

МОНІТОРИНГ ТА ДІАГНОСТИКА

вірусних інфекцій рослин родини Cucurbitaceae в Україні

Мета. Дослідити видовий склад та частоту трапляння вірусної інфекції рослин родини Cucurbitaceae в Україні та виявити можливу етіологію її походження. **Методи.** У роботі використано спектр методів, який включав візуальну діагностику, імуноферментний аналіз непрямий і сендвіч модифікації, метод електронної мікроскопії та метод статистичної обробки даних. **Результати.** У ході проведених фітовірусологічних досліджень виконано симптомний аналіз вірусних захворювань гарбузових культур (Cucurbitaceae) на території України. Мікробіологічний аналіз 59% рослинних зразків, що демонстрували характерні вірусні симптоми, підтвердив їхню вірусну контамінацію. Зокрема, антиген cucumber mosaic virus (CMV) було ідентифіковано у 18% уражених рослин, причому як у формі моноінфекції, так і у змішаній інфекції з watermelon mosaic virus (WMV-2) та zucchini yellow mosaic virus (ZYMV). Дослідження також демонструють насінневу шлях передачі вірусів овочевих культур в Україні, що є значущим джерелом інокулюму в агроценозах. Встановлено, що серед ідентифікованих вірусів — CMV є найнебезпечнішим у контексті насінневої передачі, оскільки він має широкий спектр рослин-хазяїв, здатних до накопичення вірусу в насінні. **Висновки.** Проведене дослідження вірусної етіології захворювань рослин родини Cucurbitaceae в Україні виявило значну поширеність вірусних інфекцій. За результатами візуальної діагностики спостерігався широкий спектр симптомів вірусного походження. Імуноферментний аналіз (ІФА) 203 відібраних рослинних зразків підтвердив контамінацію 91 зразка (44,8%) вірусами cucumber mosaic virus (CMV), watermelon mosaic virus 2 (WMV-2) та zucchini yellow mosaic virus (ZYMV). Особливу увагу приділено аналізу насінневого матеріалу: перевірка 18-ти сортів гарбузових культур за допомогою ІФА виявила вірусну контамінацію 30,5% дослідженого асортименту насіння. При цьому де-

В.О. ЦВІГУН,
кандидат біологічних наук
А.С. ЛЕВІШКО,
кандидат біологічних наук
І.І. ГУМЕНЮК,
кандидат біологічних наук
О.В. ШЕРСТОБОЄВА,
доктор сільськогосподарських наук
Інститут агроєкології
і природокористування НААН,
вул. Метрологічна, 12, м. Київ,
03143, Україна

тектувалися антигени CMV та ZYMV, що свідчить про їхню роль як джерел інфекції. Вірусні антигени виявлено у насінні огірка сортів «Кущовий», «Засолочний», «Далекосхідний», кабачка «Іскандер F1», «Грибовський», кавуна «Бочка меду» та дині «Медовий аромат». Ці дані підкреслюють нагальну потребу в розробці ефективних стратегій контролю вірусних інфекцій, зокрема через сертифікацію насінневого матеріалу, для забезпечення фітосанітарного благополуччя агроценозів гарбузових культур в Україні.

cucumber mosaic virus; watermelon mosaic virus 2; zucchini yellow mosaic virus; Гарбузові культури; моноінфекція; змішана інфекція; поширення

Масштабне поширення вірусних інфекцій у агроценозах є критичним чинником, що призводить до суттєвого зниження врожайності сільськогосподарських культур, деградації якісних показників продукції та прискореної дегенерації сортів. Це створює значні перешкоди для забезпечення сталого виробництва конкурентоспроможної аграрної продукції, що є фундаментальною умовою продовольчої та національної безпеки України [1]. В уражених рослин не лише знижуються захисні функції, а

й вони стають більш сприятливими до пошкодження іншими різноманітними шкідниками та ураження збудниками грибної та бактеріальної етіології. Сучасні практики інтенсивного сільськогосподарства, що включають впровадження нових технологій, сортів і гібридів, у поєднанні з кліматичною нестабільністю та активним обміном насінневого й посадкового матеріалу, спричиняють прискорене поширення інфекційних агентів у нові географічні регіони. Ці фактори також індукують динамічні зміни у видовому складі патогенів, що створює нові виклики для фітосанітарної безпеки [2].

Зміна температури та інших показників (режим опадів, вітру, накопичення парникових газів і екстремальних погодних явищ), внаслідок глобального потепління, вплинуть на географічний розподіл вірусних господарів та векторів, і отже, епідеміології вірусів також перемістяться. Серед таких регіонів опиниться Україна, яку вже нині вважають зоною сильного поширення вірусних хвороб, що разом з низькою вірусостійкістю більшості поширених сортів та гібридів овочевих культур призведе до тотального перезараження [3].

На території України Гарбузові культури (огірок, кабачки, цукіні, гарбузові тощо) уражуються вірусам: cucumber mosaic virus (CMV), tobacco mosaic virus (TMV), tobacco rattle virus (TRV), impatiens necrotic spot virus (INSV), cucumber green mottle mosaic virus (CGMMV), zucchini yellow mosaic virus (ZYMV), watermelon mosaic virus 2 (WMV-2) та turnip mosaic virus (TuMV) [4]. Слід зазначити, що більшість вірусних захворювань протікає непоміченою через слаб-

ку вираженість симптомів. Але, окрім моноінфекції часто спостерігається змішана інфекція, яка має більш серйозні симптоми захворювання. У деяких випадках ступінь тяжкості захворювань, спричинених змішаною інфекцією, може призвести до 90% втрат врожаю. До того ж переважна більшість цих вірусів швидко розповсюджується на великі території, завдяки ефективним шляхам передачі — комахи-переносники, інфіковане насіння та контакти між рослинами [5].

Наявність більше ніж одного вірусу в одній рослині призводить до одночасного прояву різноманітних симптомів, що викликає труднощі у розумінні етіології захворювання, а отже і до шляхів знешкодження, виявлення та ідентифікації вірусів. Для ефективної діагностики змішаних вірусних інфекцій дослідники розробили передові підходи, що базуються на мультиплексній полімеразній ланцюговій реакції (ПЛР). Цей метод дозволяє не лише ідентифікувати вже відомі віруси, а й здійснювати секвенування нуклеїнових кислот наступного покоління, що значно розширює можливості для комплексного аналізу вірусного консорціуму [6].

Під час змішаної інфекції відбувається кілька видів взаємодії, які мають або синергічний або ж антагоністичний ефект. Тип взаємодії, яка буде відбуватися, надзвичайно залежить від часу та порядку зараження сільськогосподарської культури. При ураженні вірусами рослин у різний проміжок часу виникає так звана «супер інфекція». За одночасного ураження обома вірусами, на ранніх стадіях всі віруси можуть виступати в ролі основного, оскільки в рослині ще мала кількість вірусних часток і відсутня конкуренція між ними [7]. На пізніших стадіях зараження, коли хвороба поширюється, кількість вірусних часток у рослині зростає, зменшується кількість не інфікованих клітин, «супер інфекція» стає переважаючою та частішою через збільшення конкуренції [8].

Надійний захист овочевих культур від вірусних інфекцій може забезпечити тільки комплекс заходів, який визначається видовим складом вірусів, переносників, а також їх біологічними та екологічними характеристиками. Для обмеження розповсюдження інфекції та її шкідливості потрібне дотримання норм профілактики на всіх етапах процесу вирощування овочевих культур, у тому числі використання перевіреного посадкового і насінневого матеріалу [9].

Однак, інформація стосовно поширення і видового різноманіття вірусів, що уражують овочеві культури в агроценозах України, є дуже обмеженою. Тому, необхідним є комплексне вивчення видового складу та шляхів поширення вірусів сільськогосподарських культур, а також розвиток систем прогнозування епіфітотій, що сприятиме лімітуванню ареалів вірусів сільськогосподарських культур та збереження врожаїв і якості сільськогосподарської продукції.

Мета досліджень — встановити видовий спектр та визначити частоту поширення моно- та мікст-вірусних інфекцій на рослинах родини Cucurbitaceae в агроценозах України, а також виявити можливу етіологію її походження.

Завдання роботи — провести відбір рослин родини Cucurbitaceae для визначення ураженості їх вірусними патогенами, провести ідентифікацію збудників за допомогою імуноферментного аналізу (ІФА). Виявити можливі резервуари вірусних патогенів та шляхи їхньої передачі на рослини в агроценозах України.

Методика досліджень — для досліджень застосовано комплекс методів, що охоплював візуальну фітосанітарну діагностику, імуноферментний аналіз (ІФА) у непрямій та сендвіч-модифікаціях, електронно-мікроскопічний аналіз для виявлення віріонів, а також методи статистичної обробки отриманих даних. Лабораторні дослідження проводили у лабораторії екології вірусів та біобезпеки імені акад. А.Л. Бойка,

відділу агроєкології і біобезпеки (акредитовано відповідно до міжнародного стандарту ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019) Інституту агроєкології і природокористування НААН

Рослинні зразки відбирали шляхом візуального обстеження рослин родини Cucurbitaceae, які мали візуальні симптоми вірусної етіології (мозаїчність, хлороз, кільцеподібні плями, деформації листків і плодів, карликовість, загальне пригнічення росту). Об'єктами дослідження були культури: огірок (*Cucumis sativus* L.), кабачок і цукіні (*Cucurbita pepo* L.), диня (*Cucumis melo* L.) та кавун (*Citrullus lanatus* (Thunb.)). Загалом було відібрано 203 зразки у фазі активної вегетації (червень — серпень), у середньому по 50 зразків кожної культури. Відбір здійснювали з польових ділянок господарств, розташованих у зоні Лісостепу (Вінницька, Київська, Рівненська та Черкаська області) та Степової зони (Одеська обл.) України.

Для детекції вірусу рослинний матеріал, матеріал плодів гомогенізували у 0,1 М фосфатно-сольовому буфері (pH 7,4) у співвідношенні 1:2. Очищення від рослинних компонентів виконували центрифугуванням у режимі 5000 об./хв впродовж 20 хв при +4°C на центрифугі РС-6 [10]. Результати реєстрували на рідері Termo LabSystems OpSis MR (США) із програмним забезпеченням Dynex Revelation Quicklink при довжинах хвиль 405 нм [11]. Для детекції вірусних антигенів у ІФА використовували тест-системи виробництва Loewe (Німеччина). Зразки на наявність вірусних антигенів аналізували імуноферментним аналізом (ІФА) у модифікаціях сандвіч та непрямий [12]. Обробку даних оптичної густини зразків здійснювали методом описової статистики, визначаючи середні та стандартні відхилення даних. Порогове значення оптичної густини, яке відрізняє позитивні результати ферментативної реакції від значення фону, визначали для кожного планшета окремо і згідно з рекомендаціями [13].

Рослинні зразки аналізували на наявність антигенів таких вірусів: cucumber mosaic virus (CMV), zucchini yellow mosaic virus (ZYMV), watermelon mosaic virus 2 (WMV-2). Математичний аналіз здійснювали та аналізували за допомогою пакета Statistica 10 (StatSoft. Inc., 2011) і Microsoft Excel 2010. Для визначення відмінностей між середніми значеннями застосовували критерій Стюдента.

Результати досліджень та обговорення. Низка експедиційних виїздів для відбору зразків на реперних ділянках агроценозів у різних ґрунтово-кліматичних умовах України та подальші дослідження дали змогу відібрати достатню кількість матеріалу для проведення досліджень (впродовж 2022—2024 років було відібрано 203 зразки рослин родини Cucurbitaceae). Селекцію зразків овочевих культур, що могли б мати вірусну інфекцію, проводили за комплексом специфічних анатомічних ознак габітусу рослин, що є характерними для вірусної етіології (рис. 1).

Дослідження агроценозів України дали змогу зауважити, що овочеві агроценози України все частіше уражуються хворобами вірусної етіології, а частота трапляння, порівняно з попередніми роками дослідження, збільшилася на 25—27% [9]. Рослини родини Cucurbitaceae були уражені на 21,1%. На цих рослинах були такі симптоми: світло-зелена мозаїка на листових пластинках, темно-зелена прожилкова мозаїка, ниткоподібність листової пластинки, зелена плямистість, округлі жовті плями та деформація на листових пластинах, деформація плодів тощо [14].

В агроценозах овочевих культур як Степової, так і Лісостепової зон України фіксується значний відсоток рослин з різноманітними ураженнями та симптоматикою. Інтенсивність цих проявів та ступінь їх розвитку прямо корелюють з патогенністю вірусу, впливом умов навколишнього середовища, а також із поточною фенологічною стадією рослини [9].

Симптоми ураження рослин можуть мати різне походження. Їх можуть спричиняти абіотичний стрес, дефіцит поживних речовин, бактеріальні чи грибні інфекції. Крім того, прояви різних вірусів часто фенотипово схожі, що унеможливує точну візуальну ідентифікацію. Тому подальші дослідження зосередилися на специфічній детекції вірусів, для цього було використано ІФА.

Відповідно до мети дослідження відібрано зразки рослин (листки, плоди) представників родини Cucurbitaceae — огірків різних сортів і гібридів, кабачків

та цукіні. Зразки перевіряли на наявність трьох основних вірусних антигенів: cucumber mosaic virus (CMV), watermelon mosaic virus 2 (WMV-2) та zucchini yellow mosaic virus (ZYMV) (табл. 1).

ІФА чітко встановив, що 64% досліджуваних зразків родини Cucurbitaceae були контаміновані основними, найпоширенішими в Україні вірусними хворобами. Решта 36% зразків виявилися ураженими або бактеріальними агентами, або іншими вірусними частками, що не були включені до панелі перевірки.

Проведеними дослідженнями виявлено, що найчастіше були уражені рослини огірка — cucumber mosaic virus (CMV) — 46,1%, рослини кабачка — watermelon mosaic virus 2 (WMV-2) — 45,5%. Також аналіз показав, що рослини цукіні найчастіше уражу-

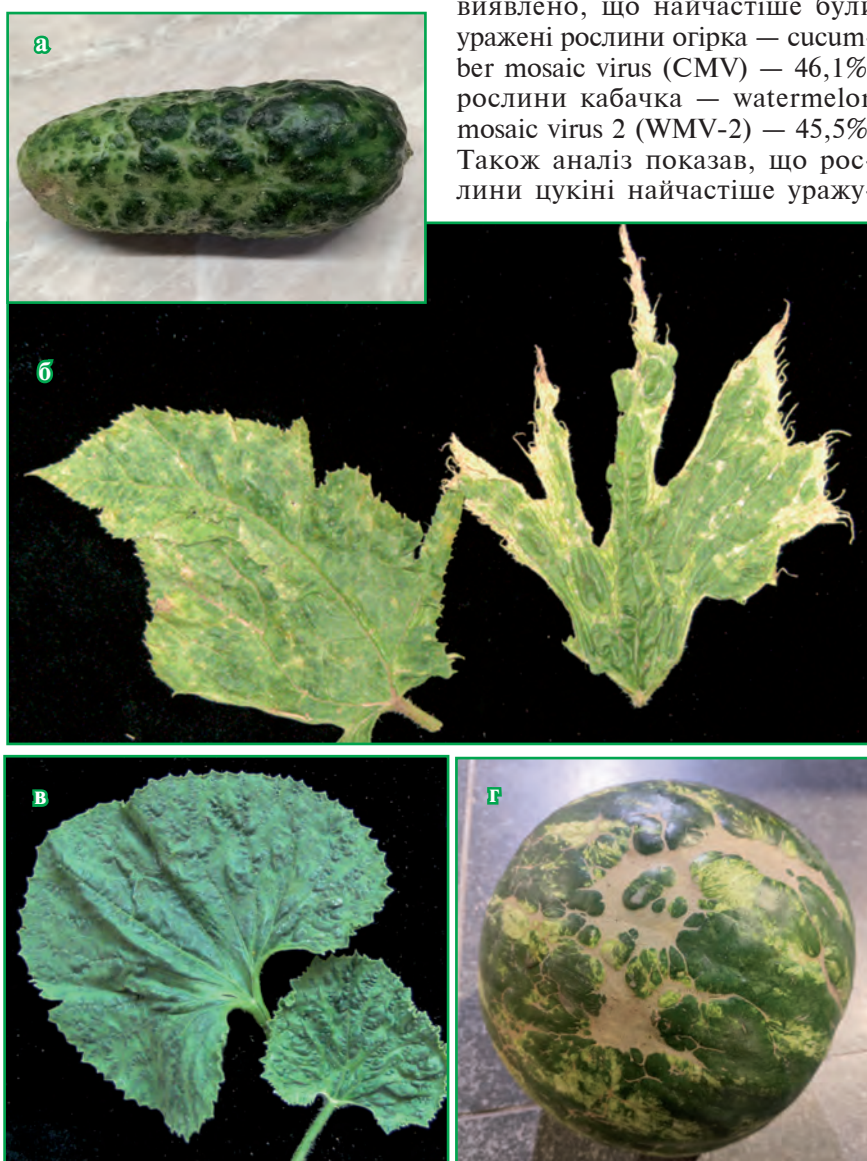


Рис. 1. Симптоми вірусної етіології на представниках родини Cucurbitaceae: а — темно-зелене пухирчасте здуття на шкірці плоду *Cucumis sativus* L.; б — темно-зелена прожилкова мозаїка та деформація листової пластинки рослини *Cucurbita pepo* L.; в — темно-зелена прожилкова мозаїка листової пластинки на *Cucumis melo* L.; г — темно-зелене пухирчасте здуття на шкірці плоду *Citrullus lanatus* (Thunb.)

1. Візуальна діагностика та імуоферментний аналіз зразків, уражених овочевих культур рослин родини Cucurbitaceae

Сорт/гібрид	Візуальні симптоми на рослинах	Уражених рослин, %	Наявність вірусних антигенів (E 405 нм)		
			CMV	WMV-2	ZYMV
Огірок					
Авіон F1	Світло-зелена мозаїка на листових пластинках	2,1 ± 1,1	+	-	-
Береговий	Темно-зелена прожилкова мозаїка на листових пластинках	3,2 ± 1,2	-	+	-
Анзор F1	Некроз	2,0 ± 1,1	-	+	-
Кущовий	Округлі темно-зелені плями на листових пластинках, деформація плодів	12,4 ± 1,3	+	-	-
Джерело	Ниткуватість листової пластинки, відставання у рості, деформація плодів	23,3 ± 1,4	-	-	+
Ніжинський дар	Світло-зелена мозаїка на листових пластинках	15,1 ± 1,2	-	+	+
Лютояр	Жовто-зелена мозаїка, деформація плодів	10,3 ± 1,2	+	+	-
Кабачок					
Білоплідний	Жовто-зелена мозаїка, деформація листової пластинки	9,1 ± 1,4	-	-	+
Дафна F1	Ниткоподібність листків, деформація плодів	8,5 ± 1,3	-	+	-
Помаранчеве диво	Зелена плямистість, пухирці, деформація листової пластинки, деформація плоду	21,6 ± 1,7	+	+	+
Світозар	Деформація листової пластинки, деформація плодів	16,4 ± 1,2	-	+	+
Грибовський	Деформація листової пластинки	9,1 ± 1,4	+	-	-
Цукіні					
Аеровант	Темно-зелена мозаїка	15,2 ± 1,5	-	-	+
Діамант	Зелена мозаїка, ниткоподібність	10,3 ± 1,5	-	-	+
Чорний красень	Ниткоподібність листових пластинок	9,4 ± 1,2	+	+	-
Онїкс	Темно-зелена мозаїка, ниткоподібність	13,1 ± 1,3	-	+	-

валися двома вірусами: zucchini yellow mosaic virus (ZYMV) — 23,5% та watermelon mosaic virus 2 (WMV-2) — 21,5%. Варто зазначити, що всі ці віруси викликають однакові симптоми (на кабачках спостерігається деформація листової пластинки, тоді як на огірках і цукіні — мозаїка листової пластинки) і їх дуже важко розділити між собою.

Поряд із загальними дослідженнями на наявність вірусної інфекції, досліджено також сортоспецифічність огірка, кабачка та цукіні. Дослідженнями доведено, що сорти огірків Ніжинський дар і Лютояр, кабачка Помаранчеве диво та цукіні Чорний красень були найбільш уражені вірусними хворобами, і саме на них найбільше та найпоказовіше проявлялися специфічні симптоми.

Слід зазначити, що рослини родини Cucurbitaceae були контаміновані не лише моноінфекцією (cucumber mosaic virus (CMV) — 19%, watermelon mosaic virus 2

(WMV-2) — 12%, zucchini yellow mosaic virus (ZYMV) — 14%), але й «супер інфекцією», що склало значну частину всіх випадків ураження — 16% (рис. 1). Виявлено, що зразки рослин із змішаною інфекцією cucumber mosaic virus (CMV) + watermelon mosaic virus 2 (WMV-2) становили 7% від загалу. Частота трапляння зразків контамінованих watermelon mosaic virus 2 (WMV-2) + zucchini yellow mosaic virus (ZYMV) становила 3%, cucumber mosaic virus (CMV) + zucchini yellow mosaic virus (ZYMV) — 6%. Також виявлено випадки, коли рослини зразки були контаміновані всіма трьома вірусами, і їх частота трапляння становила 3%. Дослідження сортоспецифічності показало, що саме рослини кабачків сорту «Помаранчеве диво» були найбільше уражені «супер інфекцією» (табл. 1).

За результатами досліджень розроблено карту поширення вірусних патогенів, які циркулюють в агроценозах України (рис. 2). На карті наведено географічне поширення трьох основних вірусів, що уражують рослини родини Cucurbitaceae на території України. Для візуалізації використовуються умовні позначення у вигляді кольорових фігур, які відповідають різним вірусам. CMV зафіксовано в більшості регіонів України, включаючи Львівську, Вінницьку, Житомирську, Київську, Черкаську, Миколаївську, Одеську, Херсон-

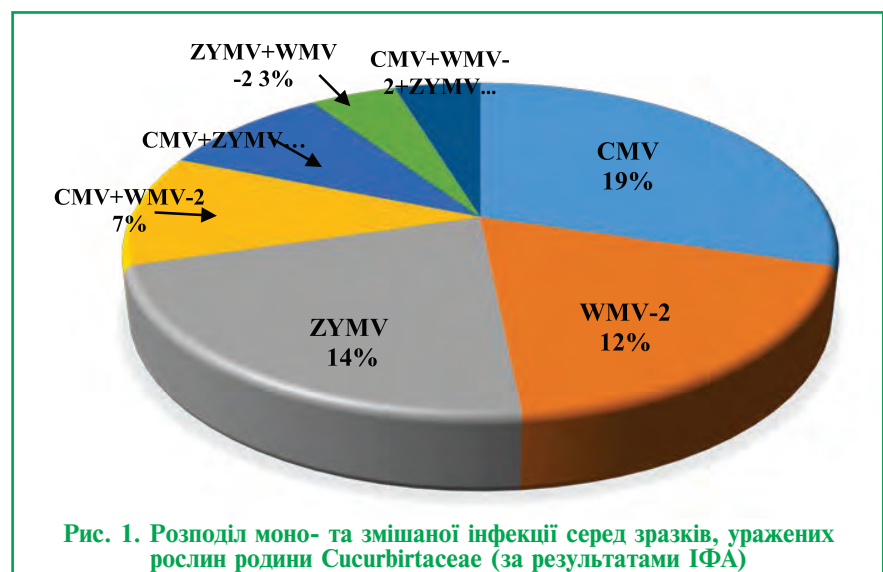


Рис. 1. Розподіл моно- та змішаної інфекції серед зразків, уражених рослин родини Cucurbitaceae (за результатами ІФА)



Рис. 2 Карта поширення вірусних патогенів на рослинах родини Cucurbitaceae в Україні

ську області. Це свідчить про широку циркуляцію вірусу серед рослин родини Cucurbitaceae. Watermelon mosaic virus 2 має також широке поширення — на заході, півночі, в центрі та на півдні України. ZYMV трапляється не так часто, але все ж виявлений у Житомирській, Вінницькій, Черкаській, Одеській областях (рис. 2).

Карта демонструє широкий спектр фітовірусів, які циркулюють у агроценозах України, з особливо активним поширенням вірусу мозаїки кавуна 2 (WMV-2) та огіркової мозаїки (CMV). Це підкреслює необхідність постійного вірусологічного моніторингу та впровадження ефективних заходів фітосанітарного контролю, особливо в регіонах з інтенсивним вирощуванням гарбузових культур.

Окрім традиційних шляхів передачі вірусів рослинами та комахами преносниками (попелиці, кліщі, повитиця, тощо), відомо, що близько 18% вірусів рослин передаються за допомогою контамінованого насіння. Особливо високий відсоток поширення вірусів таким шляхом спостерігається при висіві свіжозібраного насіння [9].

Наразі ринок України представлений величезним масивом

комерційного насіння овочевих культур як українського, так і закордонного виробництва [2]. Дослідження комерційного насіння овочевих культур, доступного на українському ринку як для фермерських господарств, так і для присадибних ділянок, дозволило проаналізувати один із ключових шляхів розповсюдження найпоширеніших вірусних інфекцій овочевих культур через насінневий матеріал. Для дослідження відібрано 18 сортів і гібридів рослин родини Cucurbitaceae. Дослідження проводили імуноферментним методом на наявність антигенів до таких вірусів: — cucumber mosaic virus (CMV) та zucchini yellow mosaic virus (ZYMV) (табл. 2).

Дослідження розповсюдження комерційного насіння огірків, томатів, кабачків, цукіні, динь та кавунів, придбаного у спеціалізованих магазинах, на наявність найпоширеніших вірусних інфекцій овочевих культур, показало, що 30,5% такого насіння мало вірусні частки. Загалом, наявність антигенів до cucumber mosaic virus (CMV) спостерігалась у 18,3% дослідженого насіння та zucchini yellow mosaic virus (ZYMV) — 12,2%. Отримані дані дозволяють нам припустити, що висів такого насіння, в майбутньому, сприя-

2. Перевірка насіння рослин родини Cucurbitaceae на наявність вірусних антигенів

Сорт/гібрид	Оптична густина вірусних антигенів (E 405 nm)*	
	CMV	ZYMV
Огірок		
Аристократ F1	0,089	0,099
Кущовий	0,523	0,100
Засолочний	0,498	0,098
Фенікс плюс	0,085	0,093
Анзор F1	0,087	0,102
Кріспіна F1	0,091	0,096
Ніжинський	0,100	0,079
Далекосхідний	0,501	0,093
Кабачок		
Іскандер F1	0,088	0,521
Акробат	0,086	0,099
Грибовський	0,489	0,100
Карамболь	0,093	0,101
Кавун		
Бочка меду	0,100	0,471
Вогник	0,087	0,099
Диня		
Рання 133	0,092	0,099
Медовий аромат	0,435	0,093
Придністровська	0,095	0,094
Леся	0,088	0,100
*Примітка: оптична густина, яка є більшою 0,400 — показує, що зразок контамінований вірусною інфекцією		

тиме поширенню даних вірусів територією України. Внаслідок цього в агроценози України постійно потрапляють нові штами або навіть види вірусних збудників рослинних хвороб. Це, своєю чергою, може спричинити втрати врожаю сільськогосподарської продукції від 23% до 80% та призвести до виникнення епіфітотій. Відтак, обов'язковою умовою при роботі з насінневим матеріалом має бути завчасна його перевірка на предмет вірусної контамінації та знешкодження вірусних патогенів у разі їх виявлення. Для ефективного запобігання поширенню вірусних патогенів через насіння необхідно використовувати виключно сертифікований, вільний від вірусів насінневий матеріал для вирощування сільськогосподарської продукції. На державному рівні слід запрова-

дити обов'язкову перевірку всієї імпортованої та вітчизняної насінневої продукції, а також забронити реалізацію несертифікованого насіння.

ВИСНОВКИ

За візуальної діагностики на рослинах родини Cucurbitaceae спостерігали різні види симптомів вірусної етіології. За допомогою ІФА проведено перевірку відібраних 203 рослинних зразків родини Cucurbitaceae, з них 91 зразок мав позитивний результат із тест-системою до cucumber mosaic virus, watermelon mosaic virus 2 та zucchini yellow mosaic virus. Здійснено перевірку насінневого матеріалу 18-ти сортів рослин родини Cucurbitaceae. Результати аналізу насінневого матеріалу Гарбузових культур за допомогою ІФА показали, що 30,5% серед асортименту перевіреного насіння виявилось контамінованим вірусами. Спостерігалася наявність антигенів CMV та ZYMV. Вірусні антигени детектувалися у сортах насіння огірків «Кущовий», «Засолочний» та «Далекосхідний», кабачків «Іскандер F1» та «Грибовський», кавуна сорту «Бочка меду» та дині сорту «Медовий аромат».

Фінансування. Дослідження проведено за рахунок бюджетної тематики лабораторії екології вірусів та біобезпеки ім. академіка А.Л. Бойка Інституту агро-екології і природокористування НААН України (програма ДР № 0121U109050 «Розробити науково-методичні основи біологічної безпеки вірусів в агро-еко-системах за умов змін клімату»).

Конфлікт інтересів. Проведені дослідження, викладені у статті, не мають конфліктів будь якого роду, що стосуються комерційних, фінансових, авторських відносин, відносин з організаціями або особами, які будь яким чином могли бути пов'язані з дослідженнями, і взаємин співавторів статті.

ЛІТЕРАТУРА

1. Rudneva T.O., Shevchenko T.P., Budzanivska I.G. et al. Virus diseases of Cucurbitaceae

plants on the territory of Ukraine. *Rastenievadni nauki*. 2006. Vol. 43. № 6. P. 508-510.

2. Shevchenko T., Bederak R., Taher K. et al. Mixed Viral Infections in Vegetables in Ukraine. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Biology*. 2022. No. 3. P. 26-29. doi: 10.17721/1728.2748.2022.90.26-29

3. Snihur H., Shevchenko T., Sherevera K., et al. First report of onion yellow dwarf virus in Ukraine. *Journal of Plant Pathology*. 2019. Vol. 101. No. 4. P. 1283.

4. Shevchenko O., Shevchenko T., Snihur H., Budzanivska I. Epidemiological patterns, prevalence and seasonal dynamics of different viruses in susceptible cucurbit crops. *Agriculture and Forestry*. 2021. Vol. 67. No. 1. P. 73-82.

5. Desbiez C., Wipf-Scheibel C., Millot P. et al. Distribution and evolution of the major viruses infecting cucurbitaceous and solanaceous crops in the French Mediterranean area. *Virus Research*. 2020. doi: 10.1016/j.virusres.2020.198042

6. Shevchenko T.P., Tymchyshyn O.V., Kosenko I.A. et al. Molecular characterization and phylogenetic analysis of Ukrainian isolates of Cucumber mosaic virus based on the partial sequences of three genes. *Biopolymers and Cell*. 2018. Vol. 34. No. 1. P. 32-40.

7. Sanchez-Tovar R., Perez-Padilla J., Hernandez-Gonzalez L. et al. Mixed infections in plants: synergistic and antagonistic effects dependent on timing and order of inoculation. *Agronomy*. 2025. Vol. 15. No. 3. P. 620. doi: 10.3390/agronomy15030620

8. Syller J. Plant virus-virus interactions: mechanisms and consequences. *Molecular Plant Pathology*. 2016. Vol. 17. P. 655-667. doi: 10.1111/mpp.12322

9. Tsvigun V.O., Levishko A.S., Gumeniuk I.I., Mazur S.O. Monitoring of viral infections in vegetable crops in agroecosystems of Ukraine. *Mikrobiolohichniy Zhurnal*. 2024. Vol. 86. No. 5. P. 87-101. doi: 10.15407/microbiolj86.05.087

10. Berniak H., Malinowski T., Kamińska M. Comparison of ELISA and RT-PCR assays for detection and identification of cucumber mosaic virus (CMV) isolates infecting horticultural crops in Poland. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. 2009. Vol. 17. No. 2. P. 5-20.

11. Dunich A., Mishchenko L., Sovinska R. et al. First report of cucumber mosaic virus infecting *Arctium lappa* in Ukraine. *Journal of Plant Pathology*. 2022. Vol. 104. No. 4. P. 1587-1588. doi.org/10.1007/s42161-022-01285-z

12. Kanapiya A., Amanbayeva U., Tulegenova Z. et al. Recent advances and challenges in plant viral diagnostics // *Front Plant Sci*. 2024. Vol. 15. P. 1451790. doi: 10.3389/fpls.2024.1451790

13. Crowther J.R. *ELISA: Theory and practice*. Totowa: Humana Press, 1995. doi: 10.1385/0896032795

14. Tsvihun V.O., Gumeniuk I.I., Levishko A.S. Monitoring and phylogenetic analysis of Cucumber mosaic virus isolates from Cucurbitaceae plants in Ukraine. *Biopolymers and Cell*. 2024. Vol. 40. No. 4. P. 278-287. doi: 10.7124/bc.000B06

Tsvihun V.,

ORCID: 0000-0002-9517-9810

Levishko A.,

ORCID: 0000-0003-4037-1730

Gumeniuk I.,

ORCID: 0000-0002-6692-0171

Sherstoboeva O.,

ORCID: 0000-0001-8239-0847

Institute of Agroecology and Environmental Management of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, 12, Metrolohichna Str., Kyiv, 03143, Ukraine

Monitoring and diagnosis of viral infections in Cucurbitaceae plants in Ukraine

Goal. To investigate the species composition and incidence of viral infections in plants of the Cucurbitaceae family in Ukraine, and to identify the possible etiology of their origin. **Methods.** A range of methods was used in this study, including visual diagnosis, enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) in both indirect and sandwich modifications, electron microscopy, and statistical data analysis. **Results.** During the study, viral diseases of Cucurbitaceae crops in Ukraine were analyzed based on symptoms. Examination of collected plant samples from the Cucurbitaceae family revealed that 59% of symptomatic specimens were contaminated with viruses. The Cucumber mosaic virus (CMV) antigen was detected in 18% of affected plants, both as a mono-infection and in mixed infections with Watermelon mosaic virus 2 (WMV-2) and Zucchini yellow mosaic virus (ZYMV). The seed transmission pathway of vegetable crop viruses in Ukraine was demonstrated as one of the sources of viral presence in agroecosystems. It was established that CMV is the most hazardous among the identified viruses, with a wide range of host plants and confirmed presence in seeds. **Conclusions.** As a result of visual diagnostics of plants from the Cucurbitaceae family, various types of virus-like symptoms were observed. Using ELISA, 203 collected plant samples were tested, and 91 samples showed positive results for CMV, WMV-2, and ZYMV. Seed material from 18 Cucurbitaceae cultivars was also examined. ELISA testing of the seed material revealed that 30.5% of the tested samples were contaminated with viruses. The presence of CMV and ZYMV antigens was detected. Viral antigens were identified in cucumber cultivars 'Kushchovyi', 'Zasolochnyi', and 'Dalekoskhidnyi'; zucchini cultivars 'Iskander F1' and 'Hrybovskiy'; watermelon cultivar 'Bochka Medu'; and melon cultivar 'Medovy Aromat'.

Cucumber mosaic virus; Watermelon mosaic virus 2; Zucchini yellow mosaic virus; Cucurbitaceae crops; mono-infection; mixed infection; distribution

Надійшла до редакції: 21.07.2025

Прийнята до друку: 11.09.2025

Надруковано й опубліковано онлайн: грудень 2025