЕМАТОФАГІН. Екологічний біологічний препарат нематоцидно-інсектицидної дії.

Призначення: препарат застосовують для захисту картоплі, овочевих, технічних, плодово-ягідних, декоративних та інших сільськогосподарських культур закритого та відкритого ґрунту від галових нематод.

Діюча речовина: хижий гриб *Arthobotrys oligospora*.

Форма: препарат випускається у рідкій та гелевій формах.

Норми внесення залежать від чисельності нематод і становлять від 5 до 150 л/1 га.

Спосіб застосування: нематофагін вносять перед оранкою, висаджуванням розсади під культивуацію або мульчування ґрунту. Нематофагін можна використовувати локально під кожен рослин по 20–30 мл препарату із зароблянням у ґрунт.

Механізм дії: міцелій гриба виділяє речовини, які приваблюють нематод. На міцелії утворюються клітини-уловлювачі у вигляді сітки. Клейкі сітки складаються з великої кількості кілець, які утворюються в результаті значного гілкування гіфів гриба, кільця згинаються і з'єднуються між собою та утворюють тривимірну сітку. Нематоди, доторкнувшись до сітки, прилипають і захвачуються нею. Гіфи гриба проникають у тіло нематоди та живляться її вмістом.

Біопрепарат не шкідливий для людей, теплокровних тварин, птахів, риб, не накопичується в рослинах, не забруднює навколишнє середовище. При роботі необхідно дотримуватися загальноприйнятих правил безпеки. ТУУ 20.15-00717867-005:2013.

ТРИХОДЕРМІН.

Призначення: використовують для захисту сільськогосподарських та декоративних культур проти грибних і бактеріальних хвороб – всіх видів гнилей та хвороб листового апарату у відкритому та закритому ґрунті.

Діюча речовина: культуральна рідина, що містить спори, міцелій і продукти метаболізму гриба-антагоніста *Trichoderma lignorum* шт. LZ 15 з титром від 5×10^8 КУО/мл.

Форма: препарат випускається у рідкій та гелевій формах.

Спосіб застосування і норма використання: 5–10 л препарату на 100 л води; обробка насіння перед сівбою: 2 л препарату на 1 т насіння; внесення в лунки при висаджуванні розсади – 5 мл; у період вегетації обприскують за будь-якої фази розвитку рослин – 3–5 л/га, не менше 300 л робочого розчину на 1 га. Обробку препаратом проводять в період найменшої сонячної активності (ранок, вечір, хмарність, ніч). Робочий розчин використовують протягом 3 годин. Препарат сумісний з хімічними інсектицидами, гербіцидами і біологічними препаратами. При застосуванні з препаратом

«Гаубсін» проявляє синергію. В бакових сумішах застосовувати при температурі від + 10°C. Не сумісний з хімічними фунгіцидами.

Механізм дії: пригнічує розвиток фітопатогенів в результаті прямого паразитування, конкуренції за субстрат, виділення ферментів (хітиназа, целюлаза, глюконаза та ін). За життєдіяльності виділяє антибіотики: аламетицин, гліотоксин і вірілін, які стримують розвиток фітопатогенних грибів. Крім цього, препарат підсилює процеси амоніфікації та нітрифікації, мобілізації фосфатів та калію, збагачує ґрунт рухливими формами поживних речовин, стимулює ріст і розвиток рослин, підвищує їх резистентність до хвороб. Збільшує врожайність на 20–30% і стримує розвиток галових нематод.

Термін зберігання препарату при температурі + 4°C до 3 місяців.

ТУУ 20.15-00717867-007:2013.

Список літератури до розділу 6

1. *Гадзало Я.М., Патики Н.В., Заришняк А.С.* Агробиологія ризосфери рослин. Київ: Аграрна наука. 2015. 386 с.

2. *Гвоздяк Р.І., Пасічник Л.А., Яковлева Л.М., Мороз С.М., Литвинчук О.О., Житкевич Н.В., Ходос С.Ф., Буценко Л.М., Данкевич Л.А., Гриник І.В., Патики В.П.* Фітопатогенні бактерії. Бактеріальні хвороби рослин: [монографія: в 3–х т.]. Т.1. Київ: ТОВ «НВП «Інтерсервіс». 2011. 444 с.

3. *Гуляєва Г.Б., Токовенко І.П., Григорук І.Ю., Павленко В.О.* Дослідження впливу різних концентрацій наночитратів ванадію і германію на енергію проростання і схожість насіння козлятнику східного. XIV наукова онлайн-конференція молодих вчених “Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві” (27–28 жовтня 2020 року, м. Чернігів), Чернігів Чернігів . 2020. 143.

4. *Гуляєва Г.Б., Патики В.П., Токовенко І.П., Патики М.В., Максін В.І., Каплуненко В.Г.* Фізіологічний вплив наноаквацитратів срібла і міді на розвиток *Galega orientalis* у разі застосування консорціуму мікроорганізмів і штучного інфікування *Acholeplasma laidlawii* var. *granulum*. Физиология растений и генетика. 2018. 50(1). 39–45. <https://doi.org/10.15407/frg2018.01.039>

5. *Гуляєва Г.Б., Токовенко І.П., Пасічник Л.А., Патики В.П., Житкевич Н.В., Гнатюк Т.Т., Буценко Л.М., Патики М.В., Максін В.І., Каплуненко В.Г.* Біотехнології профілактики хвороб козлятника східного. Науково-методичні рекомендації. Київ: ЦП «Компринт». 2021. 35 с.

6. *Каплуненко В.Г., Косинов Н.В., Бовсуновский А.Н., Черный С.А.* Нанотехнологии в сельском хозяйстве. *Зерно*. 2008. (4). 47–55.

7. *Патики В.П., Пасічник Л.А., Гвоздяк Р.І., Петриченко В.Ф., Корнійчук О.В., Калініченко Л.М., Буценко Л.М., Житкевич Н.В., Данкевич Л.А., Литвинчук О.О., Кириленко Л.В., Мороз С.М., Гуляєва Г.Б., Гнатюк Т.Т., Хархота М.А., Томашук О.В.* за ред. *Патики В.П.* Фітопатогенні бактерії. Методи досліджень. Монографія. Т. 2. Вінниця: ТОВ Віндрук. 2017. 432 с.

8. *Новікова Т.П.* Обґрунтування симбіозу за дії біологічних препаратів [автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук]. 2020. 22 с.
9. *Патика В.П., Пасічник Л.А., Житкевич Н.В., Гуляєва Г.Б., Токовенко І.П., Гнатюк Т.Т., Захарова О.М., Кириленко Л.В.* за ред. *В.П. Патики, В.Ф. Петриченко.* Хвороби козлятника східного: моніторинг, діагностика, профілактика. Методичні рекомендації. Вінниця: «Віндрук». 2016. 48 с.
10. *Попкова К.В.* Общая фитопатология. Москва: Агропромиздат. 1989. 399 с.
11. *Харченко О.О.* Гігієнічна оцінка цитратів біометалів, що отримані за допомогою нанотехнологій: Автореф. дис. ... канд. біол. наук. Київ. 2015. 20 с.
12. *Aliyu AO, Garba S, Bognet O.* Green Synthesis, Characterization and Antimicrobial Activity of Vanadium Nanoparticles using Leaf Extract of *Moringa oleifera*. *Int. J. Chem. Sci.* 2017. 16(1). 231 p.
13. *Hu J., Lu Q., Wu C., Liu M., Li H., Zhang Y., Yao S.* Germanium nanoparticles: Intrinsic peroxidase-like catalytic activity and its biosensing application. *Talanta.* 2019. 195(1). 407–413. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2018.11.081>
14. *Huliaieva H., Pasichnyk L., Kharchuk M., Kalinichenko A., Patyka V., Bohdan M., Maksin V.* Influence of citrates nanoparticles on morphological traits of bacterial cells *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens*. *Agriculture and Forestry.* 2020. 66 (1). 23–31. DOI: 10.17707/AgricultForest.66.1.03
15. *Huliaieva HB, Tokovenko IP, Pasichnyk LA, Patyka VP, Bohdan MM, Kharchuk MS, Maksin VI, Patyka MV, Kaplunenko VG.* Antimicrobial activity of vanadium and germanium nanoaquacitrates in vitro and their physiological effect on wheat plants in vivo. *Mikrobiol. Z.* 2020. 82(6). 43–53. doi: <https://doi.org/10.15407/mikrobiolj82.06.043>
16. *Huliaieva H., Tokovenko I., Maksin V., Kaplunenko V., Kalinichenko A.* Effect of nanoaquacitrates on physiological parameters of Fodder galega infected with phytoplasma. *Ecol. Chem. Eng. S.* 2018. 20(1). 153–168. doi: 10.1515/eces-2018-0011
17. *Kumar B. L., Sai Gopal D. V. R.* Effective role of indigenous microorganisms for sustainable environment. *Biotech.* 2015. 5(6). 867–876. doi: 10.1007/s13205-015-0293-6
18. *Kumar M, Curtis A, Hoskins C.* Application of Nanoparticle Technologies in the Combat against Anti-Microbial Resistance. *Pharmaceutics.* 2018. 10(1). 11. doi:10.3390/pharmaceutics10010011
19. *Mahanty T., Bhattacharjee S., Goswami M., Bhattacharyya P., Das B., Ghosh A., Tribedi P.* Biofertilizers: a potential approach for sustainable agriculture development. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2017. 24(4). 3315–3335. doi: 10.1007/s11356-016-8104-0.

20. *Namba S.* Molecular and biological properties of phytoplasmas. Proc. Jpn. Acad. Ser. B Phys. Biol. Sci. 2019. 95(7). 401–418. doi:10.2183/pjab.95.028
21. *Pan I., Dam B., Sen S. K.* Composting of common organic wastes using microbial inoculants. Biotech. 2012. 2(2). 127–134. doi: 10.1007/s13205
22. *Patyka N.V., Bublik N.A., Patyka T.I., Kitaev O.I.* Rhizospheric trophic chain: the role and stability in soil processes and ecosystems. Вестн. Волгоград. Гос. Ун-та. Сер.10. 2014. 5(14). 62–67.
23. *Rashid M.I., Mujawar T., Shahzad T., Almeelbi I.M., Ismail M.* Oves Bacteria and fungi can contribute to nutrients bioavailability and aggregate formation in degraded soils. Microbiol. Res. 2016. 183. 26–41. doi: 10.1016/j.micres.2015.11.007.
24. *Wang J., Zhou H., Guo G., Cheng T., Peng X., Mao X., Li J., Zhang X.* A functionalized surface modification with vanadium nanoparticles of various valences against implant-associated bloodstream infection. Int. J. Nanomedicine. 2017. 12. 3121–3136. doi: 10.2147/IJN.S129459.

ДОДАТКИ

Додаток 1 СОЧЕВИЦЯ



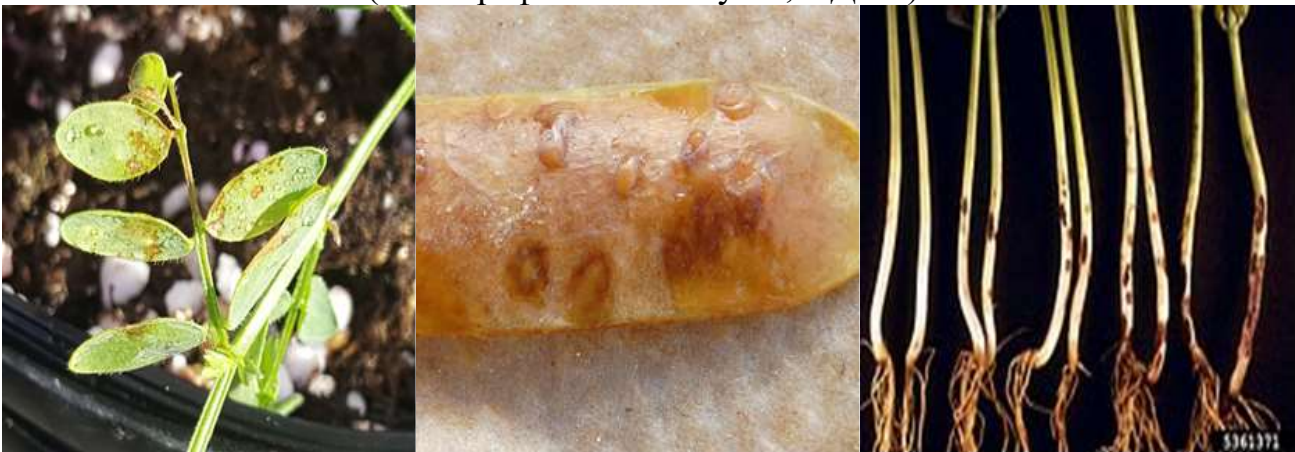
Додаток 2



Додаток 2.1. Вогнища ураження в полі сочевиці
(Фотографії: Майкл Вунш, НДСУ)



Додаток 2.2. Рослини сочевиці, які скинули уражені листки
(Фотографії: Майкл Вунш, НДСУ)



Додаток 2.3. Сочевиця уражена *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*
(Photo: F. Mathew, South Dakota State University)

Додаток 2.4.
Бактеріальні виділення з уражень стручків сочевиці *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*
(Фото: Р. Гарвесон, Університет Небраски)

Додаток 2.5. Чорна ніжка сочевиці (збудник *Pectobacterium carotovorum* subsp. *atroseptica*)



Додаток 2.6.
Бактеріальний опік
 (збудник *Pseudomonas syringae* pv. *pisii*)



Додаток 2.7.
Бактеріальна плямистість (збудник *Xanthomonas heterocea*)



Додаток 2.8. Коренева гниль сочевиці
 (збудник *Pseudomonas radiciperda*)



Додаток 2.9. Бактеріальна гниль (збудник *Pseudomonas fabae*)

Додаток 3



А

Б

В

Додаток 3.1. Аскохітоз: А – пошкоджені листочки сочевиці; Б – пошкодження аскохітозом на бобах сочевиці; В – уражене аскохітозом насіння сочевиці (Джерело: Courtesy of the Canadian Phytopathology Society)



А

Б

В



Г

Д

Е

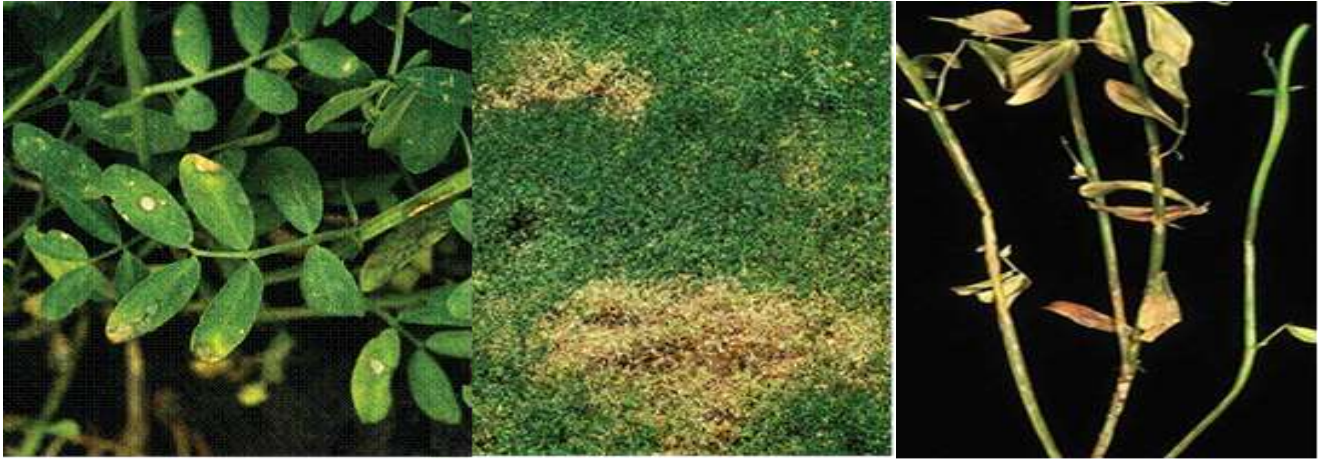


Ж

З

І

Додаток 3.2. Сочевиця уражена кореневою гниллю: **А** – уражені фузаріозною кореневою гниллю рослини сочевиці; **В** – пошкоджене фузаріозом насіння сочевиці (Джерело: Cortesy of the Canadian Phytopathology Society); **Б** – пошкодження кореневою гниллю *Pythium irregulare*; **Г** – ураження кореневою гниллю, спричинене *Pythium* (Фото: T. Paulitz, USDA-ARS, Pullman, Wash); **Д** – фузаріозна коренева гниль (Джерело: Alberta Agriculture and Forestry); **Е** – коріння карамельного кольору (ключовий симптом кореневої гнилі, спричиненої *Aphanomyces*); ліворуч: уражені, праворуч: здорові рослини (Джерело: Crop Development Centre); **Ж** – коріння уражене фузаріозом (фото: K. Zitnick-Anderson, NDSU); **З** – пожовтіння, прогресуюче до верхівки й передчасна загибель, спричинена *F. avenaceum* (фото: L. Porter, USDA-ARS, Prosser, Wash); **І** – коренева гниль спричинена *Rhizoctonia solani* (фото: K. Zitnick-Anderson, NDSU)



А

Б

В

Додаток 3.3. Антракноз: А – пошкоджені листочки сочевиці; Б – ділянки, пошкоджені антракнозом на посіві сочевиці; (Джерело: Cortesy of the Canadian Phytopathology Society) В – ушкоджена антракнозом рослина сочевиці (авт. фото: Buchwaldt et al., 2018)



А

Б

В

Додаток 3.4. Сіра гниль (Ботрітіоз): А – інфікований біб сочевиці; Б – інфіковане насіння; В – загиблі рослини сочевиці, внаслідок зараження ботриніозом (Джерело: Cortesy of the Canadian Phytopathology Society)



А

Б

В

Додаток 3.5. Біла гниль (Склеротиніоз): А – уражений біб (Джерело: Cortesy of the Canadian Phytopathology Society) Б – рослини сочевиці із білим павутинним нальотом; В – уражені склеротиніозом ділянки у посівах сочевиці (Фото: W. Chen, USDA-ARS, Pullman, Wash)



А

Б

В

Додаток 3.6. Пошкодження сочевиці стемфіліумною гниллю: А – пошкодження листків; Б – масове пошкодження рослин (Джерело: Sabine Bannize, CDC); В – рослина у стадії дефоліації за сильного ураження збудником (Фото: Michael Wunsch, NDSU)

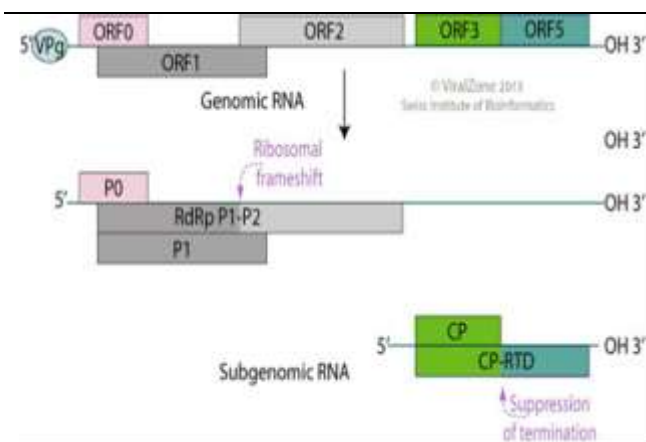


А

Б

Додаток 3.7. Іржа, спричинена *Uromyces viciae-fabae* var *viciae-fabae*: А і Б – рослини сочевиці з ураженими іржею листочками (фото: K Lindbeck, formerly VDPI)

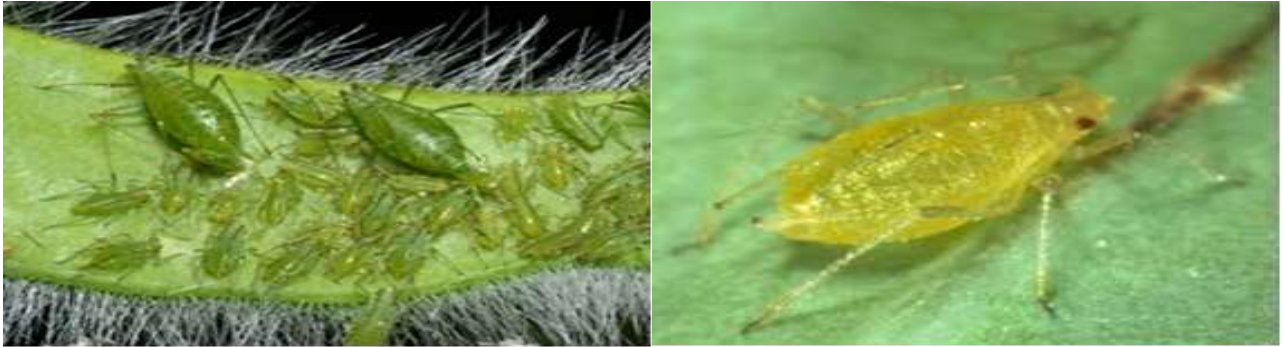
Додаток 4



Додаток 4.1. Організація геному *Pea enation mosaic virus-1*
(<https://viralzone.expasy.org/305>)



Додаток 4.2. Симптоми *Pea enation mosaic virus* на *Pisum sativum* (Paul Koepsell, 1980;
<https://pnwhandbooks.org/node/3176>)



А

Б

Додаток 4.3. Основні переносники PEMV-1, BLRV та PSbMV

А горохова попелиця (*Acyrthosiphon pisum*)

(https://influentialpoints.com/Gallery/Acyrtosiphon_pisum_Pea_aphid.htm),

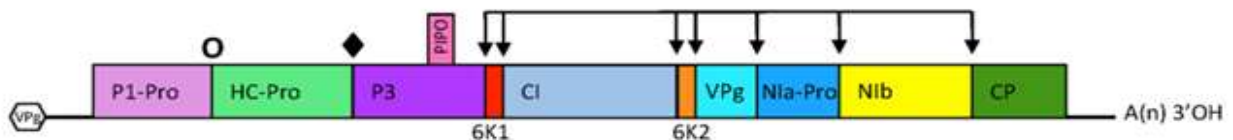
Б зелена персикова попелиця (*Myzus persicae*)

(http://aphid.aphidnet.org/Myzus_persicae.php)



Додаток 4.4. Симптоми пожовтіння і затримки росту, викликані *Bean leafroll virus* на сочевиці (ліворуч) та здорова рослина

(<https://www.invasive.org/browse/subthumb.cfm?sub=20657&cat=88#>)



Додаток 4.5. Організація геному *Pea seed-borne mosaic virus*

(Wylie et al., 2018)



А

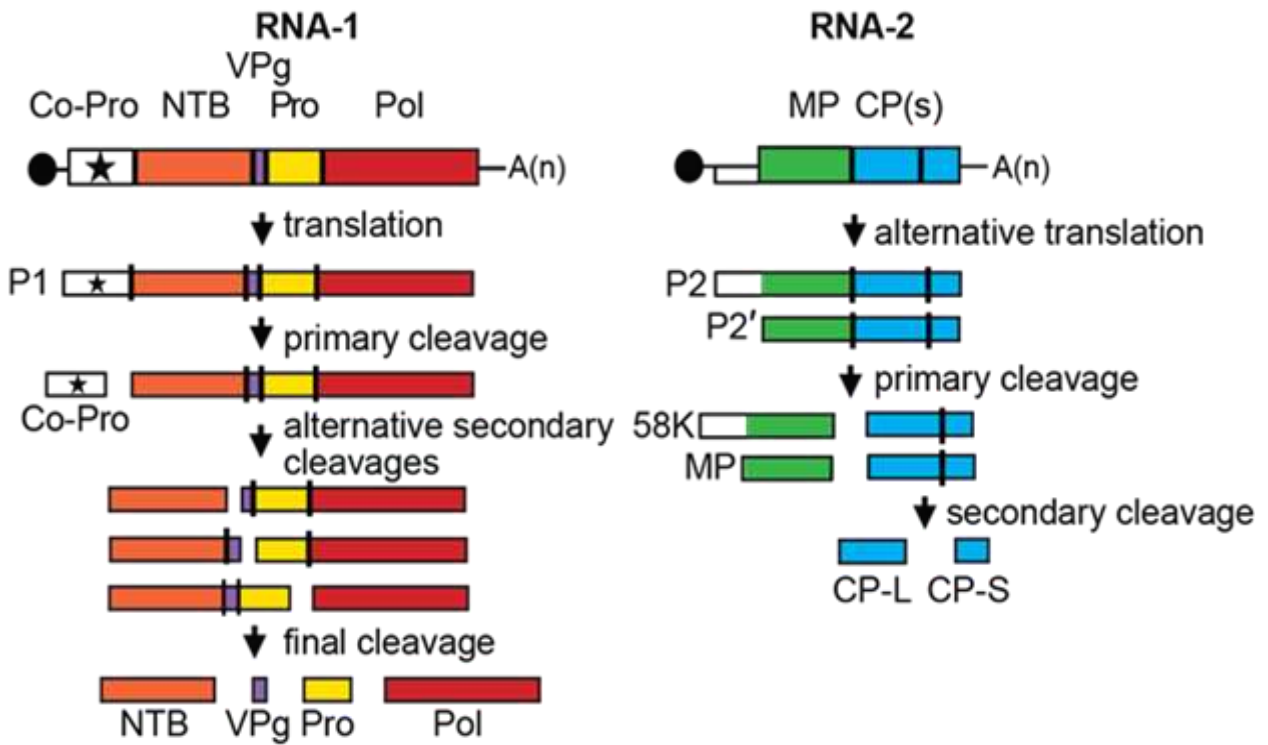
Б

Додаток 4.6. Важка затримка розвитку та стиглості гороху (А) і розтріскування насінневих оболонок (Б), спричинені PSbMV

(Wunsch et al., 2014)



Додаток 4.7. Переносники PSbMV: *R. padi* (А) та *A. fabae* (Б)



Додаток 4.8. Організація геному *Broad bean stain virus* (Virus Taxonomy, 2019)



Додаток 4.9. Симптоми плямистості та деформації рослин та бобів *Vicia faba*, спричинені BBSV (Sastry K.S., 2013)



A

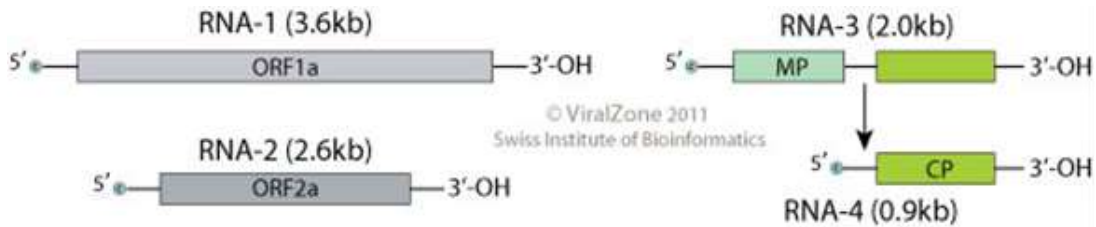


Б



В

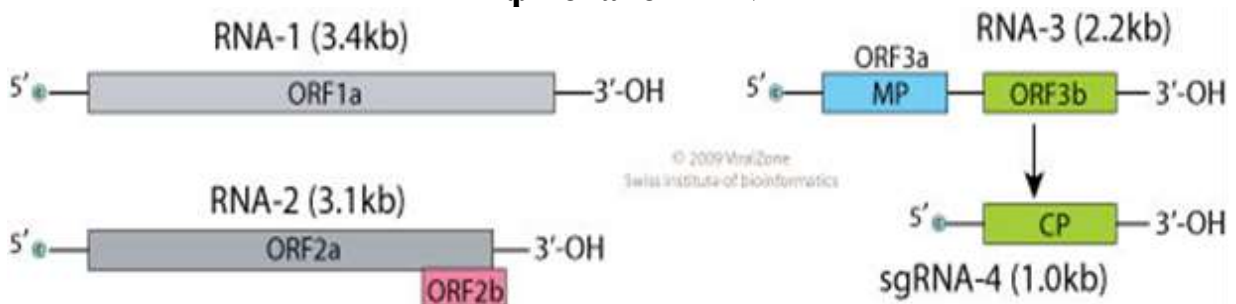
Додаток 4.10. Переносники BBSV: *Apion aestivum* Germ. (A), *Sitona crinita* Herbst (Б) та *Sitona lineatus* L. (В)



Додаток 4.11. Схематичне зображення геному *Alfalfa mosaic virus*



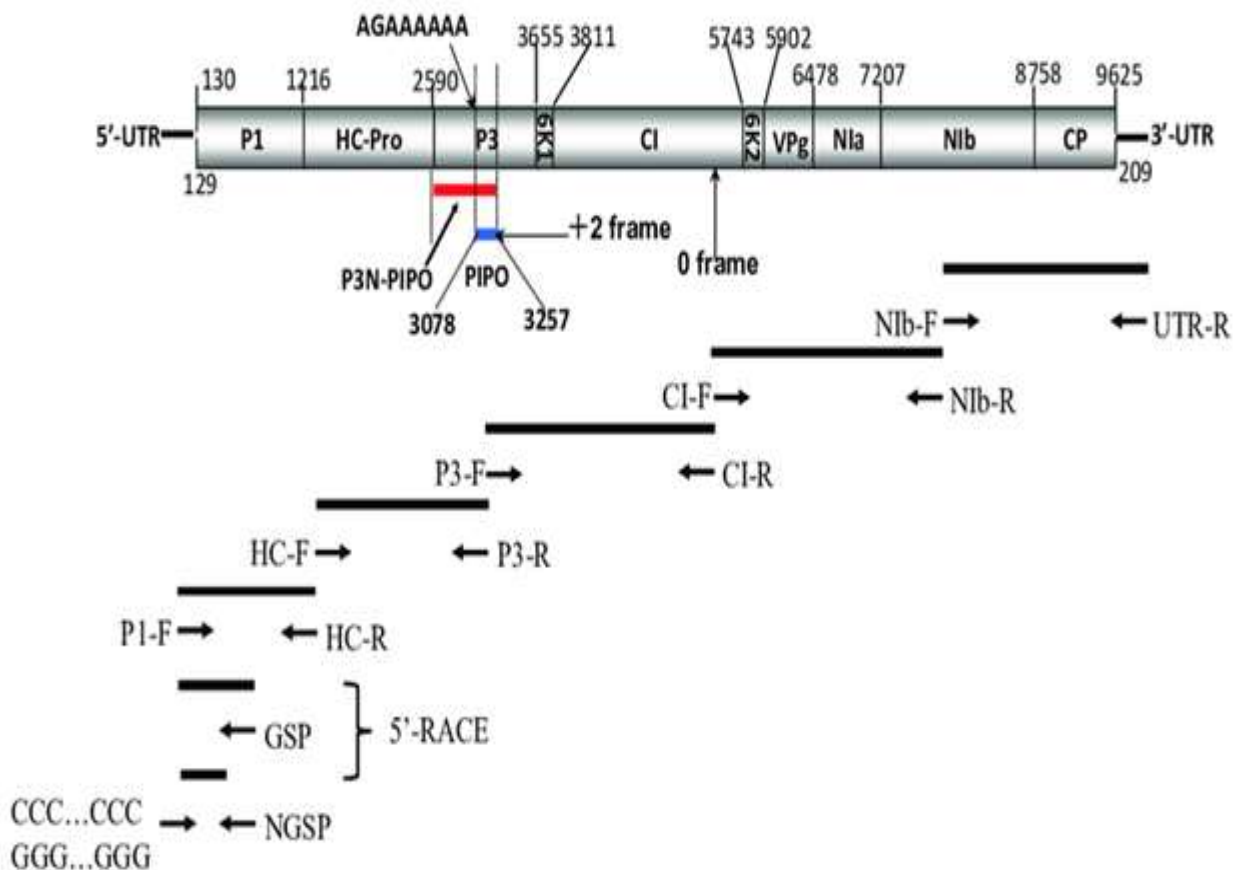
Додаток 4.12. Пожовтіння та затримка росту рослини сочевиці, інфікованої AMV



Додаток 4.13. Схематичне зображення геному *Cucumber mosaic virus*

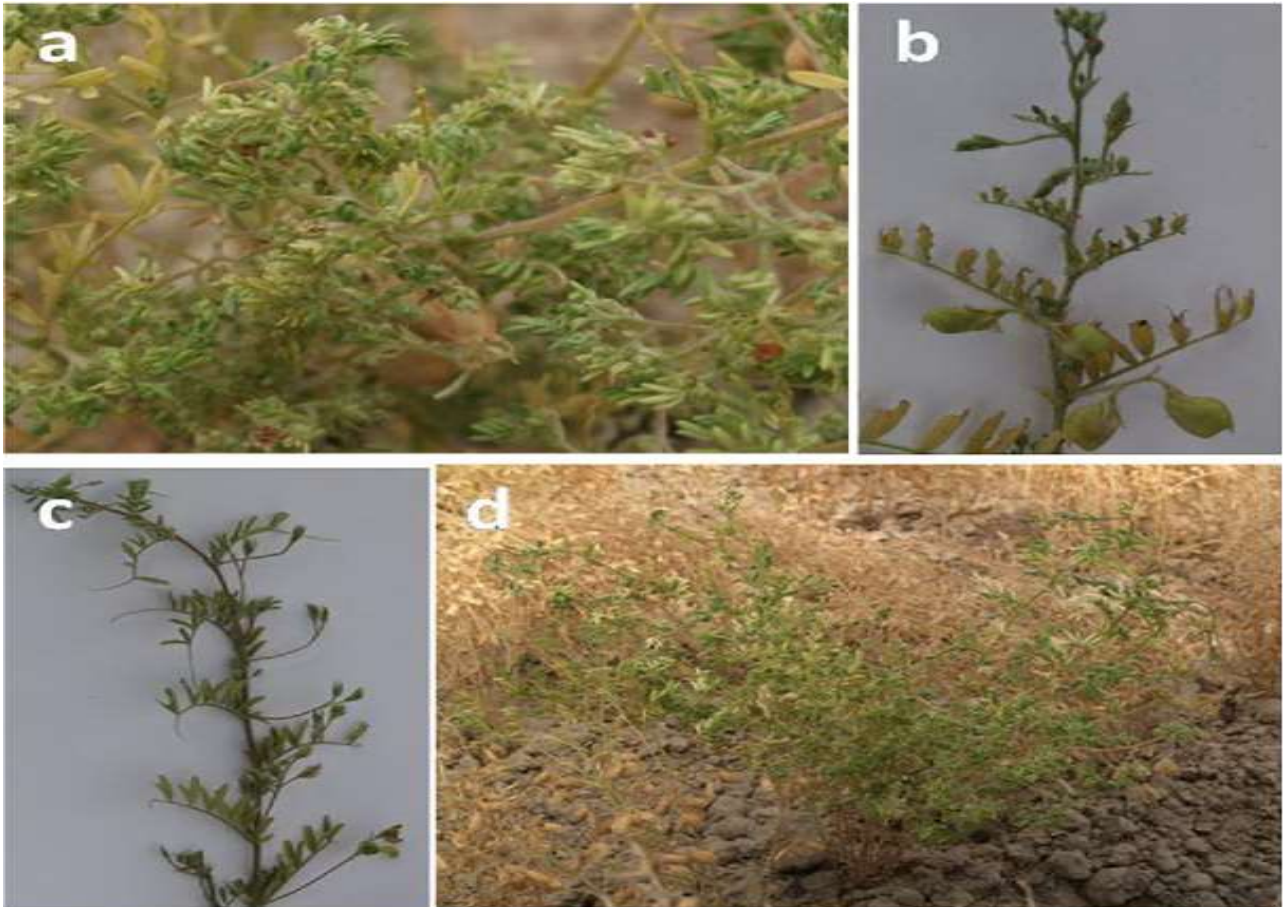


Додаток 4.14. Рослини сочевиці, уражені CMV (в центрі)
(Latham et al., 2001)



Додаток 4.15. Схематичне зображення геному *Turnip mosaic virus*
(Zhu et al., 2016)

Додаток 5
5.1. Фітоплазми сочевиці



Додаток 5.1. а – природно уражені рослини сочевиці з деформованими квітами та хлорозом листя; б – частково уражена рослина з дуже маленькими, вертикальними та шкірястими стручками; с – стерильні квіти; d – помітно зеленіше забарвлення уражених рослин, в порівнянні зі здоровими рослинами (Akhtar, et al. [5])



Додаток. 5.2. Вектор фітоплазми – коричнева цикадка (*Orosius orientalis*).
Знайдена в посівах зернобобових культур на уражених рослинах

Наукове видання

Карпенко В. П., Мостов'як І. І., Новікова Т. П., Леонтюк І. Б.,
Заболотний О. І., Даценко А. А., Притуляк Р. М., Гуляєва Г. Б.,
Токовенко І. П., Пасічник Л. А., Буценко Л. М., Гнатюк Т. Т., Пида С. В.,
Будзанівська І. Г., Шевченко О. В., Колісник С. І., Петриченко В. Ф.,
Демченко О. А., Патика В. П.

ХВОРОБИ СОЧЕВИЦІ

Монографія

Видається в авторській редакції

Підписано до друку 29.03.2021 р. Формат 60x84/16.

Папір офсетний. Ум. друк. арк. 6,51

Тираж 300 прим. Замовлення № 686 (818)

Видавець і виготівник «Сочінський М. М.»
20300, м. Умань, вул. Тищика, 18/19, вул. Садова, 2

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК № 2521 від 08.06.2006.

тел. (04744) 4-64-88, 3-51-33, (067) 104-64-88

vizavi-print.jimdo.com

e-mail: vizavi008@gmail.com

vizavisadova@gmail.com