

МОНІТОРИНГ ТА ДІАГНОСТИКА ВІРУСНИХ ХВОРОБ СОНЯШНИКА (*HELIANTHUS ANNUUS* L.) В АГРОЦЕНОЗАХ УКРАЇНИ

В.О. Цвігун, Є.Д. Ткач

Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

e-mail: vika-natceovich@ukr.net; ORCID: 0000-0002-9517-9810

e-mail: bio_eco@ukr.net; ORCID: 0000-0002-0666-1956

Україна, будучи аграрною державою, не залишається осторонь проблем, пов'язаних із розвитком та розповсюдженням вірусних хвороб рослин в агроценозах. Окрім прямих екологічних збитків, існує загроза завезення нових збудників вірусної етіології та інтродукції їх на наших ланах; наслідки такого розвитку подій важко передбачити. Масове неконтрольоване використання хімічних засобів захисту рослин та порушення сівозмін викликають поширення захворювань рослин вірусної природи та розвиток нових резистентних змішаних інфекцій із підвищеним рівнем патогенності. На посівах соняшника виявлено близько 70 патогенів, що призводять до недобору врожаю на 20–45% кожного року, погіршення товарної якості та посівної придатності насіння. Метою роботи було проаналізувати сучасний стан поширення вірусів, що уражують посіви соняшника, з визначенням їх видового складу у деяких областях України, а також перевірити комерційне насіння різних сортів соняшника. У цій роботі застосовано низку методів, що охоплювала візуальну діагностику, імуноферментний аналіз у різних модифікаціях, біологічне тестування та метод статистичної обробки даних. Візуальною діагностикою було виявлено різні симптоми хвороб вірусної етіології. Симптоми проявлялися на рослинах у вигляді некрозів, жовто-зеленої мозаїки, здуття, гофрування, енації та скручування листкової пластинки, а також карликовості рослин. У результаті перевірки відібраних 205 рослинних зразків соняшника 93 зразки мали позитивний ефект із тест-системою до вірусу огіркової мозаїки (37 зразків), вірусу плямистого в'янення помідорів (35 зразків) та вірусу тютюнової мозаїки (21 зразок). Досліджено інфекційні властивості виділених вірусів, використовуючи метод біологічного тестування на рослинах-індикаторах, яке підтверджує інфекційну природу виділених ізолятів ВОР, ВПВП та ВТМ, оскільки уражені рослини-індикатори проявляли характерні симптоми вірусної етіології. Контрольні рослини не містили жодних симптомів. На предмет контамінації вірусними патогенами проаналізовано насіння 10 сортів соняшника. Вірусні антигени детектувалися у таких сортах насіння: Амато, Сандера, Форвард, Сонячний настрій, Шенон та «NS SUMO-556». Загалом, у комерційному насінні соняшника було встановлено антигени вірусу огіркової мозаїки та вірусу плямистого в'янення помідорів.

Ключові слова: вірус плямистого в'янення помідорів (ВПВП), вірус огіркової мозаїки (ВОР), вірус тютюнової мозаїки (ВТМ), імуноферментний аналіз, симптоми, рослини-індикатори.

ВСТУП

Соняшник (*Helianthus annuus* L.) – основна олійна культура сучасного світового землеробства, попит і рентабельність якої зумовило значне розширення посівних площ та інтенсифікацію технологій вирощування. Лише за останнє десятиліття площі під цією культурою зросли на понад 30% – від 4,417 млн га у 2010 р. до 6,509 млн га у 2021 р., виробництво насін-

ня соняшника на сьогодні в Україні сягає 10–12 млн т, а соняшникової олії – 4,9–5,5 млн т. Наша держава експортує олію та шрот у майже 90 країн світу і залишається лідером у цьому секторі економіки, оскільки 55% світового експорту соняшникової олії належить Україні. Однак масове вирощування соняшника, що спостерігається нині, разом із недотриманням технологій вирощування та перехід до спеціалізованих короткоротаційних сівозмін,

призводить до погіршення родючості та ґрунтовтоми. Це, своєю чергою, зумовлює зменшення врожайності (1,9–2,2 т/га), що майже вдвічі нижча, ніж середні показники європейських країн, а зазначені показники валового виробництва досягаються значними посівними площами цієї культури.

Отримати високий урожай без належного обробітку та внесення засобів захисту рослин майже не можливо, оскільки заміщення посівів у початковій фазі росту не тільки знижує її врожайність на 40–50%, але і сприяє розвитку інфекційних захворювань [1]. На посівах соняшника виявлено близько 70 патогенів, що призводять до недобору врожаю на 20–45% кожного року, погіршення товарної якості та посівної придатності насіння [2]. Серед яких слід звернути увагу на вірусну мозаїку листків соняшника, збудником якої є вірус кучерявої смугастості тютюну, що проявляється появою маленьких блідо-жовтих плям на молодих листках, які нагадують мозаїку та згодом хлоротизуються. Іншими вірусами, що виявлені на соняшнику в агроценозах України були вірус мозаїки соняшника (ВМС), вірус плямистого в'янення помідорів (ВППВ), вірус огіркової мозаїки (ВОМ) та вірус тютюнової мозаїки (ВТМ).

Основною метою роботи було проаналізувати сучасний стан поширення вірусів, що уражують посіви соняшника, з визначенням їх видового складу у деяких областях України, а також перевірити комерційне насіння різних сортів соняшника.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Віруси поширені в усіх типах екологічних ніш — аеробних й анаеробних, оліготрофних та еутрофних, комфортних і таких, що спричиняють фізіологічний стрес, зокрема, й нішах, для яких характерні екстремальні значення температури, солоності, рН і гідростатичного тиску. Віруси відіграють важливу роль у інфекційній патології рослин, спричиняючи значні економічні збитки [3].

Нині вірусні захворювання соняшника (*Helianthus annuus* L.) вивчено не повною мірою. Науковці Dragana Milosevic (Сербія, 2020 р.) [4], D. Cabrera Mederos (Аргентина, 2019 р.) [5], Vinicius Henrique Bello (Бразилія, 2023 р.) проводять дослідження із визначення біологічних та молекулярно-генетичних властивостей вірусних хвороб соняшника в різних країнах [6]. Дослідження хвороб цієї культури тривалий час зосереджувалися на опануванні хвороб грибної та бактеріальних етіологій. З літературних джерел відомо, що вперше вірусні епіфітотії соняшника зареєстровано у 1932 р. в Аргентині звідки і вважається захворювання поширилося на інші континенти [7]. У період із 1932 по 1993 рр. вірусні хвороби спостерігали вже у 17 країнах Азії, Америки, Африки та Європи, а також і в Україні. Вивчення вірусних хвороб соняшника впродовж тривалого часу сконцентровано у країнах, де епіфітотії призводили до великих економічних втрат виробників сільськогосподарської продукції, а саме: Аргентині, Індії, США та африканських країнах. У США встановлено, що на посівах соняшника хворобу викликає вірус огіркової мозаїки (ВОМ), оскільки у цьому регіоні були сприятливі погоднокліматичні умови для цього патогена.

До того ж дослідженнями на посівах *Helianthus annuus* L. впродовж 2003–2005 рр. у деяких районах Індії виявлено, що збитки врожаю від вірусних хвороб із некротичними симптомами становлять 20%. На деяких полях кількість уражених рослин соняшника сягала 100% [8].

У 80 рр. стало відомо, що рослини соняшника чутливі до деяких вірусів, а саме: вірусу зморшкватості соняшника, вірусу жовтої плямистості соняшника, вірусу хлоротичної крапчастості соняшника, вірусу огіркової мозаїки, вірусу кільцевої плямистості тютюну та вірусу плямистого в'янення помідорів.

В Україні 1995 р. під час обстеження посівів соняшника за допомогою тесту Ухтерлоні та непрямого ІФА було помічено Y-вірус картоплі. Цей вірусний патоген

діагностувався також на рослинах соняшника у Чехії 1996 р.

Серед представників родини *Bromoviridae* на посівах соняшника найрозповсюдженіший ВОМ, оскільки цей патоген має широкий спектр рослин господарів, легко передається механічним шляхом та переносниками [9]. На рослинах *Helianthus annuus* L. викликає низку симптомів, а саме мозаїку, хлорози, на черешках світло-коричневі штрихи, головки деформуються, насіння зморщується. З рослин соняшника цей вірус було виділено в США 1968 р., Індії 1987 р., Японії в 1995. В Україні ВОМ вперше було виявлено в 90-х рр. академіком НААН А.Л. Бойком та його науковцями. Українськими вірусологами встановлено, що посіви соняшника Дніпропетровської, Полтавської, Черкаської, Київської обл. та Бахчисарайського р-ну АР Крим уражені ВОМ [8]. Нині науковцями школи академіка А.Л. Бойка проводяться дослідження із вивчення вірусних хвороб соняшника в Україні [10].

Тому, вірусні хвороби соняшника поширені в агроценозах різних регіонах світу, де вирощується ця цінна олійна культура [11]. Нині через різні економічні зрушення в агроценозах збільшується спектр вірусів та інших збудників, які викликають хвороби на соняшнику [12]. У середньому втрати врожаю від вірусних інфекцій сягають від 30%, але у разі виникнення епіфітотій у монокультурі можуть досягати і 100%. Для вірусів рослин існує багато шляхів передачі: механічним контактом, комахами переносниками, вегетативно, насінням і пилком. За допомогою переносників (кліщі, попелиці, цикадки, білокрилки, жуків, нематод) віруси з хворих рослин поширюються на великі відстані до здорових рослин та розмножуються в них [13]. Відомо приблизно 18% вірусів рослин, які передаються за допомогою насіння. Особливо високий відсоток поширення вірусу насінням спостерігається за сівби свіжозбираним насінням. Передача за допомогою насіння може відбуватися кількома шляхами, а саме вірус може перебувати всередині насіння або вірус

може бути на поверхні насінневої шкірки [14].

Отже, для прогнозування появи вірусних патогенів в агроценозах та вирішення проблем їх контролю необхідна своєчасна діагностика та багатосистемні підходи щодо профілактики вірусних хвороб.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єктами досліджень слугували насіння, проростки та рослини соняшника звичайного (*Helianthus annuus* L.) з симптомами вірусної етіології, відібрані з різних агроценозів України. Рослинні зразки збирали з агроценозів таких регіонів України: Київської, Одеської, Вінницької і Черкаської обл. Для детекції вірусу рослинний матеріал гомогенізували у 0,1 М фосфатно-сольовому буфері, рН 7,4 у співвідношенні 1:2 [15]. Очистку від рослинних компонентів проводили центрифугуванням у режимі 5000 об./хв упродовж 20 хв за + 4°C на центрифугі РС-6 [16]. Надосад відбирали для подальшого використання в імуноферментному аналізі (ІФА). Постановку ІФА здійснювали відповідно до рекомендацій виробника тест-систем для сендвіч-ІФА у 96-лункових полістиролових планшетах «Labsystem» [17]. Результати реєстрували на рідері Termo LabSystems Orsis MR (США) із програмним забезпеченням Dynex Revelation Quicklink за довжини хвиль 405/630 нм. Для детекції вірусних антигенів у ІФА використовували тест-системи виробництва Loewe (Німеччина). Зразки на наявність вірусних антигенів аналізували імуноферментним аналізом (ІФА) у модифікаціях сендвіч та непрямий. Для біологічного тестування як рослин-індикатори застосовували: *Cucumis sativus* сорту «Ніженський», *Cucurbita pepo* сорту «Грибовський», *Nicotiana glutinosa* L., *Petunia hybrid* Hort, *Nicotiana tabacum* L., *Datura stramonium*. Насіння рослин попередньо обробляли 1% водним розчином KMnO_4 впродовж 15 хв, а після цього — дистильованою H_2O та пророщували у чашці Петрі [18]. Молоді рослини пересажували в ґрунт та після появи 1–2 справ-

жніх листків інфікували вірусними препаратами. Як вірусний матеріал були взяті зразки, що давали позитивний результат в ІФА. Інфікування проводили на поверхні листової пластинки механічно за допомогою карборунду.

Зразки насіння для ІФА готували так: спочатку пророщували 7 діб за $+25^{\circ}\text{C}$, а потім це насіння гомогенізували у 0,1М фосфатно-сольовому буфері, рН 7,4 у співвідношенні 1 : 2. Для очистки матеріалу від рослинних компонентів отриманий гомогенат центрифугували у режимі 5000 об./хв упродовж 20 хв за $+4^{\circ}\text{C}$ на центрифугу РС-6 [14]. Відібраний надосад використовували для діагностики вірусних патогенів ІФА. Воду, в якій замочували насіння для пророщування, також аналізували ІФА на наявність вірусних антигенів, оскільки віруси, що уражують помідори локалізуються саме на насінневих покривах і значний відсоток їх змивається у рідину за тривалої обробки [17].



РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Рослини соняшника відбирали впродовж 2021–2024 рр. з агроценозів Київської, Одеської, Вінницької і Черкаської обл. На рослинах соняшника присутні різноманітні симптоми ураження вірусної природи, і їх прояв значно варіювався на одній і тій самій рослині. Виявлено, що найтипівішими вірусоспецифічними симптомами були: мозаїчність листової пластинки, некротичні плями, здуття, гофрування, енації та скручування листової пластинки, а також карликовість рослин (рис. 1).

Оскільки всі симптоми на рослинах спричинені вірусною інфекцією дуже подібні між собою і не дозволяють чітко визначити вид вірусу, подальші дослідження були спрямовані на встановлення виду вірусів, використовуючи сучасні методи діагностики. Для виявлення виду вірусу, застосовували метод імуноферментного аналізу [14].

Рис. 1. Вірусоподібні симптоми на рослинах соняшника:

- а — деформація листової пластинки та затримка росту *Helianthus annuus* L.;
б — жовто-зелена мозаїка листової пластинки *Helianthus annuus* L.

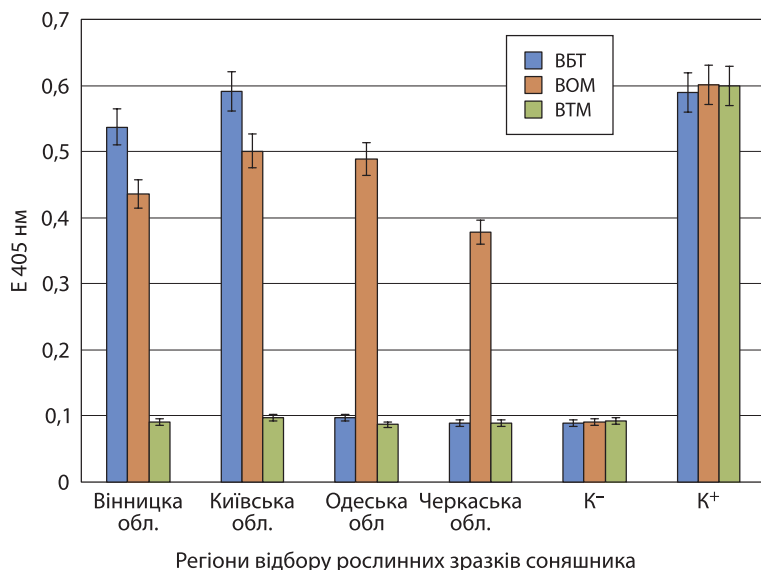


Рис. 2. Результати тестування рослинних зразків соняшника методом ІФА на наявність вірусних антигенів

Для ідентифікації вірусних антигенів відібраних на рослинних зразках використовували імуоферментний аналіз ІФА (рис. 2). Зразки аналізувалися на наявність антигенів таких вірусів: вірус плямистого в'янення помідорів (ВПВ), вірус огіркової мозаїки (ВОМ) та вірус тютюнової мозаїки (ВТМ).

Отже, у результаті перевірки відібраних 205 рослинних зразків соняшника 93 зразки мали позитивний результат із тест-системою до вірусу огіркової мозаїки (37 зразків), вірус плямистого в'янення помідорів (35 зразків) та вірус тютюнової мозаїки (21 зразок). Слід відмітити, що рослини, інфіковані ВОМ детектувався у всіх зонах дослідження. Вірус плямистого в'янення помідорів (ВПВ) спостерігався в лісостеповій зоні (Київська та Вінницька обл.), а вірус тютюнової мозаїки був характерний для південного регіону України (Одеської обл.). Тому, у результаті проведених досліджень встановлено ареал розповсюдження вірусів на посівах соняшника у різних ґрунтово-кліматичних умовах України.

Наступним етапом нашої роботи була оцінка інфекційних властивостей вірусів,

використовуючи метод біологічного тестування на рослинах-індикаторах. Ураження рослин-індикаторів проводили механічно на стадії 4–6 справжніх листків за допомогою карборунду та скляної палички. Інфікування здійснювали вірусовмісними зразками рослин із Київської, Одеської, Вінницької і Черкаської обл. Симптоми вірусних захворювань спостерігалися залежно від вірусу через 3–18 днів після інфікування. Під час проведення обліку результатів на рослинах-індикаторах (табл.), уражені цим вірусомісним матеріалом, були виявлені такі симптоми, як мозаїка та некрози листкової пластинки, які є характерними для досліджуваних вірусів. Контрольні рослини не містили жодних симптомів.

Для подальшого дослідження рослин-індикаторів на наявність вірусних АГ використовували метод імуоферментного аналізу. Результати ІФА наведені в діаграмі (рис. 3).

Отже, імуоферментний аналіз 6 рослин-індикаторів засвідчив позитивний результат із сироватками до вірусу плямистого в'янення помідорів (ВПВ), вірус

Реакція рослин-індикаторів на інокуляцію їх ізолятами ВОМ, ВПВТ та ВТМ

Ізоляти	Рослина-індикатор	Симптоми на рослині
ВОМ	<i>Cucumis sativus</i> сорту «Ніженський»	Жовто-зелена мозаїка, деформація листкової пластинки, некрози
	<i>Cucurbita pepo</i> сорту «Грибовський»	Жовто-зелена мозаїка листкової пластини
ВПВТ	<i>Nicotiana glutinosa</i> L.	Локальні некрози
	<i>Petunia hybrid</i> Hort	Жовто-зелена мозаїка
ВТМ	<i>Nicotiana tabacum</i> L.	Локальні некрози на листковій пластинці
	<i>Datura stramonium</i>	Некрози та просвітлення жилок листкової пластинки

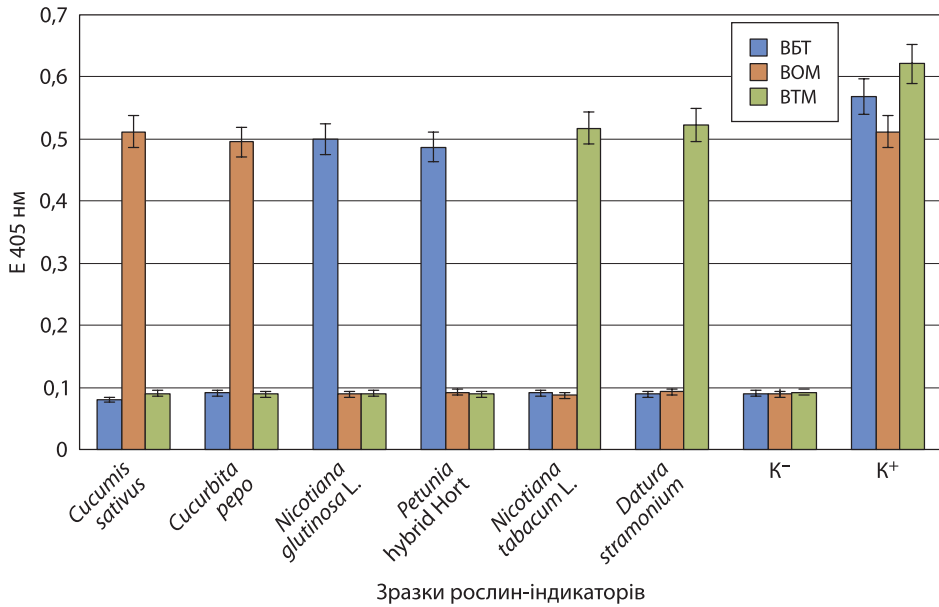


Рис. 3. Результати виявлення антигенів ВОМ, ВПВТ та ВТМ у рослинах-індикаторах за допомогою ІФА

огіркової мозаїки (ВОМ) та вірус тютюнової мозаїки (ВТМ). Біологічне тестування підтверджує інфекційну природу виділених ізолятів ВОМ, ВПВТ та ВТМ, оскільки уражені рослини-індикатори проявляли характерні симптоми вірусної етіології.

Сучасний стан розвитку обміну товарами продуктами та насіннєвим матеріалом демонструє можливості розповсюдження нових штамів (або навіть видів)

збудників вірусних захворювань рослин до нових екологічних ніш, що свідчить про необхідність постійного моніторингу та контролю видового та штамового різноманіття вірусів, які здатні уражувати *Helianthus annuus* L.

Серед детектованих нами вірусів деякі з них можуть передаватися насінням та таким чином потрапляти в агроценози України [19]. Саме тому наступним етапом

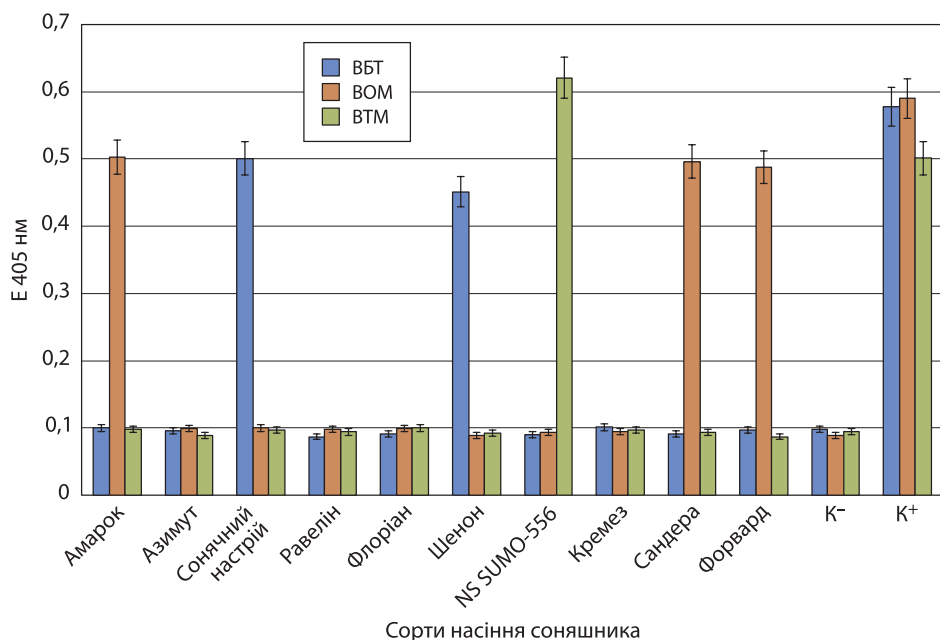


Рис. 4. Результати перевірки різних сортів соняшника на наявність вірусних антигенів методом ІФА

нашої роботи була перевірка комерційного насіння різних виробників на наявність вірусних антигенів. На предмет контамінації вірусними патогенами, типовими для цієї культури, проаналізовано насіння 10 сортів насіння соняшника (рис. 4).

Результати досліджень засвідчили, що серед перевіреного асортименту насіння *Helianthus annuus L.* виявилось контамінованим вірусними антигенами. Вірусні антигени детектувалися у таких сортах насіння: Амато, Сандера, Форвард, Сонячний настрій, Шенон та «NS SUMO-556». Загалом, у комерційному насінні соняшника було виділено антигени вірусу огіркової мозаїки та вірусу плямистого в'янення помідора. Антигени ВОМ детектували переважно у насінні сотру Амато, NS SUMO-556, Сандера та Форвард. Вірус плямистого в'янення помідорів було помічено у насінні сорту Сонячний настрій та Шенон. Серед перевірених сортів насіння антигени ВТМ не виявлено.

Отже, нами було доведено, що на сьогодні в Україні комерційне вірус контаміно-

ване насіння може бути цілком ймовірною причиною появи вірусного захворювання на рослинах соняшника. І можна дійти висновку щодо серйозної вірусної ситуації на посівах соняшника в Україні. З огляду на такий стан речей, особливу увагу потрібно приділяти передпосівній обробці насіння, знищувати комах переносників вірусних патогенів, застосовувати різні засоби боротьби та профілактики з хворобами.

ВИСНОВКИ

У результаті візуальної діагностики на посівах соняшника (*Helianthus annuus L.*) спостерігалися різні види симптомів вірусної етіології. За допомогою ІФА проведено перевірку відібраних 205 рослинних зразків соняшника 93 зразки мали позитивний результат із тест-системою до вірусу огіркової мозаїки, вірус плямистого в'янення помідорів та вірус тютюнової мозаїки. Досліджено інфекційні властивості виділених вірусних ізолятів ВОМ, ВПВП та ВТМ. Здійснено перевірку насінневого матеріалу 10 сортів соняшника. У підсумку виявлено

антигени вірусу огіркової мозаїки та вірусу плямистого в'янення помідорів. Вірусні антигени детектувалися у таких сортах на-

сіння: Амато, Сандера, Форвард, Сонячний настрій, Шенон та «NS SUMO-556».

ЛІТЕРАТУРА

1. Boyko A.L., Knyazeva N.A., Kondratyuk H.A. and Smirnova S.A. Epiphytic model of the tomato spotted wilt virus infecting sunflower plants. *Biopolymers and Cell*. 2001. Vol. 17. № 3. P. 230–236. DOI: <http://dx.doi.org/10.7124/bc.0005b0>.
2. Knyazeva N.A., Boyko A.L., Zakusilo A.O., Postoyenko O.M. and Kosyan A.M. Phytosanitary control of industrial sunflower plantations for presence of virus infections. *Biopolymers and Cell*. 1995. Vol. 11. № 6. P. 81–88. DOI: <http://dx.doi.org/10.7124/bc.000408>.
3. Knyazeva N.A., Zakusilo A.O., Didenko L.F. and Boyko A.L. Some properties of the virus isolated from sunflower. *Biopolymers and Cell*. 1996. Vol. 12. № 5. P. 72–78. DOI: <http://dx.doi.org/10.7124/bc.00044c>.
4. Milošević D., Ignjatov M., Marjanović-Jeromela A., Nikolić Z., Tamindžić G., Miljaković D. and Stanković I. Presence and molecular characterization of cucumber mosaic virus on safflower in Serbia. *Ratarstvo i povrtarstvo*. 2020. Vol. 57. № 2. P. 49–54. DOI: <http://dx.doi.org/10.5937/ratpov57-25745>.
5. Cabrera Mederos D., Trucco V., Bejerman N., Lenardon S. and Giolitti F. First Report of Tobacco Streak Virus Infecting Sunflower in Argentina. *Plant Disease*. 2019. Vol. 103. № 12. P. 3290. DOI: <http://dx.doi.org/10.1094/pdis-04-19-0849-pdn>.
6. Bello V.H., Favara G.M., Bernardi G.V., Rezende J.A.M., Salaroli R.B. and Kitajima E.W. First report of sunflower chlorotic mottle virus infecting sunflower plants in Brazil. *Scientia Agricola*. 2023. Vol. 80. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-992x-2022-0035>.
7. Князева Н.А., Бойко А.Л., Смирнова С.О. Насінневі вірусні інфекції соняшника та методи їх діагностики. Київ: Знання, 1999. 93 с.
8. Tsvigun V., Sus N., Mazur S., Melnychuk O. and Boyko A. Distribution and biological features of tomato viral diseases in the agrocenoses of Ukraine. *Agroecological journal*. 2021. № 4. P. 82–89. DOI: <http://dx.doi.org/10.33730/2077-4893.4.2021.252959>.
9. Orlovska G. Viral diseases of sunflower (*Helianthus annuus* L.): ecology, harmfulness, properties of pathogens, prevention. *Agroecological Journal*. 2013. № 4. P. 115–121. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog_2013_4_25.
10. Miller S. and Krijnse-Locker J. Modification of intracellular membrane structures for virus replication. *Nature Reviews Microbiology*. 2008. Vol. 6. № 5. P. 363–374. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/nrmicro1890>.
11. Tsvigun V., Mazur S., Gumeniuk I. and Levishko A. Monitoring of sunflower crops for the presence of viral infections in Ukraine. In: *Bioresources and Viruses: Xth International Conference* (September 11–13, 2023). Kyiv. 2023. P. 87.
12. Garcia-Arenal F., Fraile A. and Malpica J.M. Variation and evolution of plant virus populations. *International Microbiology*. 2003. Vol. 6. № 4. P. 225–232. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10123-003-0142-z>.
13. Plant Virus Evolution / Ed. by M.J. Roossinck. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2008. 223 p. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-75763-4>.
14. Tsvigun V., Sus N., Shevchenko T. and Bojko A. Biological properties of cucumber mosaic virus of vegetables. *Visnyk agrarnoi nauky*. 2020. Vol. 98. № 12. P. 26–31. DOI: <http://dx.doi.org/10.31073/agrovisnyk202012-04>.
15. Dijkstra J. and de Jager C. P. Practical Plant Virology. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 1998. 459 p. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-72030-7>.
16. Molecular methods for virus detection / D.L. Wiedbrauk, D.H. Farkas. (Eds.). Academic Press, 1995. 386 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-748920-9.x5000-6>.
17. ELISA. Theory and Practice / Ed. by J.R. Crowther. Totowa: Humana Press, 1995. 223 p. DOI: <https://doi.org/10.1385/0896032795>.
18. Caglayan K., Ulubas Serçe C., Gazel M. and Jelkmann W. Detection of Four Apple Viruses by ELISA and RT-PCR Assays in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2006. Vol. 30. № 2. P. 241–246. URL: <https://journals.tubitak.gov.tr/agriculture/issues/tar-06-30-4/tar-30-4-1-0507-13.pdf>.
19. Mishchenko L. et al. Seed transmission of plant viruses: foundations, principles and protocol of its estimation. *Karantin i zahist roslyn*. 2018. № 1-2. P. 9–14. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Kizr_2018_1-2_5.

REFERENCES

1. Boyko, A.L., Knyazeva, N.A., Kondratyuk, H.A. & Smirnova, S.A. (2001). Epiphytic model of the tomato spotted wilt virus infecting sunflower plants. *Biopolymers and Cell*, 17 (3), 230–236. DOI: <https://doi.org/10.7124/bc.0005b0> [in English].
2. Knyazeva, N.A., Boyko, A.L., Zakusilo, A.O., Postoyenko, O.M. & Kosyan, A.M. (1995). Phytosanitary control of industrial sunflower plantations for presence of virus infections. *Biopolymers and Cell*, 11 (6), 81–88. DOI: <https://doi.org/10.7124/bc.000408> [in English].
3. Knyazeva, N.A., Zakusilo, A.O., Didenko, L.F. & Boyko, A.L. (1996). Some properties of the virus isolated from sunflower. *Biopolymers and Cell*, 12 (5), 72–78. DOI: <https://doi.org/10.7124/bc.00044c> [in English].

4. Milošević, D., Ignjatov, M., Marjanović-Jeromela, A., Nikolić, Z., Tamindžić, G., Miljaković, D. & Stanković, I. (2020). Presence and molecular characterization of cucumber mosaic virus on safflower in Serbia. *Ratarstvo i Povrtarstvo*, 57 (2), 49–54. DOI: <https://doi.org/10.5937/ratpov57-25745> [in English].
5. Cabrera Mederos, D., Trucco, V., Bejerman, N., Lenardon, S. & Giolitti, F. (2019). First Report of Tobacco Streak Virus Infecting Sunflower in Argentina. *Plant Disease*, 103 (12), 3290. DOI: <https://doi.org/10.1094/pdis-04-19-0849-pdn> [in English].
6. Bello, V.H., Favara, G.M., Bernardi, G.V., Rezen-de, J.A.M., Salaroli, R.B. & Kitajima, E.W. (2023). First report of sunflower chlorotic mottle virus infecting sunflower plants in Brazil. *Scientia Agricola*, 80. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2022-0035> [in English].
7. Kniazieva, N.A., Boiko, A.L. & Smyrnova, S.O. (1999). *Nasinnievi virusni infektsii soniashnyka ta metody yikh diahnostryky [Seed-borne viral infections of sunflower and methods of their diagnosis]*. Znannia [in Ukrainian].
8. Tsvigun, V., Sus, N., Mazur, S., Melnychuk, O. & Boyko, A. (2021). Distribution and biological features of tomato viral diseases in the agrocenoses of Ukraine. *Agroecological Journal*, 4, 82–89. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2021.252959> [in English].
9. Orlovska, G. (2013). Viral diseases of sunflower (*Helianthus annuus* L.): ecology, harmfulness, properties of pathogens, prevention. *Agroecological Journal*, (4), 115–121. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog_2013_4_25 [in English].
10. Miller, S. & Krijnse-Locker, J. (2008). Modification of intracellular membrane structures for virus replication. *Nature Reviews Microbiology*, 6 (5), 363–374. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrmicro1890> [in English].
11. Tsvigun, V., Mazur, S., Gumeniuk, I. & Levishko, A. (2023). Monitoring of sunflower crops for the presence of viral infections in Ukraine. *Bioresources and Viruses: Xth International Conference* (p. 87). Kyiv [in English].
12. Garcia-Arenal, F., Fraile, A. & Malpica, J.M. (2003). Variation and evolution of plant virus populations. *International Microbiology*, 6 (4), 225–232. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10123-003-0142-z> [in English].
13. Roossinck, M.J. (Ed.). (2008). *Plant Virus Evolution*. Berlin. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-540-75763-4> [in English].
14. Tsvigun, V., Sus, N., Shevchenko, T. & Bojko, A. (2020). Biological properties of cucumber mosaic virus of vegetables. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 98 (12), 26–31. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202012-04> [in English].
15. Dijkstra, J. & de Jager, C.P. (1998). *Practical Plant Virology*. Berlin. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-72030-7> [in English].
16. Wiedbrauk, D.L. & Farkas, D.H. (Eds.). (1995). *Molecular methods for virus detection*. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-748920-9.x5000-6> [in English].
17. Crowther, J.R. (Ed.). (1995). *ELISA. Theory and Practice*. Totowa. DOI: <https://doi.org/10.1385/0896032795> [in English].
18. Caglayan, K., Ulubas Serçe, C., Gazel, M. & Jelkmann, W. (2006). Detection of Four Apple Viruses by ELISA and RT-PCR Assays in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 30 (2), 241–246. URL: <https://journals.tubitak.gov.tr/agriculture/issues/tar-06-30-4/tar-30-4-1-0507-13.pdf> [in English].
19. Mishchenko, L., Dunich, A., Kandaurova, K. & Kondratyuk, O. (2018). Seed transmission of plant viruses: foundations, principles and protocol of its estimation. *Karantin i zahist roslyn*, (1-2), 9–14. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Kizr_2018_1-2_5 [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 17.10.2024