



УДК 633.491:632.4:551.58(477.41)
DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.16.2026.24>

ВПЛИВ МІЖРІЧНОЇ ТА ДЕКАДНОЇ МІНЛИВОСТІ АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ НА РОЗВИТОК АЛЬТЕРНАРІОЗУ КАРТОПЛІ В УМОВАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

Н. В. Писаренко¹, М. М. Фурдига², Н. А. Захарчук³, Т. М. Олійник⁴

Трирічні польові дослідження (2023–2025 рр.), проведені на дерново-підзолистих піщаних ґрунтах Поліського дослідного відділення Інституту картоплярства НААН, засвідчили кумулятивний характер впливу агрометеорологічних чинників на розвиток альтернаріозу картоплі. Для аналізу погодних умов використано дані глобального реаналізу NASA POWER (MERRA-2), що дозволило оцінити середньодекадну динаміку температури повітря і ґрунту, вологості ґрунту (GWETTOP), сумарної сонячної радіації, швидкості вітру та кількості опадів у синхронізації з фітопатологічними обліками у фіксовані фенофази (60–105-та доба від садіння). Досліджено сорти та гібриди картоплі ранньої, середньоранньої та середньостиглої груп стиглості. Оцінку ураження альтернаріозом проводили за 9-бальною шкалою в умовах природного розвитку хвороби у польовій сівозміні селекційних розсадників без застосування фунгіцидів. Встановлено закономірне зниження балової оцінки стійкості від I до IV фітопатологічного обліку, що відображає кумулятивний характер впливу агрометеорологічних чинників упродовж вегетації, найбільш виражений у ранньостиглих форм (67,1 %). Міжрічна варіабельність показників зростала до 14,8–19,0 % у другій половині вегетації, що свідчить про посилення модифікуючої ролі погодних чинників. Екстремальні агрометеорологічні умови 2024 року зумовили мінімальні показники стійкості

¹ кандидат сільськогосподарських наук,
завідувач лабораторії селекції і насінництва картоплі
(Поліське дослідне відділення Інститут картоплярства НААН України,
м. Малин, Житомирська обл.)
e-mail: pisarenkonatalia1978@gmail.com
ORCID: 0000-0001-6299-2170

² кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, директор
(Інститут картоплярства НААН України, м. Буча, Київська обл.)
e-mail: furdiga-m@meta.ua
ORCID: 0000-0002-9398-0487

³ кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, вчений секретар
(Інститут картоплярства НААН України, м. Буча, Київська обл.)
e-mail: vs_potato@meta.ua
ORCID: 0000-0002-8194-2491

⁴ кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, доцент,
заступник директора з наукової роботи
(Інститут картоплярства НААН України, м. Буча, Київська обл.)
e-mail: oliyniktm@gmail.com
ORCID: 0000-0002-7235-9413

у всіх групах стійкості. Кореляційний аналіз виявив статистично значущий негативний зв'язок балів стійкості з кумулятивною сонячною радіацією та температурними показниками, тоді як вологість ґрунту GWETTOP виконувала компенсаторну роль. Індекс сприятливості альтернативності (ISA) не продемонстрував прогностичної інформативності в умовах посушливого вегетаційного періоду. Обґрунтовано оптимальні строки селекційної оцінки та можливість добору адаптивних генотипів на природному інфекційному фоні з урахуванням змін клімату.

Ключові слова: *Solanum tuberosum* L., *Alternaria* spp., агрометеорологічні умови, дані реаналізу NASA POWER, кумулятивні показники, індекс сприятливості альтернативності (ISA), міжрічна мінливість, стійкість селекційного матеріалу.

INFLUENCE OF INTERANNUAL AND DECADEAL VARIABILITY OF AGROMETEOROLOGICAL FACTORS ON THE DEVELOPMENT OF POTATO EARLY BLIGHT UNDER THE CONDITIONS OF THE CENTRAL POLISSIA OF UKRAINE

N. V. Pysarenko, M. M. Furdyha, N. A. Zakharchuk, T. M. Oliinyk

Three-year field experiments (2023 – 2025) conducted on sod-podzolic sandy soils at the Polissia Research Department of the Institute for Potato Research, NAAS of Ukraine demonstrated the cumulative nature of the influence of agrometeorological factors on the development of potato early blight. Weather conditions were analysed using data from the NASA POWER global reanalysis (MERRA-2), which enabled assessment of ten-day average air and soil temperature, soil moisture (GWETTOP), cumulative solar radiation, wind speed, and precipitation, synchronized with phytopathological assessments conducted at fixed phenological stages (60–105 days after planting). Potato varieties and hybrids representing early-, middle-early-, and mid-season maturity groups were evaluated. Early blight severity was assessed using a 9-point scale under the conditions of natural disease development in a field crop rotation of breeding nurseries without fungicide application. A consistent decline in resistance scores from the first to the fourth phytopathological assessment was recorded, reflecting the cumulative impact of agrometeorological factors throughout the growing season, most pronounced in early-ripening genotypes (67.1%). Interannual variability increased to 14.8 – 19.0% during the second half of the growing season, indicating an enhanced modifying role of weather conditions. Extreme agrometeorological conditions in 2024 resulted in the lowest resistance levels across all maturity groups. Correlation analysis revealed a statistically significant negative relationship between resistance scores and cumulative solar radiation and temperature indices, whereas soil moisture GWETTOP exhibited a compensatory effect. The Early Blight Suitability Index (EBSI), did not demonstrate sufficient predictive value under drought-prone growing season conditions. Optimal timeframes for breeding evaluation and the feasibility of selecting adaptive genotypes under natural infection pressure, considering ongoing climate change, were substantiated.

Key words: *Solanum tuberosum* L., *Alternaria* spp., agrometeorological conditions, NASA POWER reanalysis data, cumulative indicators, early blight suitability index (EBSI), interannual variability, resistance of breeding material.

Вступ

Альтернативний картоплі, спричинений некротрофними грибами роду *Alternaria*, залишається одним із найбільш поширених і стабільно шкідливих листкових хвороб у зоні Полісся України (Плотницька та ін., 2023; Федорчук та ін., 2024). Інтенсифікація епіфітотійного розвитку хвороби на фоні кліматичних змін призводить до економічних втрат врожаю на рівні 30–50 % за відсутності фунгіцидного захисту (Chaudhary et al., 2021; Гаврилюк і Рожок, 2023). В умовах дерново-підзолистих піщаних ґрунтів, що характеризуються низькою вологоутримувальною здатністю, розвиток хвороби

значною мірою модифікується погодними чинниками, насамперед температурним режимом, інсоляцією та вологозабезпеченням ґрунту.

Для селекційної практики це ускладнює інтерпретацію результатів польової оцінки, оскільки рівень прояву альтернативності формується не лише генетичними особливостями матеріалу, а й кумулятивним впливом агрометеорологічних умов упродовж вегетаційного періоду. Традиційна селекційна оцінка стійкості картоплі до альтернативності в Україні переважно базується на локальних метеорологічних спостереженнях або узагальненій характеристиці погодних умов

року, що обмежує можливість кількісного аналізу міжрічної мінливості та ускладнює порівняння результатів між роками і групами стиглості (Тактаєв і Подберезко, 2020; Писаренко та ін., 2025). У цьому контексті встановлення кількісних закономірностей впливу агрометеорологічних чинників на розвиток альтернاریозу є необхідною передумовою для оптимізації селекційних програм і систем інтегрованого захисту рослин.

Сучасні дослідження альтернاریозу картоплі фокусуються на трьох основних напрямках: ідентифікації видового складу збудників та їх патогенних властивостей, розробці систем прогнозування епіфітотій на основі метеорологічних даних, створенні стійких сортів методами класичної та молекулярної селекції. Видовий склад збудників альтернاریозу картоплі характеризується значною варіабельністю залежно від географічного регіону. У більшості країн Європи та Північної Америки домінує *Alternaria solani*, тоді як у регіонах із вираженим континентальним кліматом зростає частка *A. alternata* (Abuley et al., 2018; Ding et al., 2018; Li et al., 2024; Park et al., 2024). Дослідження останніх років засвідчили формування комплексних популяцій патогену з різною агресивністю та чутливістю до фунгіцидів (Schmey et al., 2024).

Прогнозування епіфітотійного розвитку альтернاریозу базується переважно на використанні метеорологічних індексів, розроблених для біотрофних патогенів. Широке застосування набули системи FAST (Forecasting *Alternaria solani* on Tomatoes) та Tom-Cast, які враховують тривалість зволоження листкової поверхні та температурний режим (Abuley & Nielsen, 2017; Meno et al., 2020). Проте ефективність цих моделей для некротрофних патогенів за умов водного дефіциту залишається обмеженою, що зумовлює необхідність адаптації прогностичних систем до регіональних агрокліматичних умов.

Селекція картоплі на стійкість до альтернاریозу ускладнюється полігенним характером резистентності та відсутністю високо-ефективних R-генів вертикальної стійкості (Abuley et al., 2018; Xue et al., 2019; Odilbekov et al., 2020). Сучасні селекційні програми орієнтовані на створення генотипів із комплексною стійкістю, яка поєднує анатомо-морфологічні бар'єри та біохімічні механізми захисту (Alizadeh-Moghaddam et al., 2024). Перспективним напрямом є використання маркер-асоційованої селекції (MAS)

на основі SNP-маркерів, зчеплених із QTL стійкості до альтернاریозу (Odilbekov et al., 2020; Xue et al., 2022).

Водночас реалізація потенціалу кількісної стійкості значною мірою визначається умовами середовища, насамперед гідротермічним режимом та динамікою вологості листкової поверхні впродовж вегетації. Більшість фітопатологічних досліджень ґрунтується на аналізі окремих погодних показників у момент обліку або на використанні даних локальних метеостанцій, що не відображає кумулятивного характеру впливу агрометеорологічних чинників на розвиток некротрофних патогенів. Останніми роками показано, що дані глобальних кліматичних реаналізів і супутникових продуктів (ERA5, NASA POWER) можуть бути ефективно використані для реконструкції тривалості листкової вологості, температурних та радіаційних умов, які є ключовими драйверами розвитку грибних хвороб рослин (Asadi & Tian, 2021; Madden, 2025). Проте інтеграція таких даних у регіональні моделі фітопатологічного моніторингу та селекційної оцінки залишається обмеженою, незважаючи на їх доступність і часову безперервність.

Виділення невирішених частин проблеми. Попри значний обсяг досліджень, недостатньо вивченими залишаються закономірності впливу кумулятивних агрометеорологічних показників (сумарної сонячної радіації, середньої вологості ґрунту, кумулятивної температури) на динаміку стійкості селекційного матеріалу картоплі різних груп стиглості впродовж вегетації. Відсутні кількісні дані щодо сили зв'язку окремих погодних чинників із бальною оцінкою стійкості для умов дерново-підзолистих піщаних ґрунтів Центрального Полісся України. Не апробовано прогностичну цінність існуючих індексів сприятливості альтернاریозу, як некротрофного патогена, за умов водного дефіциту, характерного для піщаних ґрунтів регіону. Не встановлено критичні періоди вегетації, у які диференціація генотипів за рівнем стійкості є максимальною, що необхідно для оптимізації строків селекційної оцінки.

Метою досліджень було встановити кількісні закономірності впливу кумулятивних агрометеорологічних чинників на розвиток альтернاریозу та стійкість селекційного матеріалу картоплі в умовах Центрального Полісся України на основі даних глобального реаналізу NASA POWER за контрастних погодних умов 2023–2025 рр.

Завдання дослідження: 1. Оцінити інформативність даних глобального реаналізу NASA POWER для регіонального аналізу агрометеорологічних умов вегетаційного періоду картоплі в Поліссі України. 2. Визначити динаміку бальної оцінки стійкості селекційного матеріалу різних груп стиглості (ранньої, середньоранньої, середньостиглої) до альтернативності у фіксовані фенофази вегетації (60–105-та доба від садіння). 3. Кількісно встановити кореляційні зв'язки між кумулятивними показниками температурного режиму, вологозабезпечення ґрунту, сонячної радіації та рівнем ураженості генотипів картоплі. 4. Апробувати індекс сприятливості альтернативності (ISA) для оцінки його прогностичної придатності в умовах піщаних ґрунтів Центрального Полісся.

Матеріал і методи

Дослідження впливу агрометеорологічних умов на розвиток альтернативності картоплі проводили у 2023–2025 рр. у польовій сівозміні Поліського дослідного відділення Інституту картоплярства НААН (Житомирське Полісся) на природному інфекційному фоні. Об'єктом дослідження був агроценоз картоплі, представлений сортами та перспективними гібридами різних груп стиглості, створеними в Поліському дослідному відділенні та Інституті картоплярства НААН. Перелік досліджуваних генотипів за роками наведено нижче.

2023 р.

– ранньостигла група: сорти – Тирас, Радомисль, Взірець, Слаута; гібриди – П.17.19-12, П.14.3/5, П.17.24-26, П.17.38/4, П.17.19-26, П.17.12/16, П.17.44-1, П.17.8-28, 3.16.50-16, П.16.16-9, П.17.9-5, Г.10.20/1;

– середньоранні: сорти – Межирічка 11, Опілля, Партнер; гібриди – 3.16.40/2, П.17.38/16, П.13.52-11, П.15.56-10, П.18.87/2, 3.14.73/9, П.15.43-7, П.17.20-13, П.17.24/50, П.17.28-2, П.17.20-13, П.17.20-30, П.17.29/21, П.17.13/7, П.15.5/27, П.19.53/6, П.16.28-7, Г.10.6/23, Г.08.194/119;

– середньостиглі: сорти – Базалія, Чарунка, Іванківська рання, Летана, Дивина, Житниця, Серпанок, Мирослава; гібриди – Г.11.23/12, Г.13.37с⁵, Г.10.6/7, Г.12.99/5, Г.10.9/8, 3.16.59-10, П.17.18/9, П.17.21/36, П.17.39/22, П.17.34/8, П.17.2/5, П.17.38-56, П.18.78/1, П.17.1-4, П.17.19-21, П.17.4/13, П.17.30-3, П.17.43/1, П.18.51/3, П.18.75/30, 3.15.96/4, П.18.87/4, 3.14.64-2.

2024 р.

– ранньостигла група: сорти – Тирас, Радомисль, Взірець, Слаута; гібриди – Г.10.20/1, П.17.20-30, П.19.15/41, П.19.18/5, П.19.19/3, П.19.20/14, П.19.48/2, П.19.12/10, П.19.47/25, П.19.15/13, П.18.42-10, 3.16.50-16, П.17.24-26, П.17.38/4, П.17.44-1, П.16.16-9, П.17.19-26, П.17.20-3, П.19.15/16, П.17.12/16, П.17.9-5, П.17.8-28;

– середньорання група: сорти – Межирічка 11, Опілля, Партнер, Фанатка, Авангард, Світана; гібриди – Г.08.194/119, Г.10.6/23, П.15.5/27, П.17.29/21, П.15.56-10, П.19.14/1, П.19.18/11, П.19.23/7, П.19.27/5, П.19.33/2, П.19.39/1, 3.16.40/2, П.17.38/16, П.18.87/2, П.17.20-13, П.17.28-2, П.19.15/18, П.17.13/7;

– середньостигла група: сорти – Роставиця, Базалія, Предслава, Іванківська рання, Летана, Дивина, Житниця, Серпанок, Мирослава; гібриди – Г.13.37с⁵, Г.10.6/7, Г.12.99/5, 3.14.64-2, П.18.51/3, П.17.30-3, П.18.78/1, П.17.34/8, 3.16.59-10, П.17.39/22, 3.15.96/4, П.17.1-4, П.17.24/50, П.17.4/13, П.17.43/1, П.17.19-21, П.17.21/36, П.17.2/5, П.17.18/9, П.18.75/30, П.17.38-56, П.18.87/4.

2025 р.

– ранньостигла група: сорти – Тирас, Радомисль, Взірець, Слаута; гібриди – П.19.20/14, П.19.47/25, П.19.15/13, П.18.42-10, П.17.24-26, П.17.44-1, П.16.16-9, П.17.20-3, П.19.15/16, П.19.27/5, П.18.75-5, П.19.68/15, П.19.23/7, П.19.18/11, 3.19.60/4, П.19.18/5, П.19.19/3, П.19.15/43, П.19.48/2, П.19.12/10;

– середньорання група: сорти – Межирічка 11, Опілля, Партнер, Фанатка, Авангард, Світана, Вигода; гібриди – П.15.5/27, П.17.29/21, П.15.56-10, П.17.19-26, П.17.1-4, П.19.70/21, П.19.47/37, 3.19.54/3, П.18.76-10, П.19.30/5, П.19.39/1, 3.16.40/2, П.17.38/16, П.18.87/2, П.17.20-13, П.17.13/7, П.19.15/18;

– середньостигла група: сорти – Роставиця, Базалія, Чарунка, Сонцедар, Предслава, Іванківська рання, Летана, Сингаївка, Джавеліна, Житниця, Серпанок, Мирослава; гібриди – П.19.74/2, Г.10.6/23, П.19.32/13, П.18.83-19, П.19.53/5, П.19.26/15, П.18.51/3, П.17.30-3, П.18.78/1, П.17.34/8, 3.16.59-10, П.17.39/22.

До ранньої групи належали генотипи з тривалістю вегетаційного періоду 92–102 доби,

до середньоранньої – 103–113, до середньо-стиглої – 114–124 діб. Розподіл генотипів за групами стиглості визначали щорічно за фактичною тривалістю вегетаційного періоду в умовах досліджень, що могло зумовлювати віднесення окремих генотипів до різних груп стиглості в різні роки. Кількісний склад селекційного матеріалу змінювався залежно від року досліджень, що зумовлено специфікою селекційного процесу (щорічний добір перспективних форм і вибраковування малоприспосадованих генотипів). Окремі генотипи досліджували протягом кількох років, що дозволило оцінити стабільність їх реакції на агрометеорологічні умови.

Ґрунтовий покрив дослідного поля представлений дерново-підзолистими піщаними ґрунтами, типовими для Центрального Полісся України. Гранулометричний склад характеризувався переважанням піщаної фракції (93–96 %) за низького вмісту глини (5,0–6,4 %). Вміст гумусу не перевищував 0,8 %, ємність катіонного обміну становила 2,0–3,0 мг-екв/100 г ґрунту, гідролітична кислотність – 1,0–2,5 мг-екв/100 г. Реакція ґрунтового розчину кисла (рН сольової витяжки 4,0–4,6).

Садіння проводили за схемою 70×30 см, що відповідало густоті стояння рослин близько 47,6 тис. рослин/га. Кожний генотип вирощували на окремій дворядковій обліковій ділянці площею 6,5 м². Дослід закладали у трикратній повторності, ділянки розміщували послідовно. Фітопатологічні обліки розвитку альтернативіозу проводили на ділянках із найбільш вирівняним проявом інфекційного процесу, що забезпечувало коректність порівняння генотипів за рівнем ураження в умовах природного інфекційного фону, з урахуванням просторової неоднорідності поширення хвороб у польових агроценозах (Madden & Hughes, 1999; Robertson, 2008). Вирощування картоплі здійснювали відповідно до загальноприйнятої технології для зони Полісся України згідно з рекомендаціями Інституту картоплярства НААН (Картоплярство: методика дослідної справи, 2019). З метою об'єктивної оцінки розвитку альтернативіозу фунгіцидні обробки впродовж періоду фітопатологічних обліків (від бутонізації до масового формування врожаю) не проводили. Фітопатологічні обліки ураження рослин картоплі грибами роду *Alternaria* spp. розпочинали у фазі бутонізації; наступні обліки проводили з інтервалом 10–15 (до 20) діб. Інтенсивність розвитку хвороби оцінювали за площею ураженої

листової поверхні з використанням 9-бальної шкали: 9 балів – дуже висока стійкість (<5 % ураження), 8 – висока (5–10 %), 7–6 – стійкі (11–30 %), 5–4 – середня (31–50 %), 3–2 – слабостійкі (51–75 %), 1 бал – низька стійкість (>75 %) (Трибель та ін., 2013). Бальна система забезпечувала інтегральну оцінку стійкості та дозволяла коректно аналізувати динаміку розвитку альтернативіозу без переведення показників у відсоткову форму. Обліки проводили у фіксовані фенофази розвитку рослин, синхронізовані з кількістю діб від садіння (60–105-та доба), що відповідає критичним періодам розвитку альтернативіозу картоплі. Такий підхід забезпечував відтворюваність результатів за роками досліджень незалежно від відмінностей календарних строків вегетації. Агрометеорологічні показники для вегетаційних періодів 2023–2025 рр. отримували з бази даних NASA POWER Project, сформованої на основі глобального реаналізу MERRA-2 з просторовою роздільністю 0,5° × 0,625°. Дані екстрагували для координат 50,8° пн. ш., 29,2° сх. д. (с. Федорівка, Коростенський район, Житомирська область). Для аналізу використовували середньодекадні значення температури повітря та ґрунту (°C), кількості опадів (мм), відносної вологості повітря (%), вологості ґрунту (GWETTOP), сумарної сонячної радіації (MJ·m⁻²·day⁻¹) та швидкості вітру на висоті 2 м (WS2M, м·с⁻¹), синхронізовані з датами проведення фітопатологічних обліків. Для інтерпретації впливу окремих агрометеорологічних чинників застосовували порогові інтервали їх значень. Вологість ґрунту (GWETTOP) класифікували як критично низьку (0,00–0,20), недостатню (0,21–0,40), оптимальну (0,41–0,70) та надмірну (0,71–1,00). Швидкість вітру розглядали як чинник механічного перенесення конідій *Alternaria* spp., ефективний у межах 2,0–3,5 м·с⁻¹. Сумарну сонячну радіацію інтерпретували за градаціями інсоляції від низької (<12 MJ·m⁻²·day⁻¹) до екстремально високої (>28 MJ·m⁻²·day⁻¹).

Слід зазначити, що агрометеорологічні дані NASA POWER мають модельний характер і відображають усереднені значення в межах просторової комірки реаналізу, що може зумовлювати відмінності порівняно з локальними наземними спостереженнями, особливо щодо короткочасних опадів. У зв'язку з цим зазначені дані використовували для регіонального аналізу та інтерпретації впливу погодних умов на розвиток альтернативіозу.

Для інтегральної оцінки погодної сприятливості розвитку альтернаріозу було апробовано узагальнений індекс сприятливості (ISA), що поєднує кумулятивні показники опадів, вологості ґрунту та температурного режиму. Формула індексу має евристичний характер і була використана як експериментальний інтегральний показник для перевірки можливості узагальнення агрометеорологічних умов у вигляді єдиного числового параметра. Основною метою було оцінити його потенційну прогностичну придатність для умов піщаних ґрунтів Центрального Полісся. Індекс сприятливості розвитку альтернаріозу (ISA – Index of Suitability for *Alternaria*) розраховували за формулою:

$$ISA = \left(\frac{\sum \text{Oпадів}}{50} \right) \times (\overline{M} \text{ GWETTOP} \times 100) \times k_{\text{temp}}$$

де \sum Опадів – кумулятивна сума опадів (мм), \overline{M} GWETTOP – середня вологість ґрунту, k_{temp} – температурний коефіцієнт (0,5 при $T < 18^\circ\text{C}$; 1,0 при $18\text{--}28^\circ\text{C}$; 0,3 при $T > 28^\circ\text{C}$). Усі показники розраховували від початку вегетації до моменту обліку.

Статистичний аналіз виконували за допомогою описової статистики та аналізу динаміки показників у часі, з урахуванням особливостей польових оцінок на облікових ділянках кожного генотипу. Для узагальнення результатів визначали середні значення (\overline{M}), стандартне відхилення (SD) та коефіцієнт варіації (CV). Достовірність змін бальної оцінки стійкості між послідовними обліками в межах однієї групи стиглості оцінювали за допомогою непараметричного критерію Фрідмана для пов'язаних вибірок з порядковою шкалою вимірювання. Взаємозв'язки між агрометеорологічними показниками та балами стійкості аналізували з використанням коефіцієнта рангової кореляції Спірмена, що зумовлено ординальним характером 9-бальної шкали, відсутністю вимог до нормальності розподілу та обмеженим обсягом вибірки ($n = 12$). Міжгрупові відмінності за рівнем стійкості за IV обліку оцінювали шляхом порівняння середніх значень із подальшим групуванням за рівнем статистичної значущості при $p < 0,05$.

Результати

Агрометеорологічні умови вегетаційних періодів 2023–2025 рр. та їх роль у розвитку альтернаріозу. Агрометеорологічні умови вегетаційних періодів 2023–2025 рр. істотно різнилися за рівнем теплозабезпечення, вологозабезпечення та інсоляції, що сформувало контрастні абіотичні фони для

розвитку альтернаріозу картоплі та дозволило оцінити реакцію селекційного матеріалу в різних умовах вирощування. Повний масив декадних агрометеорологічних показників, використаних у подальшому аналізі, наведено в табл. 1.

2023 рік характеризувався відносно помірним температурним режимом упродовж критичних фаз розвитку культури (середньодекадна температура повітря $20,8\text{--}23,8^\circ\text{C}$ у липні–серпні) за достатнього, але нестабільного зволоження. У період першого та другого фітопатологічних обліків кількість опадів становила $18,5\text{--}48,2$ мм, а вологість ґрунту (GWETTOP) перебувала в межах $0,36\text{--}0,45$, що відповідало умовам помірного водного стресу. У серпні спостерігали різке зниження кількості опадів і вологості ґрунту до $0,22\text{--}0,31$, яке в поєднанні з достатнім рівнем інсоляції ($20,8\text{--}21,5 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$) сприяло посиленню прояву симптомів альтернаріозу на фоні фізіологічного ослаблення рослин.

2024 рік відзначався найбільш екстремальними абіотичними умовами серед років досліджень, що дозволило розглянути його як модель високого абіотичного навантаження на рослини картоплі. У період основних фітопатологічних обліків (II–III декади липня) зафіксовано поєднання високих температур повітря ($25,4\text{--}28,5^\circ\text{C}$) і ґрунту ($27,4\text{--}31,2^\circ\text{C}$), мінімальної кількості опадів ($0\text{--}12,4$ мм) та критично низької вологості ґрунту (GWETTOP $0,09\text{--}0,14$). Одночасно рівень сумарної сонячної радіації сягав $29,1 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$, а швидкість вітру перевищувала $3,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, що створювало умови для інтенсивного висушування листкового апарату і механічного перенесення конідій. Сукупність зазначених чинників зумовила різке зниження адаптивної здатності рослин картоплі та найвищу інтенсивність розвитку альтернаріозу в усіх групах стиглості.

2025 рік характеризувався найбільш збалансованими агрометеорологічними умовами серед років досліджень. Упродовж червня–липня кількість опадів була вищою порівняно з попередніми роками ($28,4\text{--}45,1$ мм у червні та до $40,2$ мм у липні), а вологість ґрунту в період обліків перебувала в межах $0,35\text{--}0,44$, що відповідало недостатньому, проте близькому до оптимального рівня зволоження. Температурний режим був помірним ($21,5\text{--}22,8^\circ\text{C}$ у липні), а рівень інсоляції – середнім ($19,5\text{--}25,8 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$). За таких умов розвиток аль-

Таблиця 1

Агrometeorологічні умови вегетаційних періодів картоплі у 2023–2025 рр.
(за даними NASA POWER Project, реаналіз MERRA-2)

Місяць	Декади	Т-повітря, °С	Т-грунту, °С	Опади, мм	Вологість повітря, %	Вологість ґрунту, GWETTOR	Сонячна радіація, MJ·m ⁻² ·day ⁻¹	Швидкість вітру (WS2M), м/с
2023								
Червень	I	17,1	18,2	14,2	64	0,52	24,5	2,4
	II	19,5	20,1	28,4	68	0,48	21,8	2,6
	III	20,2	21,8	12,1	65	0,41	25,2	2,3
Липень	I	20,8	22,4	35,0	64	0,38	22,4	2,1
	II*	21,5	23,6	48,2	69	0,45	19,8	2,5
	III**	22,4	24,1	18,5	61	0,36	23,1	2,2
Серпень	I***	22,1	23,8	5,4	59	0,31	21,5	2,0
	II****	23,8	25,4	2,1	55	0,25	20,8	2,4
	III	21,5	23,2	15,6	63	0,22	18,5	2,1
Вересень	I	18,2	19,5	4,8	66	0,19	16,2	2,3
2024								
Червень	I	19,8	21,4	18,5	62	0,44	25,8	2,8
	II	20,5	22,6	10,2	60	0,35	26,1	2,5
	III	22,4	24,8	4,1	57	0,28	27,5	2,7
Липень	I	24,1	26,5	2,5	52	0,18	28,2	2,6
	II*	28,5	31,2	0,0	47	0,09	29,1	3,2
	III**	25,4	27,4	12,4	54	0,14	24,5	2,8
Серпень	I***	23,8	25,1	8,2	53	0,16	23,8	2,5
	II****	27,2	29,8	0,8	48	0,11	25,2	3,4
	III	24,5	26,3	5,6	56	0,13	21,4	2,7
Вересень	I	20,1	22,1	3,2	58	0,15	18,8	2,6
2025								
Червень	I	16,8	17,9	32,4	66	0,46	20,5	2,6
	II	18,2	19,4	45,1	72	0,52	18,2	3,1
	III	19,5	20,8	18,2	66	0,42	23,4	2,4
Липень	I*	22,8	24,1	12,5	58	0,35	25,8	2,2
	II**	22,1	23,4	28,4	63	0,38	21,4	2,5
	III	21,5	22,9	40,2	70	0,44	19,5	2,4
Серпень	I***	22,4	23,6	15,1	61	0,31	22,1	2,1
	II****	21,0	22,1	12,8	65	0,29	20,8	2,3
	III	20,2	21,4	8,4	66	0,27	18,2	2,5
Вересень	I	18,4	19,1	10,2	63	0,21	17,5	2,4

Примітка: дані наведено у вигляді середньодекадних значень для періоду вегетації картоплі. Зірочками позначено декади проведення фітопатологічних обліків: I облік – 60–65-та доба від садіння; II облік – 70–75-та доба; III облік – 90–95-та доба; IV облік – 100–105-та доба від садіння залежно від року досліджень.

тернаріозу відбувався поступово, без різких стрибків інтенсивності, що створило сприятливий фон для виявлення внутрішньогрупових та міжгрупових відмінностей селекційного матеріалу за рівнем стійкості.

Загалом, аналіз агrometeorологічних показників засвідчив, що саме поєднання підвищених температур, дефіциту ґрунтової вологи,

високого рівня інсоляції та помірно підвищеної швидкості вітру формує найбільш сприятливі умови для інтенсифікації розвитку альтернаріозу картоплі в умовах Центрального Полісся, визначаючи ступінь реалізації потенційної стійкості селекційного матеріалу.

Аналіз динаміки стійкості селекційного матеріалу до альтернаріозу. Дані таблиці 2

Таблиця 2

Динаміка балової оцінки стійкості селекційного матеріалу картоплі різних груп стиглості до альтернативності впродовж вегетації (2023–2025 рр.)

Група стиглості	Роки	Кількість, шт.	I облік	II облік	III облік	IV облік	Δ загальне %
Рання	2023	16	7,9	6,5	4,9	2,9	63,3
	2024	26	6,5	4,9	3,6	2,1	67,7
	2025	24	8,1	6,5	3,5	2,4	70,4
	М	-	7,5	6,0	4,0	2,5	67,1
	CV, %	-	11,9	16,9	18,0	16,2	5,4
Середньорання	2023	22	7,9	7,0	5,9	4,4	44,3
	2024	24	6,6	5,4	4,3	3,2	51,5
	2025	25	8,0	6,7	4,3	3,3	58,8
	М	-	7,5	6,4	4,8	3,6	51,5
	CV, %	-	10,0	13,2	19,0	18,2	14,1
Середньостигла	2023	31	8,5	7,6	6,4	5,4	36,5
	2024	31	7,2	6,2	5,0	4,0	44,4
	2025	24	8,1	7,0	5,0	4,0	50,6
	М	-	7,9	6,9	5,5	4,5	43,8
	CV, %	-	9,1	11,0	14,8	18,1	16,0

Примітка: М – середнє арифметичне за три роки; CV – коефіцієнт варіації, що характеризує міжрічну мінливість показників; Δ загальне – відносне зниження середньої балової оцінки від I до IV обліку, %.

свідчать про послідовне зниження балової оцінки стійкості до альтернативності від I до IV обліку в усіх групах стиглості. Загальне зниження стійкості впродовж вегетації становило в середньому 67,1 % у ранньої, 51,5 % у середньоранньої та 43,8 % у середньостиглої груп, що відображає різну швидкість втрати резистентності залежно від групи стиглості. Міжрічна мінливість показників, оцінена за коефіцієнтом варіації (CV), зростала від I обліку (9,1–11,9 %) до IV обліку (16,2–18,1 %), що свідчить про посилення ролі зовнішніх чинників у формуванні рівня ураження на пізніх етапах вегетації.

Вплив окремих агрометеорологічних факторів. У 2024 році під час I обліку зафіксовано найвищі температури повітря (28,5 °C) та ґрунту (31,2 °C), що супроводжувалося зниженням балової оцінки стійкості до 6,5–7,2 бала порівняно з 7,9–8,5 бала у 2023 та 2025 роках (температура 21,5–22,8 °C). До IV обліку 2024 року температура повітря досягла 27,2 °C, ґрунту – 29,8 °C, що відповідало мінімальним показникам стійкості: 2,1 бала у ранньої, 3,2 – у середньоранньої та 4,0 – у середньостиглої груп. У 2025 році температурний режим залишався помірним, забезпечуючи більш плавну динаміку зниження балів, особливо на ранніх етапах обліків.

Критично низька вологість ґрунту в 2024 році (GWETTOP 0,09) під час I обліку

за повної відсутності опадів відповідала найнижчим стартовим балам (6,5–7,2). Протягом обліків дефіцит вологи залишався, що призводило до мінімальних значень стійкості. У 2023 році, незважаючи на високі опади на початку вегетації, поступове висушування ґрунту до IV обліку знижувало стійкість у всіх групах. У 2025 році помірна вологість та рівномірні опади забезпечили високі стартові бали, але до III–IV обліків показники знижувалися через накопичення інфекційного навантаження.

Екстремальна сонячна радіація (29,1 MJ·m⁻²·day⁻¹) зафіксована лише під час I обліку 2024 року, що збіглося з найнижчими стартовими балами стійкості. Впродовж II–IV обліків 2024 року радіація коливалася в межах 23,8–25,2 MJ·m⁻²·day⁻¹, у 2025 році – MJ·m⁻²·day⁻¹ (за помірних опадів 12,5 мм та вологості ґрунту 0,35), що не спричинило різкого зниження стійкості. У 2023 році радіація була найнижчою (19,8 MJ·m⁻²·day⁻¹) за високих опадів (48,2 мм), забезпечуючи високі початкові бали (7,9–8,5).

Швидкість вітру понад 3,0 м·с⁻¹, що сприяє перенесенню конідій *Alternaria* spp., спостерігалася під час I (3,2 м·с⁻¹) та IV (3,4 м·с⁻¹) обліків 2024 року, що супроводжувалося низькими або різко зниженими показниками стійкості. У 2023 та 2025 роках швидкість вітру не перевищу-

вала $2,5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, що обмежувало поширення інфекції, хоча динаміка зниження стійкості на пізніх етапах залишалася подібною.

Найбільш критичним був 2024 рік: поєднання екстремальних температур ($28,5\text{--}31,2 \text{ }^\circ\text{C}$), критично низької вологості ґрунту ($0,09\text{--}0,16$), високої сонячної радіації ($29,1 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$) та підвищеної швидкості вітру ($3,2\text{--}3,4 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$) зумовило найнижчі показники стійкості для всіх груп стиглості. У 2023 році сприятливі початкові умови (високі опади, помірна температура) забезпечували високі стартові бали, але прогресуюче висушування ґрунту призводило до деградації стійкості. У 2025 році помірні температурно-вологі умови забезпечували вищі початкові бали, проте до кінця вегетації вони знижувалися до рівня, близького до 2024 року, у зв'язку з переходом рослин до пізніших фенологічних фаз.

Статистична верифікація результатів. Статистичний аналіз засвідчив наявність достовірних відмінностей між обліками впродовж вегетації для всіх груп стиглості, що підтверджує закономірний характер зниження балової оцінки стійкості до альтернативу. Отримані результати свідчать, що деградація стійкості відбувалася не випадково, а була зумовлена сукупною дією агрометеорологічних чинників упродовж вегетаційного періоду. Міжрічна варіабельність показників, оцінена за коефіцієнтом варіації, зростала від ранніх до пізніх обліків (від $9,1\text{--}11,9 \%$ на початкових етапах до $16,2\text{--}18,1 \%$ наприкінці вегетації), що вказує на посилення модифікуючого впливу погодних умов у другій половині вегетації.

Узагальнені статистичні характеристики стійкості селекційного матеріалу картоплі за трирічний період досліджень, а також

результати оцінки динаміки ураження наведено в таблиці 3.

Встановлена закономірна динаміка зниження балової оцінки стійкості впродовж вегетації, підтверджена статистичними критеріями, свідчить про системний характер процесу розвитку альтернативу, який не може бути пояснений виключно фенологічною фазою рослин. Водночас суттєва міжрічна мінливість показників, особливо на пізніх етапах вегетації, вказує на визначальну роль накопичувальної дії агрометеорологічних умов, що формуються від моменту появи сходів і послідовно змінюють фізіологічний стан рослин та інфекційний потенціал патогену. З огляду на біологію *Alternaria* spp., інтенсивність ураження є результатом не короткочасного впливу окремих метеорологічних чинників у момент обліку, а інтегрованої дії температурного режиму, вологозабезпечення, інсоляції та повітряної циркуляції, які чергуються та накопичуються впродовж міжоблікових періодів.

Саме тому для коректної інтерпретації виявлених відмінностей між роками та групами стиглості доцільним є використання кумулятивних агрометеорологічних показників, а також узагальнених індексів, що відображають сумарну сприятливість умов для розвитку альтернативу. Такий підхід дозволяє перейти від опису феноменологічної динаміки стійкості до кількісної оцінки взаємозв'язків між середовищем вирощування та рівнем ураження, що є необхідною передумовою для подальшого кореляційного аналізу та обґрунтування ролі окремих і комплексних абіотичних чинників у формуванні стійкості селекційного матеріалу картоплі.

Таблиця 3

Узагальнені статистичні показники динаміки стійкості селекційного матеріалу картоплі до альтернативу за 2023–2025 рр.

Показники	Рання	Середньорання	Середньостигла	Критерій χ^2 ^f
Середня стійкість за вегетацію, бал	$5,5\pm 1,49$	$5,59\pm 1,24$	$6,20\pm 1,20$	–
CV, %	$11,9\text{--}18,0$	$10,0\text{--}19,0$	$9,1\text{--}18,1$	–
Загальне зниження стійкості (I→IV облік), %	$67,1\pm 3,6$	$51,5\pm 7,3$	$43,8\pm 7,0$	–
Критичний період деградації (max Δ), %	III→IV: $37,9\pm 5,9$	III→IV: $24,8\pm 1,3$	III→IV: $18,5\pm 2,5$	–
Статистична значущість динаміки ^a	$\chi^2=9,00^*$	$\chi^2=9,00^*$	$\chi^2=9,00^*$	df=3
Міжгрупові відмінності (IV облік) ^b	$2,5\pm 0,4^a$	$3,6\pm 0,7^b$	$4,5\pm 0,8^c$	$p<0,05$

Примітка: ^a Відмінності між обліками в межах кожної групи стиглості оцінено за непараметричним критерієм Фрідмана ($p<0,05$; $\chi^2_{0,05}=7,815$; $df=3$), ^b Міжгрупові відмінності за IV обліком визначено за критерієм Краскела–Воллеса; значення, позначені різними літерами (^a, ^b, ^c), статистично відрізняються при $p<0,05$. χ^2 – емпіричне значення критерію Фрідмана.

Кумулятивні агрометеорологічні показники в період вегетації картоплі (2023–2025 рр.). Для поглибленого аналізу причин міжрічної варіабельності стійкості селекційного матеріалу було проаналізовано кумулятивні агрометеорологічні показники від початку вегетації до кожного фітопатологічного обліку та розраховано індекс сприятливості розвитку альтернаріозу (ISA), що враховує основні погодні чинники, критичні для розвитку збудника (табл. 4).

В 2023 році впродовж усього вегетаційного періоду формувалися відносно помірні температурні умови за достатнього вологозабезпечення. Сума опадів зростає від 137,9 мм на момент першого обліку до 163,9 мм до IV обліку, при поступовому зниженні середньої вологості ґрунту (з 0,45 до 0,40). Одночасно відмічали стабільне наростання сумарної сонячної радіації (113,7–179,1), що в поєднанні з помірними температурами повітря і ґрунту формувало високі значення ISA (123,56–135,55), характерні для років з підвищеним інфекційним тиском альтернаріозу.

Агрометеорологічні умови 2024 року різко відрізнялися екстремально низьким рівнем вологозабезпечення. Кумулятивна сума опадів до IV обліку не перевищувала 56,7 мм, тоді як мінімальна вологість ґрунту впродовж усього періоду стабільно утримувалася на рівні 0,09. За поєднання підвищених температур повітря і ґрунту з високими

значеннями сумарної сонячної радіації (до 210,2) встановлено найнижчі за роки досліджень значення ISA (18,92–26,19), що вказує на несприятливість метеорологічного фону для масового розвитку збудника, але водночасна потенційне прискорення фізіологічного старіння рослин.

В 2025 році агрометеорологічні умови характеризувалися поєднанням достатнього вологозабезпечення з помірними температурними режимами. Сума опадів послідовно зростає від 148,4 мм за першого обліку до 204,7 мм за IV, при відносно стабільних значеннях середньої та мінімальної вологості ґрунту. За таких умов спостерігали поступове накопичення сумарної сонячної радіації (107,4–171,7) та формування найвищих значень ISA (130,00–162,22), що свідчить про тривале збереження сприятливого фону для розвитку альтернаріозу впродовж усього періоду вегетації.

Таким чином, кумулятивні агрометеорологічні показники чітко відображають контрастність років дослідження за рівнем потенційної сприятливості до розвитку альтернаріозу та створюють обґрунтовану основу для подальшої кількісної оцінки взаємозв'язків між погодними чинниками й динамікою стійкості генотипів різних груп стиглості.

Кореляційні зв'язки між кумулятивними агрометеорологічними умовами та рівнем стійкості селекційного матеріалу картоплі

Таблиця 4

Кумулятивні агрометеорологічні показники від початку вегетації та індекс сприятливості розвитку альтернаріозу картоплі за роками досліджень (2023–2025 рр.)

Рік	Облік	Σ Опали, мм	МТ повітря, °С	МТ ґрунту, °С	М Вологість повітря, %	М Вологість ґрунту	Min Вологість ґрунту	Σ Сонячна радіація	М Вітер, м/с	Max Вітер, м/с	ISA
2023	I	137,9	19,8	21,2	66,0	0,45	0,38	113,7	2,38	2,6	123,56
2023	II	156,4	20,3	21,7	65,2	0,43	0,36	136,8	2,35	2,6	135,55
2023	III	161,8	20,5	22,0	64,3	0,42	0,31	158,3	2,30	2,6	134,53
2023	IV	163,9	20,9	22,4	63,1	0,40	0,25	179,1	2,31	2,6	129,48
2024	I	35,3	23,1	25,3	55,6	0,27	0,09	136,7	2,76	3,2	18,92
2024	II	47,7	23,4	25,7	55,3	0,25	0,09	161,2	2,77	3,2	23,52
2024	III	55,9	23,5	25,6	55,0	0,23	0,09	185,0	2,73	3,2	26,19
2024	IV	56,7	24,0	26,1	54,1	0,22	0,09	210,2	2,81	3,4	24,81
2025	I	148,4	19,8	21,0	66,4	0,44	0,35	107,4	2,54	3,1	130,00
2025	II	176,8	20,2	21,4	65,8	0,43	0,35	128,8	2,53	3,1	151,46
2025	III	191,9	20,5	21,7	65,1	0,41	0,31	150,9	2,47	3,1	157,91
2025	IV	204,7	20,5	21,8	65,1	0,40	0,29	171,7	2,45	3,1	162,22

Примітка: кумулятивні показники розраховано від початку вегетації (період масових сходів, початок червня) до відповідного фітопатологічного обліку. Значення усереднених показників (М) наведено як середні за період накопичення; Σ — сума за період.

до альтернаріозу. Для кількісної оцінки взаємозв'язків між динамікою стійкості селекційного матеріалу та погодними умовами впродовж вегетації проведено кореляційний аналіз із використанням коефіцієнта Спірмена, що є методично обґрунтованим для бальної шкали оцінки та невеликої вибірки спостережень.

Встановлено, що бальна оцінка стійкості до альтернаріозу статистично значуще пов'язана з низкою кумулятивних агрометеорологічних показників від початку вегетації (табл. 5). Для всіх груп стиглості зафіксовано стійкий негативний кореляційний зв'язок між середньою температурою повітря та ґрунту і рівнем стійкості ($r = -0,65 \dots -0,80$; $p < 0,05$), що свідчить про закономірне зниження балів стійкості за умов тривалого теплого навантаження.

Найвищу силу зв'язку виявлено для сумарної сонячної радіації, яка в усіх групах стиглості демонструвала дуже тісний негативний кореляційний зв'язок із балом стійкості ($r = -0,895 \dots -0,909$; $p < 0,001$). Це підтверджує визначальну роль інтенсивного радіаційного навантаження як фактора, що опосередковано прискорює фізіологічне старіння рослин і підвищує їх сприйнятливості до ураження *Alternaria spp.*

На відміну від температурних і радіаційних чинників, показники середньої вологості повітря та ґрунту (GWETTOP) характеризувалися позитивною статистично значущою кореляцією з рівнем стійкості ($r = 0,65 \dots 0,80$; $p < 0,05$), що вказує на збереження вищих балів стійкості за умов достатнього зволоження впродовж вегетації. Мінімальна вологість ґрунту мала слабший і менш стабільний зв'язок, досягаючи рівня статистичної значущості лише в середньоранній групі.

Кумулятивна сума опадів від початку вегетації не виявила статистично значущого зв'язку з балами стійкості, що свідчить про обмежену інформативність цього показника без урахування фактичної доступності вологи в ґрунті.

Аналогічно, середня швидкість вітру не демонструвала значущого впливу, тоді як максимальні значення швидкості вітру в окремі періоди виявляли помірний негативний зв'язок зі стійкістю, переважно у середньоранній та середньостиглій групах.

Індекс сприятливості розвитку альтернаріозу (ISA) не виявив статистично значущої кореляції з балами стійкості в жодній із груп стиглості, що вказує на його обмежену чутливість для диференціації генотипів за рівнем стійкості та підтверджує доцільність використання окремих кумулятивних погодних показників для селекційного аналізу.

Таким чином, результати трирічних досліджень засвідчили, що формування рівня стійкості селекційного матеріалу картоплі до альтернаріозу є наслідком комплексної та кумулятивної дії агрометеорологічних чинників упродовж вегетації, а не реакцією на окремі погодні події в момент фітопатологічного обліку. Визначальну роль у зниженні бальної оцінки стійкості відігравали тривале теплове та радіаційне навантаження, тоді як показники вологості ґрунту виконували компенсаторну функцію, пом'якшуючи інтенсивність ураження. Виявлені закономірності були узгодженими для всіх груп стиглості, проте різнилися за силою прояву, що має важливе значення для селекційної інтерпретації та подальшого добору генотипів з підвищеною адаптивністю.

Таблиця 5

Кореляційні зв'язки між кумулятивними агрометеорологічними показниками від початку вегетації та бальною оцінкою стійкості селекційного матеріалу картоплі до альтернаріозу (2023–2025 рр.)

Показник	Рання	Середньорання	Середньостигла
Σ Опади від початку вегетації, мм	-0,273	-0,126	-0,196
М Температура повітря, °С	-0,699*	-0,804*	-0,769*
М Температура ґрунту, °С	-0,650*	-0,734*	-0,685*
М Вологість повітря, %	0,650*	0,741*	0,692*
М Вологість ґрунту (GWETTOP)	0,699*	0,804*	0,769*
Min вологість ґрунту	0,448	0,587*	0,545
Σ Сонячна радіація, MJ·m ⁻² ·day ⁻¹	-0,909**	-0,909**	-0,895**
М Швидкість вітру, м/с	-0,021	-0,266	-0,273
Мах швидкість вітру, м/с	-0,476	-0,699*	-0,706*
Індекс сприятливості альтернаріозу (ISA)	-0,112	0,007	-0,070

Примітка: критичні значення ρ (Спірмен) для $n=12$, $df=10$: $p < 0,05$: $|\rho| \geq 0,576$ $p < 0,001$: $|\rho| \geq 0,823$

Обговорення

Отримані результати свідчать про кумулятивний характер впливу агрометеорологічних чинників на розвиток альтернаріозу картоплі, що доповнює традиційні підходи, засновані на аналізі окремих або миттєвих погодних параметрів. Виявлений негативний зв'язок між кумулятивною температурою повітря та балами стійкості ($\rho = -0,70 \dots -0,80$; $p < 0,05$) узгоджується з літературними даними щодо температурного оптимуму (25–28 °C) для росту та конідіогенезу *Alternaria solani* (Patel et al., 2024). Водночас результати свідчать, що визначальним є не лише рівень температури, а й тривалість теплового навантаження: накопичення тепла впродовж 40–50 діб супроводжується прискоренням вікової сенесценції листкового апарату, зокрема через активацію етилен-залежних шляхів деградації клітинних структур (Ramadan et al., 2024), що підвищує сприйнятливості рослин до некротрофних патогенів. Подібні механізми описані й для інших культур: для альтернаріозу сої показано зниження вмісту фенольних сполук на 35–42 % за температури понад 30 °C, що асоціюється з ослабленням біохімічного захисту рослин (Fagodiya et al., 2022). Найтісніший кореляційний зв'язок у дослідженні виявлено між кумулятивною сонячною радіацією та балами стійкості ($\rho = -0,90$; $p < 0,001$). Хоча інсоляція традиційно розглядається як чинник, що може обмежувати життєздатність конідій на поверхні листка, отримані результати вказують, що на рівні рослинного організму за високої сонячної радіації ($>28 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$) домінує ефект фотооксидативного стресу. Поєднання інтенсивного опромінення з дефіцитом ґрунтової вологи призводить до генерації активних форм кисню в хлоропластах, пероксидації мембранних ліпідів і формування фізіологічного субстрату, сприятливого для розвитку некротрофних грибів (Meno et al., 2022). Позитивний зв'язок показника ґрунтової вологи GWETTOP зі стійкістю до альтернаріозу ($\rho = 0,70-0,80$; $p < 0,05$) слід чітко диференціювати від впливу атмосферної вологості, яка безпосередньо стимулює спорування *Alternaria* (Ghalib et al., 2025). У даному випадку ґрунтова волога відіграє опосередковану роль, забезпечуючи підтримання тургору, стабільність фотосинтетичного апарату та уповільнення сенесцентних процесів. У 2024 році зафіксовано поєднання низького значення GWETTOP (0,09)

із відносною вологістю повітря 47–52 %, що зумовило максимальний рівень ураження рослин попри умови, менш сприятливі для активного спороношення. Подібний ефект, описаний як «парадокс посухи», відзначено для альтернаріозу кмину (Kumawat et al., 2025) і узгоджується з даними Pysarenko et al. (2025) щодо зниження гідротермічного коефіцієнта в умовах Полісся України. Виявлена різниця у швидкості деградації стійкості між групами стиглості (67,1 % у ранньостиглих проти 43,8 % у середньостиглих форм) свідчить про роль онтогенетичних особливостей розвитку рослин у формуванні толерантності до альтернаріозу. Це узгоджується з концепцією «staying-green», згідно з якою генотипи з подовженою тривалістю функціонування фотосинтетичного апарату демонструють підвищену адаптивність до некротрофних патогенів незалежно від наявності специфічних R-генів (Ghalib et al., 2025). За даними літератури, кореляція концентрації конідій *Alternaria* з кількістю опадів є слабкою ($r \approx 0,24$), тоді як із температурними показниками – помірною ($r \approx 0,51$) (Meno et al., 2022). Це обґрунтовує доцільність інтеграції в прогностичні моделі показників фізіологічного стресу рослин, зокрема кумулятивної інсоляції та дефіциту вологозабезпечення, що реалізовано у сучасних системах типу TOMCAST (Meno et al., 2024). Практичне значення отриманих результатів полягає в ідентифікації критичного періоду селекційної оцінки стійкості до альтернаріозу (90–105-та доба вегетації, CV 16–18 %) та підтвердженні інформативності екстремальних за погодними умовами років, зокрема 2024 року, як ефективного «природного сита» для добору форм, адаптованих до прогнозованого зростання частоти посушливих періодів у зоні Полісся України.

Висновки

1. Регіональні дані реаналізу клімату NASA POWER (MERRA-2) є інформативними для характеристики агрометеорологічних умов вегетації картоплі в умовах Полісся України та їх зіставлення з динамікою прояву альтернаріозу. Досліджувані роки істотно різнилися за температурним режимом, вологозабезпеченням і рівнем інсоляції, що сформувало контрастні фони для оцінки селекційного матеріалу.

2. Деградація бальної оцінки стійкості до альтернаріозу від I до IV фітопатологічного обліку має чітку залежність від групи стиглості. Найбільше зниження показників встановлено у ранньостиглих форм (67,1 %), тоді

як у середньоранніх і середньостиглих генотипів воно було менш вираженим (51,5 та 43,8 % відповідно). Це свідчить про різну швидкість втрати польової стійкості впродовж вегетації, що є важливим селекційним критерієм.

3. Усереднений за групами стиглості коефіцієнт варіації показників стійкості зростає від I до IV фітопатологічного обліку (CV 10,3–17,5 %), що свідчить про посилення ролі агрометеорологічних чинників упродовж періодів обліків (60–65 до 100–105 доби від садіння). Це обґрунтовує доцільність багаторазових обліків для коректної диференціації генотипів у селекційних розсадниках.

4. Кореляційний аналіз засвідчив провідну роль температурного та радіаційного навантаження у формуванні рівня ураження альтернаріозом. Найтісніший зворотний зв'язок встановлено між бальною оцінкою стійкості та сумарною сонячною радіацією ($\rho = -0,895 \dots -0,909$; $p < 0,001$) незалежно від групи стиглості. Середні температури повітря і ґрунту мали стабільний негативний зв'язок із показниками стійкості ($\rho = -0,650 \dots -0,804$; $p < 0,05$).

5. Показники вологості повітря та ґрунту (GWETTOP) характеризувалися достовірною позитивною кореляцією з бальною оцінкою стійкості ($\rho = 0,699 \dots 0,804$; $p < 0,05$), що вказує на їх компенсаторну роль за умов теплового та радіаційного стресу. Водночас сумарні опади та швидкість вітру мали слаб-

кий або нестабільний зв'язок і не можуть розглядатися як надійні селекційно-інформативні чинники.

6. Індекс сприятливості альтернаріозу (ISA) не виявив статистично значущих кореляцій з рівнем ураження у всіх групах стиглості, що свідчить про його обмежену придатність для оцінки прояву альтернаріозу в умовах підвищеного теплового та радіаційного навантаження.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження доцільно спрямувати на удосконалення селекційної оцінки стійкості картоплі до альтернаріозу з урахуванням динаміки агрометеорологічних чинників. Перспективним є використання швидкості деградації стійкості впродовж вегетації (від I до IV обліку) як додаткової селекційної ознаки, уточнення оптимальних строків фітопатологічних обліків для різних груп стиглості та розробка регіонально адаптованих індексів селекційної придатності, що враховують температурний, радіаційний режими та вологість ґрунту. Окремим напрямом є формування вихідного матеріалу для селекції на уповільнену втрату польової стійкості до альтернаріозу в умовах абіотичного стресу. Реалізація цих підходів сприятиме підвищенню ефективності добору генотипів зі стабільною польовою стійкістю та адаптованістю до сучасних кліматичних умов без відходу від класичних селекційних принципів.

Список використаної літератури

Гаврилюк А., Рожок О. Вплив строків посадки картоплі на розвиток альтернаріозу та врожайність бульб. *Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Фітосанітарна безпека»*. 2023. Вип. 68. С. 49–56. <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2022.68.49-56>

Бондарчук А. А., Колтунов В. А., Олійник Т. М. та ін. Картоплярство: Методика дослідної справи. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2019. 625 с. [Електронний ресурс]. URL: https://www.ikar.org.ua/files/ugd/69bb4c_77462c9ea8804515b090c3254bffeada.pdf (дата звернення: 23.03.2026).

Писаренко Н. В., Захарчук Н. А., Гордієнко В. В. Стійкість генотипів картоплі проти фітопатогенних мікроміцетів (*Alternaria*, *Fusarium*) за абіотичного стресу Центрального Полісся. *Новітні агротехнології*. 2025. Т. 13, № 1. <https://doi.org/10.47414/na.13.1.2025.332062>

Плотницька Н. М., Гурманчук О. В., Невмержицька О. М., Харчишин Т. Г., Король А. М. Розвиток основних хвороб картоплі залежно від сортових особливостей. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2023. № 40. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-3.8>

Тактаєв Б. А., Подберезко І. М. Розвиток хвороб на сортах картоплі різних груп стиглості на природному інфекційному фоні в зоні Південного Полісся України. *Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Картоплярство»*. 2020. № 45. С. 3–14. [Електронний ресурс]. URL: <https://potato-journal.com.ua/index.php/journal/issue/view/7/45-2020-pdf> (дата звернення: 23.03.2026).

Трибель С. О., Пилипенко Л. А., Бондарчук А. А. та ін. Методологія оцінювання сортозразків картоплі на стійкість проти основних шкідників і збудників хвороб. Київ : Аграрна наука, 2013. 264 с. ISBN 978-966-540-346-3.

Федорчук С. В., Цуркан Р. П., Лисовий М. М. Фітофтороз і альтернаріоз картоплі в умовах Полісся України. *Науковий вісник НАТУ України*. 2024. Т. 34, № 6. С. 8–12. <https://doi.org/10.36930/40340601>

- Abuley I. K., Nielsen B. J. Evaluation of models to control potato early blight (*Alternaria solani*) in Denmark. *Journal of Crop Protection*. 2017. Vol. 102. P. 118–128. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.08.012>
- Abuley I. K., Nielsena B. J., Labouriau R. Resistance status of cultivated potatoes to early blight (*Alternaria solani*) in Denmark. *Plant Pathology*. 2018. Vol. 67, Iss. 2. P. 315–326. <https://doi.org/10.1111/ppa.12744>
- Alizadeh-Moghaddam G., Nasr-Esfahani M., Nasr-Esfahani A., Sedaghatfar E., Rahanandeh H., Yazdi M. J. Comparative genetic defence analysis using microsatellite markers and anatomical resistance of potato cultivars to early blight. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 2024. Vol. 133. 102374. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2024.102374>
- Asadi P., Tian D. Estimating leaf wetness duration with machine learning and climate reanalysis data. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2021. Vol. 307. 108548. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.108548>
- Chaudhary A. K., Yadav J., Gupta A. K., Gupta K. Integrated disease management of early blight (*Alternaria solani*) of potato. *Tropical Agrobiodiversity*. 2021. Vol. 2. P. 77–81. <https://doi.org/10.26480/trab.02.2021.77.81>
- Ding S., Meinholz K., Cleveland K., Jordan S. A., Gevens A. J. Diversity and virulence of *Alternaria spp.* causing potato early blight and brown spot in Wisconsin. *Phytopathology*. 2018. Vol. 109, Iss. 4. P. 436–445. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-06-18-0181-R>
- Fagodiya R. K., Trivedi A. & Fagodia B. L. Impact of weather parameters on *Alternaria* leaf spot of soybean incited by *Alternaria alternata*. *Scientific Reports*. 2022. Vol. 12. 6131. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-10108-z>
- Ghalib A., Prasad M., Kumar A., Kajla A. Seasonal Occurrence and Severity of Early Blight of Potato Caused by *Alternaria solani* in Relation to Weather Conditions. *Journal of Scientific Research and Reports*. 2025. Vol. 31, № 5. P. 434–443. <https://doi.org/10.9734/jsrr/2025/v31i53041>
- Kumawat K., Rawal P., Naga B. L., Brijesh, Yadav S., Sharma P., Upadhyay P., Kansotia K. Effect of weather parameters on severity of *Alternaria* blight of cumin caused by *Alternaria burnsii* in rajasthan. *International Journal of Advanced Biochemistry Research*. 2025. Vol. 9, № 11. P. 906–911. <https://doi.org/10.33545/26174693.2025.v9.i11SI.6339>
- Li Q., Feng Y., Li J., Hai Y., Si L., Tan C., Peng J., Hu Z., Li Z., Li C., Hao D., Tang W. Multi-omics approaches to understand pathogenicity during potato early blight disease caused by *Alternaria solani*. *Frontiers in Microbiology*. 2024. Vol. 15. 1357579. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1357579>
- Madden L. V., Hughes G. Sampling for plant disease incidence. *Phytopathology*. 1999. Vol. 89, Iss. 11. P. 1088–1103. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.1999.89.11.1088>
- Madden L. V. Reflections on the past, present, and future of quantitative plant disease epidemiology. Annual Review of Phytopathology. 2025. Vol. 63. P. 1–22. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-031725-033728>
- Meno L., Abuley I., Seijo M. C., Escuredo O. Management Strategies for Early Blight in Potatoes: Assessment of the TOMCAST Model, Including the Aerobiological Risk Level and Critical Phenological Period. *Agriculture*. 2024. Vol. 14, № 8. 1414. <https://doi.org/10.3390/agriculture14081414>
- Meno L., Escuredo O., Abuley I. K., Seijo M. C. Importance of Meteorological Parameters and Airborne Conidia to Predict Risk of *Alternaria* on a Potato Crop Ambient Using Machine Learning Algorithms. *Sensors*. 2022. Vol. 22, № 18. 7063. <https://doi.org/10.3390/s22187063>
- Meno L., Escuredo O., Rodriguez-Flores M. S., Seijo M. C. Modification of the TOMCAST Model with Aerobiological Data for Management of Potato Early Blight. *Agronomy*. 2020. Vol. 10, № 12. 1872. <https://doi.org/10.3390/agronomy10121872>
- Odilbekov F., Selga C., Ortiz R., Chawade A., Liljeroth E. QTL Mapping for Resistance to Early Blight in a Tetraploid Potato Population. *Agronomy*. 2020. Vol. 10, № 5. 728. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050728>
- Park J., Kim S., Jo M., An S., Kim Y., Yoon J., Jeong M.-H., Kim E. Y., Choi J., Kim Y., Park S.-Y. Isolation and Identification of *Alternaria alternata* from Potato Plants Affected by Leaf Spot Disease in Korea: Selection of Effective Fungicides. *Journal of Fungi*. 2024. Vol. 10, № 1. 53. <https://doi.org/10.3390/jof10010053>
- Patel J. V., Gohel N. M., Prajapati D., Parmar D. M. Effect of Weather Factors on Severity of Early Blight Incited by *Alternaria solani* in Potato. *International Journal of Plant & Soil Science*. 2024. Vol. 36, № 3. P. 69–75. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2024/v36i34399>
- Pysarenko N., Furdyha M., Zakharchuk N., Hordiienko V. Resistance status of potato varieties to early blight under changing climate conditions in Polissia, Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. Vol. 28, № 2. P. 87–95. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.02.14>
- Ramadan A. B., Hamad A. S., Khalifa E. Z. et al. Survey and Varietal Reaction to Early Blight Disease on Potato in Egypt. *Egyptian Journal of Crop Protection*. 2024. Vol. 19, № 2. <https://doi.org/10.21608/ejcp.2024.394162>

Robertson A. E. Methods for collecting plant disease data. *Plant Health Exchange*. 2008. <https://doi.org/10.1094/GROW-COR-12-08-008>

Schmey T., Tominello-Ramirez C. S., Brune C., Stam R. *Alternaria* diseases on potato and tomato. *Molecular Plant Pathology*. 2024. Vol. 25, № 3. e13435. <https://doi.org/10.1111/mpp.13435>

Xue W., Haynes K. G., Clarke C. R., Qu X. Genetic Dissection of Early Blight Resistance in Tetraploid Potato. *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. 851538. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.851538>

Xue W. Y., Haynes K. G., Qu X. S. Characterization of early blight resistance in potato cultivars. *Plant Disease*. 2019. Vol. 103, № 4. P. 629–637. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-18-0794-RE>

References

Havryliuk, A., & Rozhok, O. (2023). Vplyv strokiv posadky kartopli na rozvytok alternariozu ta vrozhainist bulb [Influence of potato planting dates on the development of early blight and tuber yield]. *Mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk «Fitosanitarna bezpeka» [“Phytosanitary Safety”]*, 68, 49–56. <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2022.68.49-56> [in Ukrainian]

Bondarchuk, A. A., Koltunov, V. A., Oliynik, T. M. et al. (2019). *Kartoplyarstvo: Metodika doslidnoyi spravi* [Potato growing: Methods of research]. Vinnitsya: TVORI. [Electronic resource]. URL: https://www.ikar.org.ua/_files/ugd/69bb4c_77462c9ea8804515b090c3254bffeada.pdf (access date 23.03.2026) [in Ukrainian].

Pysarenko, N. V., Zakharchuk, N. A., & Hordiienko, V. V. (2025). Stiikist henotypiv kartopli proty fitopatohennykh mikromitsetiv (*Alternaria*, *Fusarium*) za abiotychnoho stresu Tsentralnoho Polissia [Resistance of potato genotypes against phytopathogenic micromycetes (*Alternaria*, *Fusarium*) under abiotic stress of Central Polissia]. *Novitni ahrotekhnolohii [Latest agricultural technologies]*, 13(1). <https://doi.org/10.47414/na.13.1.2025.332062> [in Ukrainian]

Plotnytska, N. M., Hurmanchuk, O. V., Nevmerzhytska, O. M., Kharchyshyn, T. H., & Korol, A. M. (2023). Rozvytok osnovnykh khvorob kartopli zalezho vid sortovykh osoblyvostei [Development of main potato diseases depending on varietal characteristics]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika [Podolsk Bulletin: agriculture, technology, economics]*, 40. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-3.8> [in Ukrainian]

Taktaiev, B. A., & Podberezko, I. M. (2020). Rozvytok khvorob na sortakh kartopli riznykh hrup styhlosti na pryrodnomu infektsiinomu foni v zoni Pivdennoho Polissia Ukrainy [Development of diseases on potato varieties of different maturity groups on natural infectious background in the zone of Southern Polissia of Ukraine]. *Mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk «Kartoplyarstvo» [“Potato growing”]*, 45, 3–14. [Electronic resource]. URL: <https://potato-journal.com.ua/index.php/journal/issue/view/7/45-2020-pdf> (access date 23.03.2026) [in Ukrainian]

Trybel, S. O., Pylypenko, L. A., Bondarchuk, A. A., et al. (2013). Metodolohiia otsiniuvannia sortozrazkiv kartopli na stiikist proty osnovnykh shkidnykiv i zbudnykiv khvorob [Methodology for evaluating potato varieties for resistance to major pests and pathogens]. Kyiv: Ahrarna nauka. [in Ukrainian].

Fedorchuk, S. V., Tsurkan, R. P., & Lisovyi, M. M. (2024). Fitoftoroz i alternarioz kartopli v umovakh Polissia Ukrainy [Late blight and early blight of potatoes in the conditions of Polissia Ukraine]. *Scientific Bulletin of UNFU*, 34(6), 8–12. <https://doi.org/10.36930/40340601> [in Ukrainian]

Abuley, I. K., & Nielsen, B. J. (2017). Evaluation of models to control potato early blight (*Alternaria solani*) in Denmark. *Journal of Crop Protection*, 102, 118–128. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.08.012> [in English]

Abuleya, I. K., Nielsena, B. J., & Labouriau, R. (2018). Resistance status of cultivated potatoes to early blight (*Alternaria solani*) in Denmark. *Plant Pathology*, 67(2), 315–326. <https://doi.org/10.1111/ppa.12744> [in English]

Alizadeh-Moghaddam, G., Nasr-Esfahani, M., Nasr-Esfahani, A., Sedaghatfar, E., Rahanandeh, H., & Yazdi, M. J. (2024). Comparative genetic defence analysis using microsatellite markers and anatomical resistance of potato cultivars to early blight. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 133, 102374. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2024.102374> [in English]

Asadi, P., & Tian, D. (2021). Estimating leaf wetness duration with machine learning and climate reanalysis data. *Agricultural and Forest Meteorology*, 307, 108548. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.108548> [in English]

Chaudhary, A. K., Yadav, J., Gupta, A. K., & Gupta, K. (2021). Integrated disease management of early blight (*Alternaria solani*) of potato. *Tropical Agrobiodiversity*, 2, 77–81. <https://doi.org/10.26480/trab.02.2021.77.81> [in English]

Ding, S., Meinholz, K., Cleveland, K., Jordan, S. A., & Gevens, A. J. (2018). Diversity and virulence of *Alternaria* spp. causing potato early blight and brown spot in Wisconsin. *Phytopathology*, 109(4), 436–445. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-06-18-0181-R> [in English]

Fagodiya, R. K., Trivedi, A., & Fagodia, B. L. (2022). Impact of weather parameters on *Alternaria* leaf spot of soybean incited by *Alternaria alternata*. *Scientific Reports*, 12, 6131. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-10131-3> [in English]

- Ghalib, A., Prasad, M., Kumar, A., & Kajla, A. (2025). Seasonal occurrence and severity of early blight of potato caused by *Alternaria solani* in relation to weather conditions. *Journal of Scientific Research and Reports*, 31(5), 434–443. <https://doi.org/10.9734/jsrr/2025/v31i53041> [in English]
- Kumawat, K., Rawal, P., Naga, B. L., Brijesh, Yadav, S., Sharma, P., Upadhyay, P., & Kansotia, K. (2025). Effect of weather parameters on severity of *Alternaria* blight of cumin caused by *Alternaria burnsii* in rajasthan. *International Journal of Advanced Biochemistry Research*, 9(11S), 906–911. <https://doi.org/10.33545/26174693.2025.v9.i11Sl.6339> [in English]
- Li, Q., Feng, Y., Li, J., Hai, Y., Si, L., Tan, C., Peng, J., Hu, Z., Li, Z., Li, C., Hao, D., & Tang, W. (2024). Multi-omics approaches to understand pathogenicity during potato early blight disease caused by *Alternaria solani*. *Frontiers in Microbiology*, 15, 1357579. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1357579> [in English]
- Madden, L. V., & Hughes, G. (1999). Sampling for plant disease incidence. *Phytopathology*, 89(11), 1088–1103. <https://doi.org/10.1094/PHTO.1999.89.11.1088> [in English]
- Madden, L. V. (2025). Reflections on the past, present, and future of quantitative plant disease epidemiology. *Annual Review of Phytopathology*, 63, 1–22. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-031725-033728> [in English]
- Meno, L., Abuley, I., Seijo, M. C., & Escuredo, O. (2024). Management strategies for early blight in potatoes: Assessment of the TOMCAST model, including the aerobiological risk level and critical phenological period. *Agriculture*, 14(8), 1414. <https://doi.org/10.3390/agriculture14081414> [in English]
- Meno, L., Escuredo, O., Abuley, I. K., & Seijo, M. C. (2022). Importance of meteorological parameters and airborne conidia to predict risk of *Alternaria* on a potato crop ambient using machine learning algorithms. *Sensors*, 22(18), 7063. <https://doi.org/10.3390/s22187063> [in English]
- Meno, L., Escuredo, O., Rodríguez-Flores, M. S., & Seijo, M. C. (2020). Modification of the TOMCAST model with aerobiological data for management of potato early blight. *Agronomy*, 10(12), 1872. <https://doi.org/10.3390/agronomy10121872> [in English]
- Odilbekov, F., Selga, C., Ortiz, R., Chawade, A., & Liljeroth, E. (2020). QTL mapping for resistance to early blight in a tetraploid potato population. *Agronomy*, 10(5), 728. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050728> [in English]
- Park, J., Kim, S., Jo, M., An, S., Kim, Y., Yoon, J., Jeong, M.-H., Kim, E. Y., Choi, J., Kim, Y., & Park, S.-Y. (2024). Isolation and identification of *Alternaria alternata* from potato plants affected by leaf spot disease in Korea: Selection of effective fungicides. *Journal of Fungi*, 10(1), 53. <https://doi.org/10.3390/jof10010053> [in English]
- Patel, J. V., Gohel, N. M., Prajapati, D., & Parmar, D. M. (2024). Effect of weather factors on severity of early blight incited by *Alternaria solani* in potato. *International Journal of Plant & Soil Science*, 36(3), 69–75. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2024/v36i34399> [in English]
- Pysarenko, N., Furdyha, M., Zakharchuk, N., & Hordiienko, V. (2025). Resistance status of potato varieties to early blight under changing climate conditions in Polissia, Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 28(2), 87–95. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.02.14> [in English]
- Ramadan, A. B., Hamad, A. S., Khalifa, E. Z., et al. (2024). Survey and varietal reaction to early blight disease on potato in Egypt. *Egyptian Journal of Crop Protection*, 19(2). <https://doi.org/10.21608/ejcp.2024.394162> [in English]
- Robertson, A. E. (2008). Methods for collecting plant disease data. *Plant Health Exchange*. <https://doi.org/10.1094/GROW-COR-12-08-008> [in English]
- Schmey, T., Tominello-Ramirez, C. S., Brune, C., & Stam, R. (2024). *Alternaria* diseases on potato and tomato. *Molecular Plant Pathology*, 25(3), e13435. <https://doi.org/10.1111/mpp.13435> [in English]
- Xue, W., Haynes, K. G., Clarke, C. R., & Qu, X. (2022). Genetic dissection of early blight resistance in tetraploid potato. *Frontiers in Plant Science*, 13, 851538. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.851538> [in English]
- Xue, W. Y., Haynes, K. G., & Qu, X. S. (2019). Characterization of early blight resistance in potato cultivars. *Plant Disease*, 103(4), 629–637. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-18-0794-RE> [in English]

Дата першого надходження статті до видання: 17.02.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 26.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026



Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)