

УДК 631.527

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.145.2.16>

ГІБРИДИ КАРТОПЛІ ЯК ІНСТРУМЕНТ СТАЛОГО СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА: ОГЛЯД СТІЙКОСТІ ДО ФІТОПАТОГЕНІВ

Христенко А.О. – аспірант кафедри біотехнології та хімії,
Сумський національний аграрний університет
orcid.org/0009-0003-6841-8403

Картопля є однією з ключових сільськогосподарських культур, що забезпечує продовольчу безпеку мільярдів людей у світі. Однак, її виробництво постійно стикається із серйозними викликами, спричиненими ураженням різноманітними фітопатогенами, такими як фітофтороз, альтернаріоз, вірусні та бактеріальні хвороби. Ці захворювання не лише знижують врожайність та якість бульб, але й призводять до значних економічних втрат для фермерів. Метою цієї оглядової статті є аналіз та узагальнення сучасних наукових даних щодо використання гібридів картоплі як інструменту сталого сільського господарства. На основі аналізу останніх публікацій українських та закордонних вчених встановлено, що проблема захворюваності зростає, зокрема через кліматичні зміни та посилений імпорт. Дослідження показують, що новітні селекційні методики, включаючи гібридизацію та геномний дизайн, дозволяють ефективно створювати стійкі сорти. Зокрема, вітчизняні гібриди демонструють високу польову стійкість до фітопатогенів, забезпечуючи при цьому високу врожайність. Зарубіжні дослідження також підтверджують потенціал диплоїдної гібридної картоплі, яка розмножується насінням, що значно прискорює селекційний процес. Виявлено, що дикі родичі картоплі є цінними джерелами генів стійкості, які можна використовувати для створення гібридів з природним захистом. Проведений огляд підтверджує, що використання гібридів картоплі є критично важливим для забезпечення сталого сільського господарства та продовольчої безпеки в умовах зростаючих глобальних викликів, таких як зміна клімату та поширення хвороб. Сучасні дослідження показують, що вітчизняні та іноземні гібриди демонструють високу стійкість до основних фітопатогенів (фітофтороз, альтернаріоз, фузаріоз), що дозволяє зменшити залежність від хімічних засобів захисту. Зокрема, було встановлено, що міжвидові гібриди мають вищу адаптивність, а комбінування генів стійкості від різних батьківських форм забезпечує тривалу резистентність. Таким чином, впровадження стійких до хвороб гібридів є критично важливим для мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище, зниження залежності від пестицидів та забезпечення стабільності й сталого розвитку галузі. Цей підхід є ключовим елементом інтегрованої системи захисту рослин.

Ключові слова: гібриди картоплі, стійкість до хвороб, фітопатогени, стале сільське господарство, селекція, продовольча безпека, урожайність, пестициди.

Khrystenko A.O. Potato hybrids as a tool for sustainable agriculture: a review of resistance to phytopathogens

Potato is one of the key agricultural crops that ensures food security for billions of people worldwide. However, its production constantly faces serious challenges caused by various phytopathogens, such as late blight, early blight, viral, and bacterial diseases. These diseases not only reduce yield and tuber quality but also lead to significant economic losses for farmers. The purpose of this review article is to analyze and summarize current scientific data on the use of potato hybrids as a tool for sustainable agriculture. Based on the analysis of recent publications by Ukrainian and foreign scientists, it was established that the problem of diseases is growing, particularly due to climate change and increased imports. Studies show that modern breeding techniques, including hybridization and genomic design, allow for the effective creation of resistant varieties. In particular, domestic hybrids demonstrate high field resistance to phytopathogens while ensuring high yields. Foreign studies also confirm the potential of diploid hybrid potatoes that reproduce by seed, which significantly accelerates the breeding process. It was found that wild potato relatives are valuable sources of resistance genes that can be used to create hybrids

with natural protection. The review confirms that the use of potato hybrids is critical for ensuring sustainable agriculture and food security in the face of growing global challenges such as climate change and the spread of diseases. Current research shows that domestic and foreign hybrids demonstrate high resistance to major phytopathogens (late blight, alternariosis, fusarium wilt), which allows reducing dependence on chemical protection agents. In particular, it was found that interspecific hybrids have higher adaptability, and the combination of resistance genes from different parental forms provides long-term resistance. Thus, the introduction of disease-resistant hybrids is critically important for minimizing the negative impact on the environment, reducing dependence on pesticides, and ensuring the stability and sustainable development of the industry. This approach is a key element of an integrated plant protection system.

Key words: *Potato hybrids, disease resistance, phytopathogens, sustainable agriculture, breeding, food security, yield, pesticides.*

Постановка проблеми. Картопля – одна із основних культур, що найбільш часто зустрічається у продуктивній корзині населення багатьох країн світу. Таким чином, картопля є однією із культур, що забезпечує продовольчу безпеку у Світі. Загалом, виробництво картоплі зростає, досягаючи 359,1 млн. тонн, що робить її однією з ключових культур [1]. Однак, за вирощування цієї культури агрономи постійно стикаються із серйозними викликами. Зокрема, одним із головних є ураження врожаю різноманітними фітопатогенами. Головними із них є фітофтороз, альтернаріоз, а також різноманітні вірусні та бактеріальні хвороби. Ці захворювання не лише знижують врожайність та якість бульб, але й призводять до значних економічних втрат для фермерів та сільськогосподарських підприємств. Вирішенням цієї проблеми у інтенсивному сільському господарстві є практика використання пестицидів. Однак, в сучасному світі, сталі технології мають впроваджуватись більш активно. Саме тому, використання новітніх селекційних методик може допомогти у вирішенні такого надзвичайно важливого питання. Підтвердженням цієї тези є стаття [2], де зазначається, що виробництво картоплі залишається одним із найважливіших секторів сільського господарства. Автори аналізували еволюцію виробництва та торгівлі картоплею у світі за період 2012–2019 років, при цьому було наведено висновок, що, попри значні зміни в галузі, картопля посідає ключове місце у харчуванні населення планети, а Китай є світовим лідером за обсягами її виробництва. Це підтверджує, що впровадження інноваційних рішень, таких як використання гібридів, стійких до хвороб, є критично важливим для забезпечення стабільності та сталого розвитку галузі в умовах зростаючих глобальних викликів. Виробництво стійких гібридів допомагає мінімізувати вплив сільського господарства на навколишнє середовище, що відповідає сучасним екологічним вимогам та очікуванням споживачів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема захворювання культури постає доволі гостро і велика кількість дослідників не лише України, а й світу піднімали це питання. Зокрема, [3] узагальнили статистичні дані Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів та дійшли висновки, що ураження бульб картоплі з кожним роком зростає. Зокрема, найбільш часто науковці та практикуючі агрономи виявляють такі захворювання як фузаріоз, фітофтороз та альтернаріоз, що призводить до втрати врожаю, наприкінці періоду зберігання ледь не чверті всієї продукції. Результати дослідження [4], де було проведено моніторинг вірусних хвороб картоплі в різних регіонах України з 2016 по 2020 рік, вказують на те, що віруси, особливо Y- та M-віруси, широко розповсюджені в усіх зонах вирощування, незалежно від їхнього статусу виродження. Цікаво, що в зоні з найменшим інфекційним навантаженням (Закарпаття) Y-вірус був виявлений у 100% випадків, а в зоні сильного виродження поширення вірусних хвороб

становило 94–100%. Це свідчить про те, що кордони між зонами виродження практично зникли через кліматичні зміни та посилений імпорт. Така тенденція вказує на те, що для вирощування культури слід залучати сорти та гібриди іноземної селекції. Цю тезу підкріплюють результати дослідження [5], де було оцінено стійкість іноземних сортів картоплі до хвороб у Житомирській області з 2021 по 2023 рік. Виявлено, що фітофтороз є домінуючим захворюванням для всіх досліджуваних сортів, проте рівень його розвитку варіював. Загалом, всі іноземні сорти показали вищу врожайність в межах від 1,5 до 19,5% порівняно з досліджуваними вітчизняними контрольними зразками, що підтверджує перспективність для їх використання в українських ґрунтово-кліматичних умовах. Водночас, результати дослідження [6] підкреслюють, що бактеріальні м'які гнилі картоплі, спричинені родами *Pectobacterium* та *Dickeya*, є також серйозною проблемою. Основні збудники поширюються через торговельні шляхи, залишки рослин та сільськогосподарську техніку. Оскільки ефективних пестицидів для повного контролю цих хвороб не існує, головний акцент у боротьбі з ними робиться на профілактичних заходах – використанні здорового насіннєвого матеріалу та суворому фітосанітарному контролі.

Постановка завдання. Отже, метою цієї оглядової статті є аналіз та узагальнення сучасних наукових даних про використання гібридів картоплі як інструменту сталого сільського господарства через їхню стійкість до фітопатогенів. На основі аналізу останніх публікацій та досліджень встановлено, що, попри важливість картоплі для продовольчої безпеки, вона стикається зі значними викликами, спричиненими різноманітними хворобами. Тому, у статті буде висвітлено, як новітні селекційні методики та стійкі гібриди можуть допомогти зменшити залежність від хімічних препаратів, що є критично важливим для мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище та забезпечення стабільності та сталого розвитку галузі в умовах зростаючих глобальних викликів. Основою результатів дослідження [7] є підтвердження того, що зміна клімату призводить до екстремальних умов, які сприяють розповсюдженню хвороб картоплі. Науковці підкреслюють, що боротьба з цими хворобами має ґрунтуватися на інтегрованій системі захисту рослин. Зокрема, це передбачає створення та впровадження нових сортів, які поєднують високу стійкість до фітопатогенів із високою врожайністю та якісними показниками.

Виклад основного матеріалу дослідження. Не зважаючи на те, що тема сталого сільського господарства та органічного виробництва культур постала не так давно, питання стійких до фітопатогенів гібридів вчені піднімали вже давно. Зокрема, дослідження [8] оцінювало стійкість нових гібридних форм картоплі до основних хвороб в умовах України. Результати показали, що гібриди 11-177-17 та 12-166-17 мають високу польову стійкість до фітофторозу, зберігаючи її протягом трьох років. Ці ж гібриди також продемонстрували стійкість до інших поширених захворювань, таких як альтернаріоз та парша. Важливо, що, крім стійкості до хвороб, ці гібриди забезпечили високу товарну врожайність, що робить їх перспективними для впровадження у виробництво. У дослідженні Polozhenets et al. [9] було проведено аналіз стійкості гібридів картоплі до поширених грибкових та бактеріальних хвороб в умовах України. Результати показали, що гібриди 904-4, 908-1 та 909-1 мають високу польову стійкість до фітофторозу, тоді як фітопатологічний аналіз виявив їхню високу стійкість до різних видів парші та ризоктоніозу. Ці гібриди також перевершили контрольні сорти за показниками врожайності. Зокрема, вони сформували високу товарну врожайність – понад 40 т/га – що підтверджує їхній потенціал як цінного селекційного матеріалу. За результатами дослідження Fedorchuk et al. [10], проведеного в зоні Полісся України, було

встановлено, що найбільш шкодочинними хворобами картоплі є фітофтороз і альтернаріоз. Найвищий рівень поширення фітофторозу зафіксовано в Рівненській та Волинській областях, тоді як альтернаріозу – в Житомирській та Київській. Дослідження також оцінило стійкість вітчизняних сортів, виділивши ті, що мають різний ступінь стійкості до цих хвороб, що дозволяє рекомендувати виробникам вирощувати більш стійкі сорти для зменшення втрат урожаю. Зокрема, було виділено три сорти з різною стійкістю: Глазурна виявився найбільш сприйнятливим, Вердруска показав середній ступінь стійкості, а сорт Бонус був віднесений до відносно стійких. Дослідження Rysarenko et al. [11] вивчало стійкість селекційного матеріалу картоплі до альтернаріозу та фузаріозу в умовах абіотичного стресу Центрального Полісся у 2023–2024 роках. Було встановлено, що міжвидові гібриди демонструють вищий рівень стійкості та адаптивності до цих хвороб порівняно з сортами та міжсортowymi гібридами. У результаті досліджень виділено низку генотипів, що показали стабільну стійкість проти згаданих хвороб. У статті Zaviriukha et al. [12] досліджено нові гібриди картоплі селекції Львівського НАУ на стійкість до хвороб та врожайність. Деякі гібриди, зокрема 11/15-12, 11/6-15 та інші, продемонстрували високу стійкість до фітофторозу на рівні 6–8 балів, що дозволяє зменшити використання пестицидів. Окрім того, перспективні гібриди, такі як 02/65-23 та 11/2-6, показали надзвичайно високу потенційну врожайність, що сягає 40–60 т/га, підтверджуючи їх цінність для подальшої селекції. Дослідження Влоха та інших [13], в свою чергу, показало, що фітофторостійкість гібридів картоплі залежить від генетики батьківських форм. Найбільш стійкі гібриди отримують при схрещуванні сортів Карпатський та Зарево, а також Мавка та Сож.

Водночас, дослідження закордонних вчених [14] представляє важливу інновацію в сільському господарстві – виведення гібридної диплоїдної картоплі, що розмножується насінням. Завдяки використанню геномного дизайну, вченим вдалося подолати проблему шкідливих мутацій та отримати чисті, фертильні батьківські лінії, які дають однорідне та продуктивне покоління F1. Ця методика перетворює повільний процес селекції картоплі на швидкий і прогресивний. Огляд De Vries et al. [15] присвячений останнім досягненням у селекції диплоїдної гібридної картоплі. Він аналізує ключові компоненти повної програми гібридизації, зокрема розробку інбредних ліній, оцінку гібридів та їх реєстрацію. Згідно з оглядом Bradshaw [16], розведення диплоїдної гібридної картоплі дозволяє отримувати генетично однорідні сорти, які можна розмножувати справжнім насінням. Це стає можливим завдяки подоланню самонесумісності та створенню майже гомозиготних інбредних ліній, що забезпечує значні переваги для сільського господарства. Автори пов'язують фундаментальні дослідження з практичним застосуванням, визначаючи як переваги, так і проблеми, які потрібно подолати для успішного впровадження гібридної картоплі. Результати дослідження Adams et al. [17] представили генетичні компоненти складних ознак у диплоїдній гібридній картоплі. Використовуючи багатофакторний аналіз, [18] встановили, що загальна комбінаційна здатність (адитивні ефекти) має в середньому вдвічі більший вплив на врожайність, ніж специфічна комбінаційна здатність (неадитивні ефекти). Це свідчить, що значення батьківських ліній є ключовим для оцінки гібридів, а використання гетерозису (гібридної сили) буде найбільш ефективним для менш складних ознак. У наданому дослідженні було вивчено природну стійкість диких родичів картоплі до альтернаріозу (ранньої гнилі). Вчені встановили, що дикі види *S. berthaultii* та *S. commersonii* мають високу резистентність до цієї хвороби. Шляхом схрещування з культурною картоплею було підтверджено, що ця стійкість успадковується

гібридним потомством, що відкриває шлях до створення нових сортів картоплі з природним захистом, що зменшить залежність від фунгіцидів. Дослідження Faria et al. [19] зосереджене на діагностиці хвороб картоплі за допомогою гібридного підходу на основі аналізу зображень. Автори розробили модель, що поєднує архітектуру MobileNet V2 з різними рекурентними нейронними мережами (LSTM, GRU, Bidirectional LSTM) для класифікації семи типів захворювань картоплі, включаючи паршу, чорну ніжку та суху гниль. За результатами, найкращі показники точності (99%) на тестовому наборі даних продемонструвала гібридна модель MobileNet V2-GRU з використанням оптимізатора Stochastic Gradient Descent. Дослідження Sundhar et al. [20] розглядає ефективний гібридний підхід для автоматичного виявлення хвороб листя рослин на основі аналізу зображень. Автори розробили модель, яка поєднує Graph Attention Network (GAT) та Graph Convolution Network (GCN), що значно підвищило точність класифікації захворювань. Результати, зокрема для листя картоплі, показали високі показники з точністю 97,46%, що підтверджує ефективність та надійність цієї моделі для діагностики хвороб.

Висновки. Проведений огляд підтверджує, що використання гібридів картоплі є критично важливим для забезпечення сталого сільського господарства та продовольчої безпеки в умовах зростаючих глобальних викликів, таких як зміна клімату та поширення хвороб. Сучасні дослідження показують, що вітчизняні та іноземні гібриди демонструють високу стійкість до основних фітопатогенів (фітофтороз, альтернаріоз, фузаріоз), що дозволяє зменшити залежність від хімічних засобів захисту. Зокрема, було встановлено, що міжвидові гібриди мають вищу адаптивність, а комбінування генів стійкості від різних батьківських форм забезпечує тривалу резистентність. Це відкриває нові можливості для селекції, спрямованої на створення сортів, які поєднують імунітет до хвороб із високою врожайністю, що є основою для подальшого розвитку галузі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Çalışkan M. E., Yousaf M. F., Yavuz C., Zia M. A. B., Çalışkan S. History, production, current trends, and future prospects. Sn book.: Potato Production Worldwide. Elsevier. 2023. С. 1–18. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822925-5.00016-5>
2. Soare E., Chiurciu I. A. Study on the dynamics of potato production and worldwide trading during the period 2012-2019. Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development. 2021. Vol. 4. № 21. p. 527–532.
3. Бородай В. В., Парфенюк А. І. The prevalence and development of the main potato diseases in Ukraine. Agroecological journal. 2018. Вип. 4. С. 82–87. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2018.161774>
4. Volkova I. V., Reshotko L. M., Dmytruk O. O. Spread of potato viral disease pathogens in culture cultivation zones. Agricultural microbiology. 2021. Vol. 32. p. 67–73. <https://doi.org/10.35868/1997-3004.32.67-73>
5. Плотницька Н. М., Гурманчук О. В., Невмержицька О. М., Харчишин Т. Г., Король А. М. Розвиток основних хвороб картоплі залежно від сортових особливостей. Podilian Bulletin Agriculture Engineering Economics. 2023. Вип. 3. № 40. С. 53–59. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-3.8>
6. Kolomyets Yu., Butsenko L. Potentially dangerous causes of bacterial diseases of potatoes in Ukraine. Biological Systems: Theory and Innovation. 2023. Вип. 1-2. № 14. [https://doi.org/10.31548/biologiya14\(1-2\).2023.002](https://doi.org/10.31548/biologiya14(1-2).2023.002)
7. Pavlov A., Ilchuk R., Vavrynovych O., Rudavska N. Resistance of potato hybrids against diseases in combination with economically valuable indicators. Agroscience and Practice. 2024. Vol. 2. № 3. p. 24–30. [https://doi.org/10.32636/agroscience.2024-\(3\)-2-4](https://doi.org/10.32636/agroscience.2024-(3)-2-4)

8. Недільська У. І., Ільчук Р. В., Хоміна В. Я. Оцінка міжвидових гібридів картоплі за проявом агрономічних ознак та стійкістю проти хвороб. Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету. 2010. Вип. 18. С. 41–46.
9. Polozhenets V., Nemerytska L., Zhuravska I. Evaluation of potato varieties and hybrids on the resistance against black scab under conditions of Ukraine's Polissia. *Karantin i zahist roslin*. 2021. Vol. 4. p. 15–18. <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2021.4.15-18>
10. Fedorchuk S. V., Tsurkan R. P., Lisovyy M. M. Фітофтороз і альтернаріоз картоплі в умовах Полісся України. *Scientific Bulletin of UNFU*. 2024. Vol. 6. № 34. p. 8–12. <https://doi.org/10.36930/40340601>
11. Pysarenko N. V., Zakharchuk N. A., Hordiienko V. V. Resistance of potato genotypes to phytopathogenic micromycetes (*Alternaria*, *Fusarium*) under abiotic stress of Central Polissia. *Advanced Agritechnologies*. 2025. Vol. 1. № 13. <https://doi.org/10.47414/na.13.1.2025.332062>
12. Zaviriukha P., Nezhyvyi Z., Konovaliuk M. Results of creation of resistant to late blight forms of potato with other valuable economic properties. *Visnik L'viv's'kogo nacional'nogo agrarnogo universitetu. Agronomiâ*. 2019. Vol. 23. p. 137–142. <https://doi.org/10.31734/agronomy2019.01.137>
13. Влох В., Дудар І., Литвин О., Бомба М., Дудар О. Польова стійкість гібридів картоплі проти фітофторозу залежно від поєднання батьківських компонентів. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Агрономія*. 2016. Вип. 20. С. 107–111.
14. Zhang C., Yang Z., Tang D., Zhu Y., Wang P., Li D., Zhu G., Xiong X., Shang Y., Li C., Huang S. Genome design of hybrid potato. *Cell*. 2021. Vol. 15. № 184. p. 3873–3883.e12. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2021.06.006>
15. De Vries M. E., Adams J. R., Eggers E., Ying S., Stockem J. E., Kacheyo O. C., Van Dijk L. C. M., Khera P., Bachem C. W., Lindhout P., Van Der Vossen E. A. G. Converting Hybrid Potato Breeding Science into Practice. *Plants*. 2023. Vol. 2. № 12. p. 230. <https://doi.org/10.3390/plants12020230>
16. Bradshaw J. E. Breeding Diploid F1 Hybrid Potatoes for Propagation from Botanical Seed (TPS): Comparisons with Theory and Other Crops. *Plants*. 2022. Vol. 9. № 11. p. 1121. <https://doi.org/10.3390/plants11091121>
17. Adams J. R., De Vries M. E., Zheng C., Van Eeuwijk F. A. Little heterosis found in diploid hybrid potato: The genetic underpinnings of a new hybrid crop. *G3 Genes|Genomes|Genetics*. 2022. Vol. 6. № 12. p. jkac076. <https://doi.org/10.1093/g3journal/jkac076>
18. Wolters P. J., Wouters D., Kromhout E. J., Huigen D. J., Visser R. G. F., Vleeshouwers V. G. A. A. Qualitative and Quantitative Resistance against Early Blight Introgressed in Potato. *Biology*. 2021. Vol. 9. № 10. p. 892. <https://doi.org/10.3390/biology10090892>
19. Faria F. T. J., Bin Moin M., Al Wase A., Sani Md. R., Hasib K. M., Alam M. S. Classification of Potato Disease with Digital Image Processing Technique: A Hybrid Deep Learning Framework. 2023 IEEE 13th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC). 2023. p. 0820–0826. <https://doi.org/10.1109/CCWC57344.2023.10099162>
20. Sundhar S., Sharma R., Maheshwari P., Kumar S. R., Kumar T. S. Enhancing leaf disease classification using GAT-GCN hybrid model. *Frontiers in Plant Science*. 2025. Вип. 16. p. 1569821. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1569821>

Дата першого надходження рукопису до видання: 09.09.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 23.10.2025

Дата публікації: 05.12.2025