

¹А.А. ДУНІЧ, кандидат біологічних наук

¹Л.Т. МІЩЕНКО, доктор біологічних наук

²С.О. КИРИЧЕНКО

³Р.О. БОНДУС, кандидат сільськогосподарських наук

²Н.О. КОЗУБ, доктор біологічних наук

⁴І.А. МІЩЕНКО, кандидат економічних наук

¹І.М. ПОЖИЛОВ, доктор філософії (біологія)

¹ННЦ «Інститут біології та медицини», Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Володимирська, 64/13, м. Київ, 01601, Україна

²Інститут захисту рослин Національної академії аграрних наук України, вул. Васильківська, 33, м. Київ, 03022, Україна

³Устимівська дослідна станція рослинництва Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, вул. Академіка М.І. Вавилова, 15, п/в Устимівка, 39074, Полтавська обл., Україна

⁴Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна

ДІАГНОСТИКА ВІРУСІВ У НАСАДЖЕННЯХ КАРТОПЛІ ТА ЇХНІЙ ВПЛИВ НА УРОЖАЙ

Мета. Провести діагностику Y-вірусу картоплі (PVY) і вірусу скручування листків картоплі (PLRV) у насадженнях картоплі та визначити вплив патогенів на урожайність рослин. **Методи.** Під час досліджень застосовували метод візуальної діагностики, імуноферментний аналіз у модифікації подвійний сендвіч, полімеразну ланцюгову реакцію зі зворотною транскрипцією, статистичні методи обробки даних. **Результати.** Серед досліджуваних сортів найпоширенішим симптомом було скручування листків вгору, на деяких сортах спостерігалася мозаїка з некрозами і деформацією листків та скручування листків з некрозами. Проведено ідентифікацію вірусів на різних сортах картоплі. PVY виявлено у рослинах трьох сортів, у чотирьох сортів детектовано PLRV, змішану інфекцію PVY + PLRV виявлено у двох сортів картоплі, ураженість становить 27,3%, 36,4 і 18,2%, відповідно. Встановлено, що серед усіх сортів різних груп стиглості найбільш виражений шкідливий вплив вірусів на урожайність — у ранніх сортів. PLRV-інфекція або змішана PLRV + PVY (у випадку із середньоранніми сортами) найбільше знижувала урожайність (г/кущ), середню масу однієї бульби і середню

масу однієї товарної бульби порівняно з моноінфекцією PVY (для ранніх, середньостиглих та пізньостиглих сортів). З іншого боку, наявність PVY у рослинах (в моно- або коінфекції з PLRV) більше знижувала середню кількість бульб з одного куща порівняно з PLRV для деяких сортів. **Висновки.** Високі втрати врожаю, що спостерігаються внаслідок PVY, PLRV та коінфекції PVY + PLRV, свідчать про необхідність використання насінневої картоплі без вірусів або сортів, стійких до них

potato virus Y; potato leafroll virus; ІФА; ЗТ-ПЛР; урожайність; хвороби

Картопля (*Solanum tuberosum* L.) є третьою за важливістю продовольчою культурою з точки зору глобальної продовольчої безпеки після пшениці та рису, а також найважливішою незерновою продовольчою культурою [1]. За даними FAO Україна посідає п'яте місце у світі за обсягом вирощування картоплі, який становив 19 616,678 млн т (дані за період 1994—2023 рік) [2]. Проте, для забезпечення потреб внутрішнього вітчизняного ринку, обсяги імпорту коренеплодів картоплі зростають. За даними Державної митної служби в Україну від початку 2021 р. імпортовано майже 60 тис. т картоплі (на понад \$12 млн) [3]. Зважаючи на таку ситуацію, вкрай необхідно підняти продуктивність цієї культури.

Віруси є суттєвими чинниками, які впливають на урожай та якість бульб картоплі у всьому світі. Серед понад 50-ти вірусів, що уражують картоплю, перші два місця за своєю шкідливістю займають Y-вірус картоплі (potato virus Y, PVY) і вірус скручування листків картоплі (potato leafroll virus, PLRV) [4—6]. Втрати врожаю бульб викликаються будь-яким із цих вірусів при моноінфекціях і можуть сягати понад 80% у поєднанні з іншими вірусами, наприклад з X-вірусом картоплі (PVX), для якого доведений синергізм з потівірусами PVY та PVA [7].

PVY спричиняє значне зниження якості бульб і втрати врожаю до 80%, а рослини, вирощені з бульб, інфікованих PVY, мають повільний темп росту, що призводить до дегенерації бульб і спричиняє якісне та кількісне зниження врожаю картоплі [4, 8]. Вірус передається попелицями неперсистентним шляхом і поширюється на картопляних полях крилатими особинами [9]. Нині відомо більше 50-ти видів попелиць (Hemiptera: Aphididae), які можуть передавати PVY із різною інтенсивністю. Найпоширенішою та найефективнішою з них є персикова попелиця *Myzus persicae*. Шкідливість *M. persicae*, як поліфагового шкідника і переносника PVY, можна пояснити коротким періодом розмноження, високою плодючістю, наявністю літніх самиць із потомством та нестатевих популяцій, поліфеномізму (біотипізації), здатністю переходити на нові рослини та розвитком резистентності [10]. Передача рослинних вірусів (персистентних і неперсистентних)

в основному здійснюється крилатими особинами *M. persicae* завдяки їхній здатності літати. Це забезпечує передачу як на короткі, так і на великі відстані, причому остання грає значну роль у поширенні вірусних захворювань у великих географічних регіонах. Механізм передачі PVY до кінця не з'ясований. Загальноприйнятою є гіпотеза, запропонована Martín B. та ін., згідно з якою віріони прикріплюються до передніх відділів травного тракту комах-переносників (передшлунків) і передача відбувається лише для вірусних частинок, що знаходяться поблизу кінчика стилета на його внутрішній поверхні, де харчовий і слинний канал зливаються [11]. Здатність попелиць переносити віруси на великі відстані є серйозною проблемою в аграрному контексті, оскільки стимулює швидке розповсюдження та встановлення вірусних інфекцій у сприйнятливих популяціях рослин [12, 13]. PVY має широке коло рослин-хазяїв, до якого входять пасльонові й інші рослини, включаючи дикорослі та декоративні види, у яких PVY може зберігатися [14]. Це створює природний резервуар інфекції та значно ускладнює контроль над вірусом. Нами виявлено циркуляцію PVY на рослинах томатів у деяких областях України [15] та описано рекомбінантний томатний штам PVY^{N-wi} [16]. Також відомі вегетативні та механічні шляхи передачі вірусу.

Вірус скручування листя картоплі (*Potato leafroll virus*, PLRV) належить до роду *Polerovirus* родини *Solemoviridae* і спричиняє значні втрати врожаю (до 90%) та якості картоплі в усьому світі. PLRV — другий за шкідливістю вірус, може збільшити втрати до 20 млн т на рік [6]. PLRV передається циркулятивним шляхом персистентно переносниками виду *M. persicae* та кількома іншими видами попелиць [17]. Це означає, що після поглинання попелицею вірус повинен циркулювати в її кишечнику, переміститися в гемоцель, а потім повернутися в слинну залозу, перш ніж він може бути переданий під час наступного живлення на новій рослині. У тілі комахи вірус не реплікується. Цей процес відомий як латентний період і триває щонайменше годину, протягом якої попелиця не може передавати PLRV [18]. Деякі інші віруси картоплі, включаючи PVY, не циркулюють через тіло попелиці-переносника, а прикріплюються до стилета попелиці, тому можуть переноситися з рослини на рослину зразу під час живлення попелиць.

PLRV зустрічається у всіх господарствах, де вирощується картопля, однак його значення та відносна поширеність варіюють залежно від ізоляту, сорту, агротехнічних умов та віку рослин на момент зараження [19]. Виявили вірус і в Україні [20]. Зараження картоплі може призвести до суттєвої втрати врожаю та зниження якості зібраних бульб. У окремих регіонах рівень зараженості може бути високим, що пов'язано із суттєвими економічними збитками. Симптоми PLRV поділяються на дві категорії: первинні та вторинні. Початкові симп-

томи спричинені первинною інфекцією, яка може бути спричинена вірусами, що передаються попелицями впродовж сезону. Найбільш помітними індикаторами є забарвлені або червоні кінчики листя на вищих або молодих листках, які скручуються та стоять вертикально. Далі ознаки з'являються у рослин картоплі, зібраної з пошкоджених бульб: затримка росту пагонів та скручування найстарішого або нижнього листя, затримка росту та некроз [21].

У рослин, що вирощені з інфікованих бульб (вторинне зараження), спостерігається затримка росту пагонів, а листя, особливо нижнє, легко згинається, легко ламається за здавлювання та може проявляти хлоротичні зміни. Симптоми первинного зараження (зараження в поточному сезоні) зазвичай менш виражені, якщо рослини не мали інфекції на початку сезону. За звичайних умов вірус обмежується флоемою і не передається за інокуляції соком рослин. Реплікація, ймовірно, відбувається у флоемних супутніх клітинах, після чого вірус переміщується на великі відстані всередині флоемних ситоподібних елементів [22]. Виявлено, що попелиці *M. persicae* переважно колонізують картопляні рослини, інфіковані вірусом скручування листя картоплі. На їхню поведінку впливають летючі речовини, що виділяються зараженими рослинами. Така переважна колонізація відбувається як через збільшення імміграції попелиць і зменшення еміграції із заражених рослин, так і через пряме скупчення на заражених PLRV листках і листках, оброблених летючими речовинами із заражених рослин. Дослідження також свідчать, що попелиці віддають перевагу рослинам, інфікованим PLRV, порівняно з рослинами, зараженими іншими вірусами картоплі, зокрема вірусом PVX (potato virus X) та PVY. Таке спостереження вказує на специфічну реакцію попелиць щодо PLRV, яка не еквівалентна поведінці щодо PVX або PVY, та свідчить про можливу роль PLRV як фактора пригнічення або стимуляції поведінкових патернів попелиць [23].

Мета досліджень — провести діагностику PVY та PLRV у насадженнях картоплі та визначити вплив патогенів на урожайність рослин.

Матеріали та методи досліджень. Візуальне обстеження посівів картоплі проводили за загальноприйнятою методикою [24] на Устимівській дослідній станції рослинництва Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України. Було відібрано зразки 11-ти сортів картоплі із симптомами захворювання та як контрольні — 4 сорти без ознак хвороб (сорт-стандарт Тирас, Левада, Явір, Случ). Дослідження проводили у 2025 р., листові проби відбирали 23 червня.

Ідентифікували віруси за допомогою імуоферментного аналізу (ІФА) у модифікації DAS-ELISA з використанням комерційних антитіл для PVY, PLRV, PVM, PVS та PVX фірми Loewe. Результати ферментативної реакції реєстрували за довжини хвилі 405 нм на

ІФА-спектрофотометрі Thermo Labsystems Opsi MR (США), програмне забезпечення — Dynex Revelation Quicklink. Аналіз проведено у трьох повторностях. За позитивний (такий, що містить вірус) вважали зразок, оптична густина якого перевищувала негативний контроль у три та більше разів. До ІФА були включені контролю: позитивний та негативний, що являють собою зразки картоплі із вірусом та зразки здорових рослин [25].

Виділяли тотальну РНК із досліджуваних зразків, застосовуючи комерційний набір Gene Jet Plant RNA Puntification K 0801 (Thermo Scientific, США) за рекомендаціями виробника. Зворотню транскрипцію проводили із використанням набору Revert Aid Reverse Transcriptase (Thermo Scientific, США, EP0441). Для ампліфікації необхідного фрагмента ДНК використано набір Dream Taq™ Green PCR Master Mix (Thermo Fisher Scientific, США) та специфічні олігонуклеотидні праймери до гена капсидного білка вірусу PVY-F: (5'-CGGAGTTTGGGTTATGATGG -3') та PVY-R: (5'-TGGTGTG-CCTCTCTGTGTTTC -3'), очікуваний розмір продукту — 365 п.н. [26]. Наявність продуктів ампліфікації перевіряли за допомогою горизонтального електрофорезу в 1,5% агарозному гелі та подальшим переглядом під УФ-опроміненням.

У процесі досліджень відбирали рослини із симптомами, характерними до таких, що спричинені вірусними інфекціями, і візуально здорові рослини. Ураженість рослин вираховували за формулою

$$P = (n / N) \cdot 100\%,$$

де n — кількість уражених рослин, що підтверджено ІФА, шт.; N — загальна кількість протестованих рослин, шт.

Показники урожайності досліджуваних сортів картоплі (урожайність (г/кущ), середня маса однієї бульби, середня маса однієї товарної бульби, середня кількість бульб з куща, середня кількість товарних бульб з куща) визначали із застосуванням загальноприйнятої методики у картоплярстві за 9-бальною шкалою [27]. Площа живлення на одну рослину 30 см × 70 см, у ділянці 10 кущів.

Результати досліджень та обговорення. Проведеними дослідженнями виявлено рослини картоплі із симптомами, характерними до таких, що індукуються вірусами: нижні листки скручуються доверху вздовж середньої жилки, потовщуються, при згинанні стають ламкими, знижується урожайність за рахунок зменшення кількості та ваги бульб. За спостереженнями суха і спекотна погода сприяла посиленню симптомів захворювання, які також посилювалися з віком рослини. На самому початку вегетації картоплі спостерігалось пригнічення розвитку рослин деяких сортів, між жилками листків утворюються здуття, що призводить до зморшкватості, верхівка листка закручується

донизу та зменшується його розмір, в окремих випадках на листках утворювалися некрози.

Загалом було відібрано 11 сортів із ознаками захворювання (скручування листків, некрози та мозаїка на листках) та 4 сорти-стандарті (у якості контролю) (табл. 1).

1. Перелік сортів картоплі, відібраних для дослідження

П/п	Номер ділянки	Назва сорту	Група стиглості	Країна походження	Симптоматика
1	559	Кубинка	Ранній	Україна	Скручування листків
2	834	Лілея	Ранній	Україна	Скручування листків
3	614,837	St.Тирас	Ранній	Україна	Стандарт. Без візуальних ознак захворювання
4	894	Vacuna	Середньоранній	–	Мозаїка з некрозами і деформацією листків
5	443	Димок	Середньоранній	Україна	Скручування листків
6	476	Atlantik	Середньоранній	Нідерланди	Скручування листків
7	871	Гірська	Середньоранній	Україна	Скручування листків
8	692	St. Левада	Середньоранній	Україна	Стандарт. Без візуальних ознак захворювання
9	859	Синьовічка	Середньостиглий	Україна	Скручування листків
10	31	Попа	Середньостиглий	Україна	Скручування листків + некрози
11	444	Іванківська	Середньостиглий	Україна	Скручування листків
12	761	St. Явір	Середньостиглий	Україна	Стандарт. Без візуальних ознак захворювання
13	895	Folva	Середньопізній	Данія	Скручування листків
14	445	Ікар	Середньопізній	Україна	Зморшкватість листків, зменшення листкової пластинки, деформація листків
15	791	St. Случ	Середньопізній	Україна	Стандарт. Без візуальних ознак захворювання

Серед досліджуваних рослин найпоширенішим симптомом було скручування листків вгору (рис. 1 а, г), на деяких сортах спостерігалася мозаїка з некрозами і деформацією листків (рис. 1 б) та скручування листків + некрози (рис. 1 в).

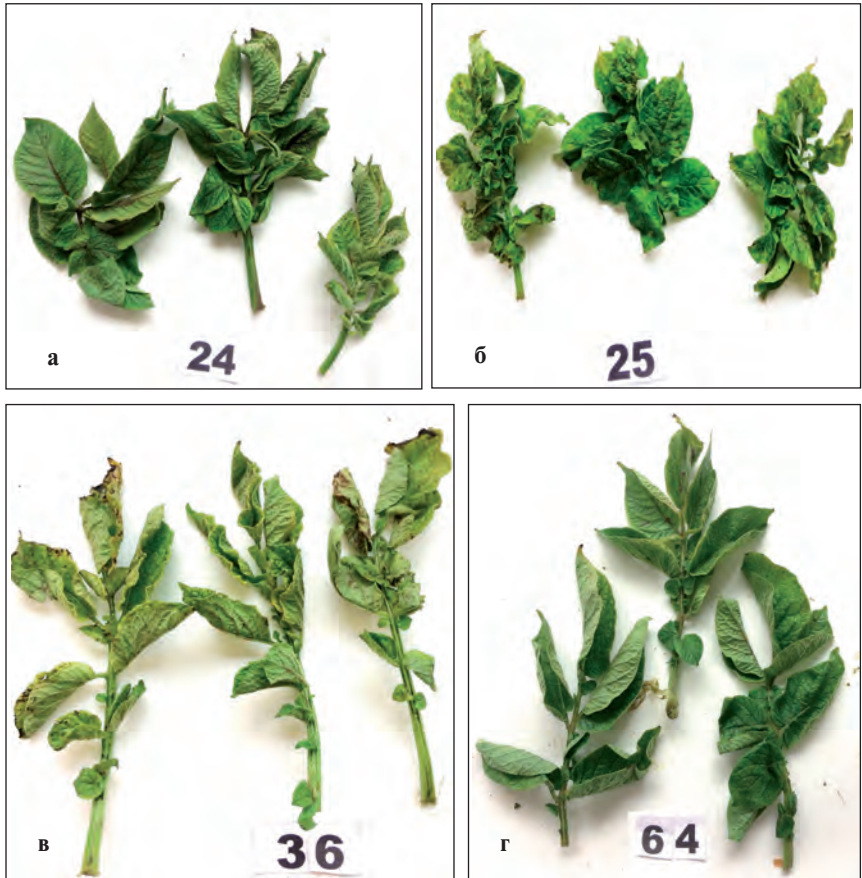


Рис. 1. Рослини різних сортів картоплі з симптомами захворювання:
а — сорт Лілея; б — сорт Vasna (Y) ; в — сорт Попа; г — сорт Димок

За результатами ІФА з використанням тест-системи для визначення PVY встановлено, що вірусом уражено 5 сортів: Кубинка, Folva, Vasna, Синьовічка та Димок (рис. 2).

Результати ІФА були підтвержені методом ЗТ-ПЛР, за результатами якої виявлено продукт ампліфікації розміром 365 п.н., що відповідає ділянці гена капсидного білка PVY (рис. 3).

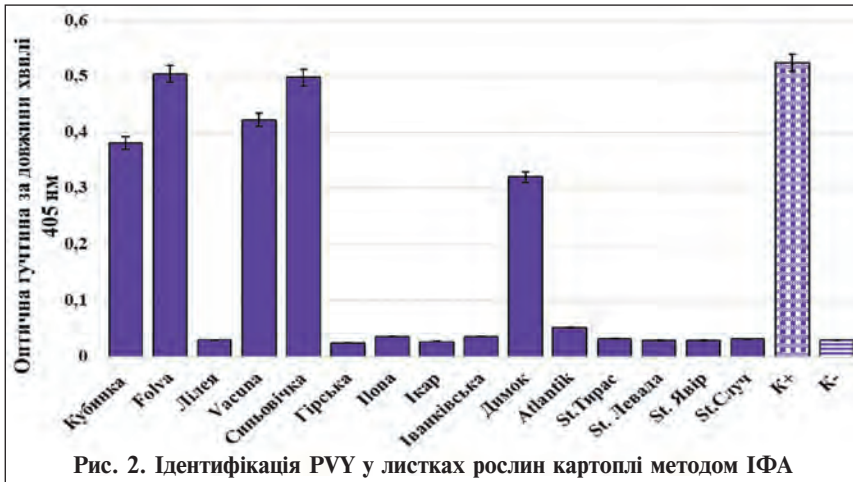


Рис. 2. Ідентифікація PVY у листках рослин картоплі методом ІФА

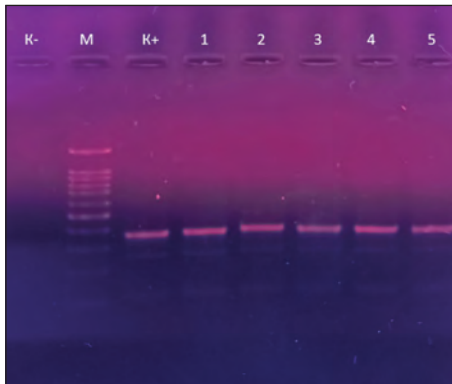
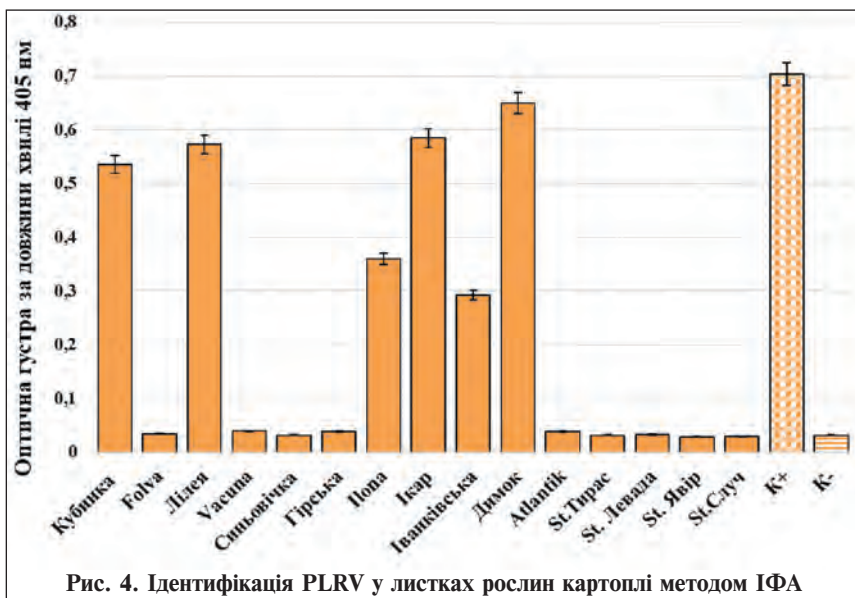


Рис. 3. Результати електрофорезу продуктів ЗТ-ПЛР із використанням специфічних праймерів до гена капсидного білка PVY (очікуваний розмір 365 п.н.): K- — негативний контроль реакції; M — маркер 100 bp (Thermo Scientific); K+ — позитивний контроль реакції; 1 — сорт Кубинка; 2 — сорт Folva; 3 — сорт Васула; 4 — сорт Синьовічка; 5 — сорт Димок

ІФА показав, що PLRV уражено 6 сортів картоплі, а саме: Кубинка, Лілея, Попа, Ікар, Іванківська та Димок (рис. 4).

Змішану інфекцію PVY + PLRV детектовано у сортах Кубинка і Димок. Антигенів PVM, PVS та PVX не виявлено у жодному з досліджуваних сортів.

Наступним етапом було визначити урожайність досліджуваних 11-ти сортів рослин картоплі. Вивчали сорти за урожайністю та її



складовими: кількість бульб з 1 куща (шт.), середня маса товарної бульби (г), середня маса бульби, (г), середня кількість товарних бульб з 1 куща (г/кущ) та кількість бульб з 1 куща. Встановлено, що у сортів ранньої групи стиглості Кубинка та Лілея, уражених змішаною інфекцією та PLRV, у 2,5–2,6 рази знижена ураженість у порівнянні зі сортом-стандартом Тирас (табл. 2). В абсолютних величинах урожайність зазначених сортів становила відповідно 270 г/кущ та 280 г/кущ, що згідно з 9-бальною шкалою визначення урожайності [24] становило 3 бали (низький — 51–70% до сорту-стандарту). Загалом у хворих рослин усі показники урожайності та її складових були нижчими порівняно зі сортами-стандартами. Зауважимо, що у PLRV-ураженому сорті ранньої групи стиглості Лілея значно знижена середня маса однієї бульби — 46,7 г, що становить 3 бали (дрібні — 31–50 г) згідно зі шкалою оцінювання маси середньої бульби, (г) [24]. При коінфекції PVY + PLRV сорт Кубинка за ознакою «маса середньої бульби» віднесено до підвищеної групи — 6 балів (вище середнього — 91–110 г).

У групі середньоранніх сортів за ознакою «маса середньої бульби» виділився сорт Vacuna — 6 балів при інфекції PVY. В результаті проведеної оцінки встановлено вплив коінфекції PVY + PLRV на масу середньої бульби у сорту Димок (4 бали, 51–70 г), що в абсолютних величинах склало 57 г. У групах середньостиглих і пізніх сортів також встановлено негативний вплив вірусної інфекції на урожайність

2. Результати вивчення сортів картоплі за господарсько-цінними ознаками, 2025 р.

№ п.п.	Сорт	Урожайність, г/кущ	Кількість бульб, шт./кущ	Кількість товарних бульб, шт./кущ	Середня маса бульби, г	Середня маса товарної бульби, г	Наявність PVY, PLRV
<i>Ранні</i>							
1	Кубинка	270	3,5	2,5	77,1	92,0	PVY + PLRV
2	Лілея	280	6,0	3,1	46,7	70,9	PLRV
3	St Тирас	700	8,0	4,7	87,5	123,4	Немає
<i>Середньоранні</i>							
4	Vасуна	370	3,6	2,2	102,8	154,5	PVY
5	Димок	370	6,2	3,5	57,0	85,7	PVY + PLRV
6	Atlantik	380	6,7	3,6	56,7	91,6	Немає
7	Гірська	210	7,7	2,5	27,3	52,0	Немає
8	St Левада	580	7,1	4,8	81,7	108,3	Немає
<i>Середньостиглі</i>							
9	Синьовічка	300	3,7	3,3	81,1	78,8	PVY
10	Іванківська	230	6,2	5,0	37,0	44,0	PLRV
11	Пона	200	2,9	2,2	68,9	81,8	PLRV
12	St Явір	500	4,9	3,2	102,0	143,8	Немає
<i>Пізні</i>							
13	Folva	320	5,3	5,3	53,0	53,0	PVY
14	Ікар	230	5,9	3,0	39,0	63,3	PLRV
15	St Случ	480	7,0	4,0	68,6	95,0	Немає

та її складові. В результаті дослідження вище зазначені сорти мали 1–3 бали відповідно до шкали урожайності (г/кущ) та маси середньої бульби.

У середньоранніх інфікованих сортів Vасуна і Димок також суттєво знижена урожайність (у 1,6 раза) порівняно зі сортом-стандартом Левада. При змішаній інфекції (сорт Димок) показники середньої маси однієї бульби (на 24,7 г/бульбу) та середньої маси однієї товарної бульби (на 22,6 г/бульбу) були гіршими, порівняно зі стандартом та картоплею Vасуна, ураженою PVY (табл. 2).

Урожайність середньостиглих сортів Іванківська та Пона, які уражені PLRV, знижена на 270 і 300 г/кущ; середня маса однієї бульби

менша на 65 і 33,1 г порівняно зі сортом-стандартом Явір. В ураженого PVY сорту Синьовічка ці показники були трохи кращими, але теж меншими на 200 г/кущ і 20,9 г, відповідно (табл. 2).

PLRV-інфекція суттєво знизила урожайність середньопізнього сорту Ікар (на 250 г/кущ) та середню масу однієї бульби (на 29,6 г). PVY-інфекція мала менш шкідливий вплив на зазначені показники у сорту Folva — на 160 г/кущ і на 15,6 г однієї бульби порівняно зі сортом-стандартом (табл. 2).

Варто зазначити, що серед усіх сортів різних груп стиглості найбільш виражений шкідливий вплив вірусів на урожайність саме у ранніх сортів. PLRV-інфекція найбільше знижувала урожайність (г/кущ), середню масу однієї бульби і середню масу однієї товарної бульби порівняно з моноінфекцією PVY (для ранніх, середньостиглих та пізньостиглих сортів) або змішана PLRV + PVY (у випадку із середньоранніми сортами). З іншого боку, наявність PVY у рослинах (в моно- або коінфекції з PLRV) більше знижувала середню кількість бульб з одного куща порівняно з PLRV для деяких сортів. Взаємодію цих двох вірусів та вплив на урожайність рослин картоплі досліджували Vуагуба А. та ін. [28]. Автори вказують на те, що більший вплив на врожайність, кількість товарних бульб на рослину, висоту росту рослин та енергію росту рослин виявлено для коінфекції PLRV + PVY.

Тяжкість зараження залежить від толерантності рослини-хазяїна, часу зараження (при цьому раннє зараження призводить до більших втрат врожаю), факторів навколишнього середовища та штамів вірусу [4]. Контроль PVY та PLRV значною мірою залежить від профілактичних заходів, що обмежують кількість вірусу, або лікувальних заходів з використанням інсектицидів для придушення видів-переносників попелиці. Мінливість клімату та зміни в сільському господарстві (включаючи впровадження нових генотипів, переміщення зародкової плазми та інтенсифікацію культури) додають складності до і без того складних взаємодій вірус-комаха-переносник-рослина-довкілля [29]. Вплив зміни клімату на види та чисельність переносників попелиці є складним, важко передбачуваним та регіонально специфічним і залежить від виду рослин, сорту та віку, тривалості та тяжкості кліматичних стресових факторів і видів попелиці.

ВИСНОВОК

Високі втрати врожаю, що спостерігаються внаслідок дії вірусів PVY, PLRV та коінфекції PVY + PLRV, свідчать про необхідність використання насінневої картоплі без вірусів, або стійких до них сортів. Проведені дослідження й отримані на їхній основі результати дають підстави для пошуку джерел стійкості щодо PVY і PLRV та створення ознакової колекції сортів картоплі, стійких до зазначених вірусів,

для подальшого практичного використання в селекційних програмах по картоплі.

Фінансування. Робота виконана за фінансової підтримки МОН України. Проект № 25БФ036-01 «Мінливість видового складу фітопатогенів за умов змін клімату як загроза продовольчій безпеці та здоров'ю нації», конкурс проектів наукових досліджень і науково-технічних (експериментальних) розробок, виконавцями яких є заклади вищої освіти та наукові установи, що належать до сфери управління Міністерства освіти і науки України.

Конфлікт інтересів: автори декларують про відсутність конфлікту інтересів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Birch P.R., Bryan G., Fenton B. et al. Crops that feed the world 8: Potato: are the trends of increased global production sustainable? Food Security. 2012. 4 (4). P. 477-508. doi: 10.1007/s12571-012-0220-1
2. <https://www.fao.org/faostat/en/>
3. Україна нарощує импорт картоплі: названо основні країни-експортери. URL: <https://superagronom.com/news/12834-ukrayina-naroshuye-import-kartopli-nazvano-osnovni-krayini-eksportereri>
4. Lacomme C., Jacquot E. General characteristics of potato virus Y (PVY) and its impact on potato production: An Overview. In Lacomme C., Glais L., Bellstedt D. et al (Eds), Potato virus Y: biodiversity, pathogenicity, epidemiology, and management. Springer. Cham. 2017. P. 1-19. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58860-5_1
5. Loebenstein G., Gaba V. Viruses of potato. In Gad L., Hervé L. (Eds), Advances in virus research. San Diego, CA: Academic Press. 2012. P. 209246. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-394314-9.00006-3>
6. Kreuze J.F., Souza-Dias J.A.C., Jeevalatha A. et. al. Viral Diseases in Potato. In Campos H., Ortiz O. (Eds), The Potato Crop. Springer, Cham. 2020. https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5_11
7. Pacheco R., García-Marcos A., Barajas D. et.al. PVX-potyvirus synergistic infections differentially alter microRNA accumulation in *Nicotiana benthamiana*. Virus Research. 2012. 165. P. 231-235.
8. Hegde K., Kalleshwaraswamy C.M., Venkataravanappa V. Role of virus infection in seed tubers, secondary spread and insecticidal spray on the yield of potato in Deccan Plateau, India. Potato Res. 2021. 64. P. 339-351. doi: 10.1007/s11540-020-09480-y
9. Dupuis B. The movement of potato virus Y (PVY) in the vascular system

of potato plants. Eur J Plant Pathol. 2017. 147. P. 365-373 <https://doi.org/10.1007/s10658-016-1008-5>

10. Ali J. The chemical ecology of a model aphid pest, *Myzus persicae*, and its natural enemies. (Thesis). Edinburgh. UK: Keele University. 2022. URL: <https://keele-repository.worktribe.com/output/424546>

11. Martín B., Collar J.L., Tjallingii W.F., Fereres A. Intracellular ingestion and salivation by aphids may cause the acquisition and inoculation of non-persistently transmitted plant viruses. The Journal of general virology. 1997. 78 (Pt 10). P. 2701-2705. <https://doi.org/10.1099/0022-1317-78-10-2701>

12. Mauck K., Bosque-Pérez N.A., Eigenbrode S.D. et.al. Transmission mechanisms shape pathogen effects on host-vector interactions: evidence from plant viruses. Functional Ecology. 2012. 26(5). P. 1162-1175. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2012.02026.x>

13. Qi Y.H., He Y.J., Wang X., et.al. Physical contact transmission of Cucumber green mottle mosaic virus by *Myzus persicae*. Plos one. 2021. 16(6). Article e0252856. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0252856>

14. Kerlan C. Potato virus Y. Descriptions of plant viruses. 2006. no. 414. URL: <http://www.dpvweb.net/dpv/showdpv.php?dpvno=414>

15. Міщенко Л.Т., Чигрин А.В., Бондус Р.О., Данілова О.І. Використання колекційного матеріалу томатів і картоплі для пошуку джерел стійкості до вірусних хвороб. Генетичні ресурси рослин. 2011. № 9. С. 100-111.

16. Dunich A.A., Mishchenko L.T., Dashchenko A.V. PVYN-Wiisolat from tomato plants in Ukraine. Archives of Phytopathology and Plant Protection. 2020. 53(3-4). 112-126. <https://doi.org/10.1080/03235408.2020.1730021>

17. Herrbach E. Virus-vector interactions, Introduction. The Luteoviridae. 1999. P. 85-88.

18. Taliansky M., Mayo M.A., Barker H. Potato leafroll virus: a classic pathogen shows some new tricks. Molecular plant pathology. 2003. 4(2). P. 81-89. <https://doi.org/10.1046/j.1364-3703.2003.00153.x>

19. Belabess Z., Tahiri A., Lahlali R. From Symptoms to Solutions: A Deep Dive Into Potato Leaf Roll Virus Pathology. Journal of Crop Health. 2025. 77(1). P. 26. <https://doi.org/10.1007/s10343-024-01096-3>

20. Міщенко Л.Т., Поліщук В.П., Таран О.П., Гордейчик О.І. Вірусні інфекції картоплі та їх перебіг за умов модельованої мікрогравітації. Київ: Фітосоціоцентр, 2011. 144 с.

21. Shoala T. Potato Leafroll Virus. In Amaresan N., Kumar K. (Eds), Compendium of Phytopathogenic Microbes in Agro-Ecology. Springer, Cham. 2025. https://doi.org/10.1007/978-3-031-81884-4_17

22. Barker H., Smith H. G. The *Luteo viridae*. 1999.

23. Eigenbrode S.D., Ding H., Shiel P., Berger P.H. Volatiles from pota-

to plants infected with potato leafroll virus attract and arrest the virus vector, *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae). Proceedings. Biological sciences. 2002. 269(1490). P. 455-460. <https://doi.org/10.1098/rspb.2001.1909>

24. Методичні рекомендації щодо проведення досліджень з картоплею ; за ред. Кононученко В.В. Немішаєве. Інститут картоплярства, 2002. 183 с.

25. Crowther J.R. ELISA. Theory and Practice. Hamana Press. 1995. P. 1-218. DOI: 10.1385/0-89603-279-5:1

26. Антіпов І.О., Спиридонов В.Г., Мельничук М.Д. Філогенетичний аналіз генів капсидних білків українських ізолятів вірусів картоплі. Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія. 2007. 20. С. 220-225.

27. Бондус Р.О., Харченко Ю.В., Рябчун, В.К., та ін. Науково-методичні рекомендації з формування навчальних колекцій генетичного різноманіття картоплі секції *Tuberarium* (Dun.) Buk. роду *Solanum L.* Київ: ЦП КОМП-РИНТ, 2024. 64 с.

28. Byarugaba A., Mukasa S., Barekye A., Rubaihayo P. Interactive effects of Potatovirus Y and Potato leafroll virus infection on potato yields in Uganda. Open Agriculture. 2020. 5(1). P. 726-739. <https://doi.org/10.1515/opag-2020-0073>

29. Islam W., Noman A., Naveed H., Alamri S.A. et al. Plant-insect vector-virus interactions under environmental change. Sci Total Environ. 2020. 701. Article 135044. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135044>

¹Dunich A., ORCID: 0000-0001-9614-3441

¹Mishchenko L., ORCID: 0000-0003-0697-6971

²Kyrychenko S., ORCID: 0000-0002-4325-4022

³Bondus R., ORCID: 0000-0002-2367-5225

²Kozub N., ORCID: 0000-0002-3572-1786

⁴Mishchenko I., ORCID: 0000-0002-2919-8546

¹Pozhylov I., ORCID: 0000-0002-6259-3740

¹ESC «Institute of Biology and Medicine», Taras Shevchenko National University of Kyiv, 64/13 Volodymyrska str., Kyiv, 01601, Ukraine

²Institute of Plant Protection of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, 33, Vasylykivska str., Kyiv, 03022, Ukraine

³Ustymivka experimental station of Yuriev Plant production Institute of NAASU, 15 Acad. Vavylova, Ustymivka, Poltava region, 39074, Ukraine

⁴National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15, Heroiv oborony, Kyiv, 03041, Ukraine

Diagnosis of viruses in potato plantations and their impact on the yield

Goal. To diagnose potato virus Y (PVY) and potato leaf roll virus (PLRV) in potato plantations and determine the impact of the pathogens on plant yield. **Methods.** Visual diagnosis method, double sandwich enzyme-linked

immunosorbent assay, reverse transcription-polymerase chain reaction, morphometric and statistic methods were carried out in this study. **Results.** Among the varieties studied, the most common symptom was upward leaf rolling, with some varieties exhibiting mosaics with necrosis and leaf deformation when the others show leaf rolling with necrosis. Virus identification was carried out in different potato varieties. It was found that PVY was detected in 3 varieties, PLRV was revealed in 4 varieties, mixed infection of PVY + PLRV was confirmed in 2 potato varieties, the incidence was 27.3%, 36.4% and 18.2%, respectively. It was found that among all varieties of different maturity groups, the most pronounced harmful effect of viruses on yield was observed in early varieties. Moreover, exactly PLRV infection most significantly reduced such indicators as yield (g/bush), average weight of one tuber, and average weight of one marketable tuber or mixed infection PLRV + PVY (in the case of mid-early varieties) compared to PVY mono-infection (for early, medium- and late-maturing varieties). On the other hand, the presence of PVY in plants (in mono- or coinfection with PLRV) reduced the average number of tubers per bush more than PLRV for some varieties. **Conclusions.** Significant yield losses observed due to PVY, PLRV and PVY + PLRV coinfection indicate the need to use virus-free seed potatoes or varieties resistant to them.

Potato virus Y; potato leafroll virus; DAS-ELISA; RT-PCR; yield; diseases

REFERENCES

1. Birch P.R., Bryan G., Fenton B., Gilroy E.M., Hein I., Jones J.T., Prashar A. (2012). Crops that feed the world 8: Potato: are the trends of increased global production sustainable? *Food Security*, 4(4), 477-508. doi: 10.1007/s12571-012-0220-1
2. <https://www.fao.org/faostat/en/>
3. Ukraina naroshchuie import kartopli: nazvano osnovni krainy-eksportery. URL: <https://superagronom.com/news/12834-ukrayina-naroshchuye-import-kartopli-nazvano-osnovni-krayini-eksporteri> (in Ukrainian).
4. Lacomme C., Jacquot E. (An Overview. In Lacomme C., Glais L., Belstedt D. et al (Eds)). (2017). General characteristics of potato virus Y (PVY) and its impact on potato production. *Potato virus Y: biodiversity, pathogenicity, epidemiology, and management*. Springer, Cham, 1-19. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58860-5_1
5. Loebenstein G., Gaba V. (Gad L., Hervé L. Eds). (2012). Viruses of potato. *Advances in virus research*. San Diego, CA: Academic Press, 209246. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-394314-9.00006-3>
6. Kreuze J.F., Souza-Dias J.A.C., Jeevalatha A., Figueira A.R., Valkonen J.P.T., Jones R.A.C. (Campos H., Ortiz O. Eds). (2020). *Viral Diseases in Potato. The Potato Crop*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5_11

7. Pacheco R., García-Marcos A. Barajas D., Martiáñez J., Tenllado F. (2012). PVX–potyvirus synergistic infections differentially alter microRNA accumulation in *Nicotiana benthamiana*. *Virus Research*, 165, 231-235.
8. Hegde K., Kalleshwaraswamy C.M., Venkataravanappa V. (2021). Role of virus infection in seed tubers, secondary spread and insecticidal spray on the yield of potato in Deccan Plateau, India. *Potato Res.* 64, 339-351. doi: 10.1007/s11540-020-09480-y
9. Dupuis B. (2017). The movement of potato virus Y (PVY) in the vascular system of potato plants. *Eur J Plant Pathol*, 147, 365-373. <https://doi.org/10.1007/s10658-016-1008-5>
10. Ali J. (2022). The chemical ecology of a model aphid pest, *Myzus persicae*, and its natural enemies. (Thesis). Edinburgh. UK: Keele University. URL: <https://keele-repository.worktribe.com/output/424546>
11. Martín B., Collar J.L., Tjallingii W.F., Fereres A. (1997). Intracellular ingestion and salivation by aphids may cause the acquisition and inoculation of non-persistently transmitted plant viruses. *The Journal of general virology*, 78(Pt 10), 2701-2705. <https://doi.org/10.1099/0022-1317-78-10-2701>
12. Mauck K., Bosque-Pérez N.A., Eigenbrode S.D., De Moraes C.M., Mescher M.C. (2012). Transmission mechanisms shape pathogen effects on host–vector interactions: evidence from plant viruses. *Functional Ecology*, 26(5), 1162-1175.
13. Qi Y.H., He Y.J., Wang X., Zhang C.X., Chen J.P., Lu G., Li J.M. (2021). Physical contact transmission of Cucumber green mottle mosaic virus by *Myzus persicae*. *Plos one*, 16(6), Article0252856. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0252856>
14. Kerlan C. (2006). Potato virus Y. Descriptions of plant viruses, no. 414. URL: <http://www.dpvweb.net/dpv/showdpv.php?dpvno=414>
15. Mishchenko L.T., Chyhryn A.V., Bondus R.O., Danilova O.I. (2011). Vykorystannia kolektsiinoho materialu tomativ i kartopli dlia poshuku dzherel stiikosti do virusnykh khvorob. [Use of the collection material of tomatoes and potato for search of sources of resistance to virus illnesses]. *Henetychni resursy roslyn. [Plant genetic resources]*, 9, 100-111. (in Ukrainian).
16. Dunich A.A., Mishchenko L.T., Dashchenko A.V. (2020). PVYN-Wi isolate from tomato plants in Ukraine. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 53(3-4), 112-126. <https://doi.org/10.1080/03235408.2020.1730021>
17. Herrbach E. (1999). Virus-vector interactions, Introduction. *The Luteoviridae*, 85-88.
18. Taliansky M., Mayo M. A., Barker, H. (2003). Potato leafroll virus: a classic pathogen shows some new tricks. *Molecular plant pathology*, 4(2), 81-89. <https://doi.org/10.1046/j.1364-3703.2003.00153.x>

19. Belabess Z., Tahiri A., Lahlali R. (2025). From Symptoms to Solutions: A Deep Dive Into Potato Leaf Roll Virus Pathology. *Journal of Crop Health*, 77, 26. <https://doi.org/10.1007/s10343-024-01096-3>
20. Mishchenko L.T., Polischuk V.P., Taran O.P., Hordieichyk O.I. (2011). Virusni infektsii kartopli ta yikh perebih za umov modelovanoi mikrohravitatsii. [Potato viral infections and their course under simulated microgravity conditions]. Kyiv: Phytosociocentr, 144 s. (in Ukrainian).
21. Shoala T. (Amaresan N., Kumar K. Eds). (2025). Potato Leafroll Virus. *Compendium of Phytopathogenic Microbes in Agro-Ecology*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-81884-4_17
22. Barker H., Smith H.G. (1999). The *Luteo viridae*.
23. Eigenbrode S.D., Ding H., Shiel P., Berger P.H. (2002). Volatiles from potato plants infected with potato leafroll virus attract and arrest the virus vector, *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae). *Proceedings. Biological sciences*, 269(1490), 455-460. <https://doi.org/10.1098/rspb.2001.1909>
24. Kononuchenko V.V. (Ed.). (2002). *Metodychni rekomendatsii shchodo provedennia doslidzhen z kartopleiu*. [Methodological recommendations for conducting research with potatoes]. Nemishaev. Instytut kartopliarstva. 183 s. (in Ukrainian).
25. Crowther J.R. (1995). *ELISA. Theory and Practice*. Hamana Press. P. 1-218.
26. Antipov I.O., Spyrydonov V.H., Melnychuk M.D. (2007). Filohenetychnyi analiz heniv kapsydneykh bilkiv ukrainskykh izoliativ virusiv kartopli. [Phylogenetic analysis of capsid protein genes of Ukrainian potato viruses isolates]. *Scientific Bulletin of the Uzhgorod University. Series «Biology»*. 20, 220-225. (in Ukrainian).
27. Bondus R.O., Kharchenko Yu.V., Riabchun, V.K., Bohuslavskiy R.L., Zadorozhna O.A., Dokukina K.I., ..., Kyrychenko S.O. (2024). *Naukovo-metodychni rekomendatsii z formuvannia navchalnykh kolektsii henetychnoho riznomanittia kartopli sektsii Tuberarium (Dun.) Buk. rodu Solanum L.* [Scientific and methodological recommendations for the formation of educational collections of genetic diversity of potatoes of the section Tuberarium (Dun.) Buk. of the genus *Solanum L.*]. Kyiv: TsP KOMPRYNT, 64 s. (in Ukrainian).
28. Byarugaba A., Mukasa S., Barekye A., Rubaihayo P. (2020). Interactive effects of Potato virus Y and Potato leafroll virus infection on potato yields in Uganda. *Open Agriculture*, 5(1), 726-739. <https://doi.org/10.1515/opag-2020-0073>
29. Islam W., Noman A., Naveed H., Alamri S.A., Hashem M., Huang Z., Chen H. (2020). Plant-insect vector-virus interactions under environmental change. *Sci Total Environ*, 701, Article 135044. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135044>

Надійшла до редакції: 01.10.2025

Прийнята до друку: 23.10.2025

Надруковано й опубліковано онлайн: грудень 2025