

ВІДГУК

офіційного опонента, на дисертаційну роботу **Кириченко Святослава Олексійовича «Ідентифікація генів стійкості до *Potyvirus yituberosi ma globodera rostochiensis* у сортів і ліній картоплі»**, представлену на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 202 Захист і карантин рослин (20 Аграрні науки та продовольство)

Актуальність теми дисертації.

Актуальність теми дисертаційного дослідження зумовлена важливістю картоплі як однієї з провідних продовольчих культур у світі та в Україні, а також суттєвими втратами врожаю, спричиненими хворобами, зокрема вірусної природи та нематоцидами. В умовах інтенсифікації сільського господарства та змін клімату зростає ризик поширення патогенів, що призводить до зниження продуктивності та якості продукції. За даними наукових досліджень, втрати врожаю картоплі від вірусних інфекцій можуть становити 20–30%, а в роки епіфітотій — перевищувати 80%, що має значний економічний вплив на галузь.

Особливу небезпеку становить Y-вірус картоплі (PVY), який останніми роками набув широкого поширення та характеризується високим рівнем генетичної мінливості. Поява нових рекомбінантних і некрогенних штамів ускладнює їх своєчасну діагностику, оскільки симптоми інфекції часто є слабо вираженими або латентними. Крім того, ефективна передача вірусу попелицями сприяє швидкому розповсюдженню хвороби в агроценозах. Важливою проблемою є також некротична кільцева плямистість бульб, що проявляється під час зберігання і суттєво знижує товарну якість продукції.

Не менш значущим є ураження картоплі золотистою картопляною цистоутворюючою нематою (*Globodera rostochiensis*), яка є карантинним об'єктом і завдає значних втрат урожаю. Комплексний характер ураження картоплі вірусами та нематодами потребує впровадження ефективних, екологічно безпечних і довготривалих заходів контролю.

Одним із найбільш перспективних напрямів є створення та впровадження стійких сортів картоплі. Використання генетично обумовленої стійкості дозволяє суттєво знизити пестицидне навантаження, підвищити врожайність і стабільність виробництва. У цьому контексті особливого значення набувають сучасні молекулярно-генетичні методи, які дають змогу швидко та точно ідентифікувати гени стійкості та прискорити селекційний процес.

Таким чином, актуальність теми дисертації полягає у необхідності комплексного дослідження генетичної стійкості картоплі до вірусних хвороб, зокрема PVY, із застосуванням сучасних молекулярних підходів, що сприятиме підвищенню ефективності селекції, збереженню врожайності та забезпеченню продовольчої безпеки.

Наукова новизна отриманих результатів.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що вперше здійснено молекулярну ідентифікацію генів стійкості до PVY (Rychc, Ryadg, Rysto) в українських зразках картоплі, зокрема сортах і селекційних лініях.

Встановлено наявність українських сортів із комбінованою стійкістю, що поєднує два гени резистентності до PVY.

Автором доведено, що відповідність між результатами ПЛР-аналізу з використанням маркера TG-689 гена H1 стійкості до золотистої картопляної цистоутворюючої нематоди та біотестуванням у селекційних лініях становить 85,7%.

Уперше на широкій вибірці сортів апробовано прямий молекулярний маркер RY1648F24/R22 для детекції гена Rychc, що забезпечує стійкість до PVY.

Автором показано високий рівень узгодженості (90%) між результатами імуноферментного аналізу (ІФА) щодо виявлення PVY та даними молекулярної ідентифікації генів екстремальної стійкості у колекції сортів картоплі.

Практичне значення отриманих результатів.

Автором розроблено інформаційну базу даних сортів і селекційних ліній картоплі за молекулярними маркерами гена стійкості H1 до золотистої картопляної цистоутворюючої нематоди та генів екстремальної стійкості Rychc, Ryadg, Rysto до PVY. Сформована база дає змогу селекціонерам ефективно добирати вихідний матеріал із високим рівнем стійкості до зазначених патогенів, що сприяє підвищенню результативності селекційних програм.

Автором впроваджено базу даних щодо стійкості сортів картоплі до PVY у практичну діяльність Устимівської дослідної станції рослинництва Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України (акт впровадження від 22.09.2025).

Результати, отримані автором, використано при розробленні методичних рекомендацій щодо формування колекцій генофонду картоплі — «Науково-методичні рекомендації з формування навчальних колекцій генетичного різноманіття картоплі секції Tuberarium (Dun.) Buk. роду *Solanum L.*». Крім того, автором здійснено реєстрацію чотирьох колекційних зразків картоплі в Національному каталозі (UM0101055, свідоцтво №2573; UM0100449, свідоцтво №2572; UM0100458, свідоцтво №2683; UM0100115, свідоцтво №2684).

Зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Дослідження проводили за ПНД 24. «Фітосанітарна безпека, захист і карантин рослин (Захист рослин)» Підпрограма 01. «Формування фітопатогенного комплексу та створення стійких сортів рослин проти хвороб» («Фітопатологія») в рамках бюджетних тем: 24.01.02.02Ф. «Розроблення еколого-біологічних основ управління популяціями паразитичних нематод в агроценозах картоплі» № ДР 0121U000093, 24.01.01.01Ф. «Генотипування сортів і ліній пшениці за маркерами генів стійкості до збудників хвороб і шкідників та інших важливих генів і пошук невідповідних асоціацій алелів» № ДР 0121U000082, та за фінансової підтримки НФДУ, № 2023.03/0244 «Механізми стійкості економічно-важливих культур до вірусних хвороб за умов воєнного стану і глобального потепління», № ДР 0125U001910.

Апробація результатів дослідження.

Дисертаційна робота апробована та результати її оприлюднено на міжнародних і всеукраїнських наукових і науково-практичних конференціях і семінарах. Основні результати досліджень опубліковано у 20 наукових праць, з

них 5 статей у фахових наукових виданнях України та 1 стаття у науковому періодичному виданні, включеному до міжнародної наукометричної бази Web of Science, 1 методичні рекомендації, 13 тез доповідей на наукових конференціях.

Повнота викладення матеріалів дисертації в опублікованих наукових працях.

Дисертаційна робота є самостійним дослідженням здобувача, проведеним упродовж 2022-2026 років. Основні результати досліджень опубліковано у 20 наукових працях, з них 5 статті в наукових фахових журналах України, та 1 статтю у науковому періодичному виданні, включеному до міжнародної наукометричної бази Web of Science, 1 методичні рекомендації, 13 тез доповідей на наукових конференціях.

Структура, обсяг дисертації, стиль викладення.

Дисертація складається з анотації, переліку умовних позначень і скорочень, вступу, 5 розділів, висновків, рекомендації виробництву, додатків і списку використаних джерел, який включає 254 найменувань, з яких 230 латиницею. Загальний обсяг дисертації складає 226 сторінок, основну частину роботи викладено на 125 сторінках. Робота ілюстрована 18 таблицями та 18 рисунками.

Наукові результати, отримані у дисертаційній роботі (окремо по розділах).

Перший розділ огляду літератури складається з шістьох підрозділів, в якому наведено необхідність дослідження українських сортів картоплі щодо їх генетичної стійкості до Y-вірусу картоплі та золотистої картопляної цистоутворюючої нематоди. В даному розділі було висвітлено актуальність дослідження та поточний стан вивчення проблеми в Україні та світі. Викладено особливості Y-вірусу картоплі та ЗКЦН як збудників хвороб, та пояснено саме проблематику вирощування картоплі та PVY. Важливість вивчення генів стійкості картоплі є особливо актуальною через складний геном цієї рослини, підвищену чутливість до патогенів та вказує на зникнення з часом ряду господарчо-цінних ознак у високопродуктивних сортів картоплі, зокрема через те, що багато таких ознак є полігенними.

Другий розділ дисертації присвячений матеріалам і методам досліджень. Для виконання завдань здобувач застосував комплекс сучасних методів. Сформовано репрезентативну вибірку сортів і селекційних ліній картоплі різного походження, що забезпечує достовірність і практичну значущість результатів.

Методична база ґрунтується на поєднанні молекулярно-генетичних підходів (ПЛР із специфічними маркерами генів стійкості), імуноферментного аналізу для виявлення вірусного навантаження та біотестування для оцінки фенотипової стійкості. Такий комплекс забезпечує точну ідентифікацію генів стійкості та перевірку їх функціональної реалізації. Оптимізовано умови ПЛР, підібрано праймери та протоколи, що гарантують надійну ампліфікацію ДНК. Використання ІФА та ЗТ-ПЛР дозволило ефективно виявляти Y-вірус картоплі

та оцінювати рівень інфікованості. Статистична обробка забезпечила об'єктивність інтерпретації даних.

Таким чином, застосований комплекс методів є науково обґрунтованим, взаємодоповнювальним і достатнім для молекулярної ідентифікації генів стійкості картоплі до вірусних і нематодних патогенів та подальшого аналізу результатів у наступних розділах дисертації.

Третій розділ дисертації присвячений результатам досліджень. Встановлено особливості поширення генів стійкості до основних збудників хвороб картоплі серед селекційного матеріалу та сортів різного походження. Виявлено високу частоту маркера гена *H1* у селекційних лініях та його значну представленість у сортах українського і закордонного походження за відсутності статистично значущих відмінностей. Підтверджено високий рівень відповідності між результатами ПЛР-аналізу та біотестування (85,7%).

Показано, що гени стійкості до *Y*-вірусу картоплі поширені нерівномірно. Зокрема, маркер гена *Ry_{che}* значно частіше трапляється у селекційних лініях порівняно із сортами, що свідчить про цілеспрямовану селекційну роботу. Водночас частота виявлення генів *Ry_{adg}* і *Ry_{sto}* у сортовому матеріалі є низькою, хоча серед селекційних зразків спостерігається тенденція до підвищення їх представленості.

Виявлено достовірні відмінності між вибірками за частотою трапляння окремих генів, зокрема для гена *Ry_{sto}*, що підкреслює генетичну неоднорідність дослідженого матеріалу. Загальна частота ідентифікації маркерів генів стійкості до *Y*-вірусу картоплі серед сортів залишається відносно низькою, що обґрунтовує необхідність подальшого залучення донорів стійкості у селекційні програми. За результатами імуноферментного аналізу встановлено інфікованість *Y*-вірусом картоплі у 28,6% досліджених зразків. Порівняння серологічних та молекулярно-генетичних даних показало високий рівень їх узгодженості (90%), що підтверджує ефективність комплексного підходу до оцінки стійкості.

Отримані результати мають важливе значення для оптимізації селекції картоплі на стійкість до нематод і вірусних хвороб та обґрунтовують доцільність використання молекулярних маркерів у практиці добору вихідного матеріалу.

Четвертий розділ дисертації присвячений обговоренню та узагальненню результатів дослідження. Узагальнення результатів досліджень та аналіз літературних джерел засвідчили, що генофонд картоплі характеризується високою частотою поширення гена стійкості *H1* до золотистої картопляної цистоутворюючої нематоди. Отримані дані узгоджуються з результатами вітчизняних і зарубіжних досліджень. Встановлено, що молекулярні маркери *TG-689* та *57R* є ефективними інструментами для ідентифікації генотипів із цим геном. Водночас у поодиноких випадках спостерігаються невідповідності між молекулярними та фенотиповими оцінками. Такі розбіжності можуть бути зумовлені рекомбінаційними процесами або особливостями генетичного фону.

Показано, що, незважаючи на широке використання гена *H1* у селекції, актуальним залишається пошук нових джерел стійкості. Це необхідно для розширення генетичної бази та забезпечення тривалої ефективності резистентності. Встановлено, що гени стійкості до *Y*-вірусу картоплі (*Ry_{che}*, *Ry_{adg}*, *Ry_{sto}*) поширені значно меншою мірою. Особливо низькою є їх частота у

сортівому матеріалі. Водночас у селекційних лініях ці гени трапляються частіше. Це свідчить про ефективність сучасних селекційних підходів.

Виявлено генотипи з поєднанням кількох генів стійкості, що мають високу селекційну цінність. Підтверджено ефективність використання молекулярних маркерів у поєднанні з серологічними методами. Такий підхід дозволяє підвищити точність оцінки стійкості до PVY. Разом із тим встановлено окремі випадки невідповідності між результатами ПЛР-аналізу та фенотиповими проявами. Це вказує на необхідність удосконалення маркерних систем.

Аналіз сучасних досліджень засвідчив зростання поширення Y-вірусу картоплі. Особливу небезпеку становлять агресивні штами вірусу. Це обумовлює необхідність посилення селекції на вірусостійкість. Отримані результати підтверджують доцільність використання молекулярно-генетичних методів. Їх застосування є ефективним для ідентифікації джерел стійкості. Встановлено перспективність їх широкого впровадження у селекційні програми. Це сприятиме створенню високопродуктивних і стійких сортів картоплі.

Дискусійні положення та зауваження до змісту та оформлення дисертації.

Під час опрацювання дисертації суттєвих зауважень щодо оформлення та змісту дисертації, які впливали б на оцінку отриманого фактологічного матеріалу, його інтерпретацію, теоретичні узагальнення та висновки немає. Виникло декілька зауважень, які не впливають на загальну позитивну оцінку роботи:

1. У роботі зафіксовано випадки розбіжностей між результатами молекулярної ідентифікації генів стійкості та даними біотестування й імуноферментного аналізу. Проте аналіз причин цих невідповідностей носить описовий характер. Доцільно було б більш ґрунтовно розглянути роль генетичного фону, епігенетичних механізмів регуляції експресії генів стійкості, а також можливий вплив рекомбінантних штамів вірусу.

2. Дослідження присвячене ідентифікації генів стійкості, у роботі недостатньо висвітлено питання генетичної варіабельності популяцій *Potyvirus yituberosi* та *Globodera rostochiensis*. Врахування структури популяцій патогенів та їх штамового складу дозволило б більш обґрунтовано інтерпретувати ефективність виявлених генів стійкості.

3. У роботі зазначається, що при використанні маркера 57R (ген стійкості до нематоди H1) спостерігалось близько 14,3% неспівпадінь між генотипом і фенотипом. Здобувачу варто пояснити, чи пов'язано це з генетичною рекомбінацією між маркером і цільовим геном, чи з впливом зовнішніх умов на прояв стійкості під час біотестування.

4. При ідентифікації гена R_{ysto} автор використовував два типи маркерів — YES3-A та YES3-B. У дисертації недостатньо чітко обґрунтовано, який саме з цих маркерів є більш діагностичним для українського селекційного матеріалу, враховуючи, що в деяких зразках вони давали суперечливі результати.

5. У розділі 4 виділено групу сортів, що мають поєднання генів R_{ychc} та R_{ysto} (наприклад, «Червона рута»). Проте в роботі відсутні дані щодо того, чи забезпечує таке поєднання генів вищий рівень стійкості порівняно з поодинокими генами, чи це є лише технологічною перевагою для стабільності

ознаки в поколіннях.

6. Дисертація зосереджена на генах стійкості, проте практичне використання цих маркерів у селекції часто обмежене негативним зчепленням з господарсько-цінними ознаками (наприклад, пізньостиглістю або низькою врожайністю, що часто характерно для диких видів-донорів *S. chacoense* або *S. stoloniferum*). Чи проводився аналіз зв'язку ідентифікованих генів із продуктивністю досліджуваних зразків?

Виявлені недоліки не знижують науково-практичної цінності представлених результатів досліджень.

Дотримання принципів академічної доброчесності.

За результатами перевірки та аналізу матеріалів дисертації Кириченка Святослава Олексійовича, не було виявлено ознак академічного плагіату, самоплагіату, фабрикації та фальсифікації даних. Подані до захисту наукові досягнення є власним напрацюванням здобувача, текст дисертації є оригінальним. Виявлені тільки окремі співпадіння з власними публікаціями, термінологією, посиланнями на літературу та загальноживаними фразами. Таким чином, фактів порушень академічної доброчесності не виявлено.

Відповідність дисертації спеціальності та галузі знань.

Дисертаційна робота Кириченка Святослава Олексійовича, повністю відповідає зазначеній спеціальності та галузі знань, а також пріоритетним напрямкам розвитку науки і техніки України.

Слід зазначити, що проведені дослідження, спрямовані на ідентифікацію генів стійкості картоплі до небезпечних фітопатогенів, мають важливе наукове і практичне значення. Їх результати сприяють підвищенню ефективності селекції на стійкість, забезпечують можливість своєчасного добору резистентних генотипів та створюють передумови для розроблення сучасних стратегій захисту картоплі. Це, у свою чергу, сприятиме збереженню врожайності, покращенню якості продукції та підвищенню стійкості агроecosистем.

Загальний висновок щодо відповідності дисертаційної роботи нормативним вимогам та рекомендації щодо атестації здобувача.

Дисертаційна робота Кириченка Святослава Олексійовича на тему: «Ідентифікація генів стійкості до *Potyvirus yituberosi* та *Globodera rostochiensis* у сортів і ліній картоплі» є самостійним, завершеним науковим дослідженням, що містить нові науково обґрунтовані результати.

За актуальністю теми, обсягом та науковим рівнем виконаного дослідження і отриманих результатів, новизною здобутих даних, їх теоретичним і практичним значенням, достовірністю висновків і положень, а також за рівнем оформлення дисертаційна робота на тему: «Ідентифікація генів стійкості до *Potyvirus yituberosi* та *Globodera rostochiensis* у сортів і ліній картоплі» повністю відповідає вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії відповідно до Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого

постановою Кабінету Міністрів України №44 від 12 січня 2022 року, а також наказу МОН України №40 від 12.01.2017 року «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації».

Автор роботи, Кириченко Святослав Олексійович, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 202 «Захист і карантин рослин» (галузь знань 20 «Аграрні науки та продовольство»).

Офіційний опонент:

завідувача лабораторії екології вірусів

та біобезпеки ім. академіка А.Л. Бойка

Інституту агроекології і

природокористування НААН України,

кандидат біологічних наук, старший дослідник



Вікторія ЦВІГУН

20.04.2026 р.

Гідний В. Цвігун

Вз. секр. ІАП НААН



Мазур С.