

ПОЕТАПНЕ ОЦІНЮВАННЯ ТА ДОБІР ГІБРИДНОГО МАТЕРІАЛУ КАРТОПЛІ ЗА СТІЙКІСТЮ ДО ХВОРОБ НА РАННІХ ЕТАПАХ СЕЛЕКЦІЇ

БЕРДІН С.І. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

orcid.org/0000-0002-2337-4107

Сумський національний аграрний університет

СОБРАН І.В. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

orcid.org/0000-0002-5553-7674

Інститут картоплярства Національної академії аграрних наук України

ДАНІЛОВ І.Р. – аспірант

orcid.org/0009-0004-5263-6630

Сумський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Картопля належить до культур, формування врожайності яких значною мірою залежить від посівів ураження хворобами. Створення сортів із комплексною стійкістю дає змогу зменшити втрати врожаю та навантаження хімічних засобів захисту на навколишнє середовище. Це особливо важливо, враховуючи мінливості патогенного комплексу і кліматичних умов, на тлі необхідності поєднання стійкості з продуктивністю і якістю бульб [1].

Ефективність селекції залежить не лише від наявності джерел резистентності, а й від коректності оцінювання та добору вихідного матеріалу. Особливо складним є прийняття селекційного рішення на ранніх етапах, коли кожний генотип представлений однією рослиною або обмеженою кількістю бульб. За таких умов зростає ризик як помилкового вибраковування перспективних форм, так і збереження сприйнятливих генотипів [2]. Водночас можливості оцінювання змінюються в міру проходження селекційним матеріалом послідовних поколінь, що зумовлює необхідність диференціації критеріїв і жорсткості добору відповідно до представленості генотипу та надійності отриманої інформації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні дослідження селекції картоплі на стійкість до хвороб охоплюють широке коло питань, пов'язаних із джерелами резистентності, генетичними механізмами стійкості, особливостями прояву окремих патогенів та методами фітопатологічного оцінювання селекційного матеріалу. Водночас інформативність окремих методів істотно залежить від етапу селекційного процесу та кількості матеріалу, яким представлений конкретний генотип.

У поколінні сіянцив можливості оцінювання обмежуються однією рослиною та невеликою кількістю сформованих бульб, що ускладнює відокремлення генотипової реакції від впливу умов середовища. В однобульбовому поколінні стає можливим одночасне польове оцінювання листових хвороб, виявлення вірусоподібних симптомів

і післязбиральний аналіз бульбового гнізда, тоді як у наступних клонових поколіннях збільшення кількості рослин дозволяє перевіряти відтворюваність встановленої реакції [3]. Таким чином, зі збільшенням представленості генотипу розширюються не лише можливості його фітопатологічного оцінювання, а й доказова база для прийняття селекційного рішення.

Разом із тим більшість публікацій зосереджено на окремих хворобах, джерелах стійкості або кінцевих результатах селекції, в той час як питання послідовного оцінювання матеріалу залежно від покоління та обґрунтованості зміни критеріїв добору систематизовано недостатньо [4]. Особливої уваги потребує співвідношення між надійністю отриманої оцінки та ризиком втрати перспективного генотипу на етапах, коли можливості повторного підтвердження його реакції обмежені. Тому актуальним є узагальнення наявних підходів у єдину систему поетапного добору гібридного матеріалу картоплі за стійкістю до хвороб.

Метою статті Метою статті є обґрунтування науково-методичного підходу до поетапного оцінювання та добору гібридного матеріалу картоплі за стійкістю до хвороб на ранніх етапах селекційного процесу з диференціацією критеріїв селекційного рішення залежно від представленості генотипу, надійності отриманої оцінки та можливості її підтвердження в наступних бульбових поколіннях.

Матеріали та методи. Науково-методичне обґрунтування поетапного оцінювання гібридного матеріалу картоплі за стійкістю до хвороб здійснювали з урахуванням особливостей організації ранніх етапів селекційного процесу, на яких послідовно уточнюється представленість генотипу, обсяг доступного для оцінювання матеріалу та можливість підтвердження встановленої реакції. Етапи послідовно оцінювали – сіянци з ботанічного насіння, однобульбове покоління, наступні клонові покоління; та перевірка матеріалу за роками досліджень.



Для кожного етапу визначали об'єкти фітопатологічного оцінювання, можливість виявлення листових і бульбових уражень, надійність отриманої інформації та допустиму жорсткість селекційного рішення. Методичний підхід формували за принципом послідовного накопичення інформації про реакцію генотипу. Окремим критерієм обґрунтування селекційного рішення розглядали ризик безповоротної втрати генотипу внаслідок помилкового негативного добору. Наукові публікації з питань селекції картоплі, фітопатології, генетики стійкості та оцінювання селекційного матеріалу використовували для теоретичного обґрунтування критеріїв і обмежень запропонованої системи.

Результати досліджень. Однією з особливостей ранніх етапів селекції картоплі є нерівнозначність наслідків помилкового рішення щодо збереження або вибраковування генотипу. У поколінні сіянців, де генотип представлений однією рослиною, його помилкове вибраковування фактично означає безповоротну втрату унікальної генетичної комбінації. Водночас збереження форми, яка через випадкове уникнення інфекції або недостатній розвиток хвороби, призводить до додаткових витрат на її подальше розмноження та повторне оцінювання.

Таку нерівнозначність наслідків добору можна розглядати як ціну помилки. Це має важливий вплив на принцип на ранніх етапах селекційного добору: жорсткість негативної браковки повинна узгоджуватися з рівнем представленості генотипу та надійністю одержаної інформації. Чим меншою кількістю рослин або бульб представлений генотип і чим нижчою є можливість повторної перевірки його реакції, тим більш переконливими мають бути підстави для остаточного вилучення такого матеріалу із селекційного процесу.

Результативність селекції на стійкість визначається строками, об'єктами й критеріями оцінювання. Так, на ранніх етапах генотип спочатку представлений однією рослиною і малою кількістю бульб, а згодом це клонове покоління ці значним обсягом селекційного матеріалу. Саме тому разом з обсягом матеріалу змінюється й надійність висновків [5].

У поколінні сіянців представлено найбільше різноманіття, однак кожний генотип представлений однією рослиною. Це ускладнює відокремлення генетичної реакції від умов росту, але явно виражені ураження бульб дають підстави для первинного негативного добору навіть на цьому етапі селекції.

В однобульбовому поколінні вперше оцінюють вегетативно відтворену рослину, листові хвороби та стан бульб після збирання. Однак реакція однієї рослини залишається попередньою і потребує підтвердження.

У бульбових поколіннях збільшення кількості клонових рослин дає змогу перевірити відтворюваність реакції та розрізнити стійкість від випадкового уникнення зараження.

Тобто, раннє оцінювання є послідовним накопиченням інформації. Особливості стійкості, сприйнятливості, толерантності та уникнення ураження в ранньому селекційному оцінюванні полягає в тому, що на цьому етапі потребує розмежування цих показників, адже відсутність симптомів може мати різну біологічну природу [6].

Уникнення ураження виникає через невідповідність фенології періоду інфекційного навантаження, локального розвитку патогена, особливості мікрорельєфу або недостатнє зволоження. Для однієї рослини ризик такого випадкового ефекту особливо високий.

Польова стійкість є сумарною реакцією генотипу, зумовленою мажорними генами, полігенним контролем, архітектонікою та стиглістю. Без визначених ізолятів, диференціаторів або маркерів польова оцінка не встановлює однозначно вертикальну чи горизонтальну природу реакції [7].

Вертикальна стійкість пов'язана переважно з генами, що мають чітко помітний вплив на зазначений показник, і захищає від певних рас. Горизонтальна має кількісний характер і сповільнює розвиток хвороби, часто залишаючись стабільнішою за зміни популяції патогена. У полі обидві складові можуть діяти одночасно [8].

Тому на ранніх етапах коректніше фіксувати низький рівень ураження, пізній початок або повільне прогресування хвороби, а конкретний генетичний механізм підтверджувати додатково.

Враховуючи генетичне різноманіття, сіянці істотно різняться за життєздатністю, темпами росту, строками бульбоутворення й відмирання надземної частини, що змінює тривалість контакту з інфекційним фоном і ускладнює порівняння.

Оцінка фітофторозу й альтернarioзу на стадії в сіянців обмежена: окрема рослина може уникнути достатнього інфекційного навантаження, а сильні симптоми інколи пов'язані із загальним ослабленням. Доступнішим об'єктом є бульби. Виражені ураження паршею можуть бути підставою для негативного добору, але відсутність симптомів не підтверджує стійкість через малу кількість бульб, ґрунтові умови та нерівномірність ураження збудник. Надмірно жорстка браковка за слабкими чи сумнівними симптомами може призвести до втрати генотипів із цінним поєднанням ознак [9].

Отже, у сіянців необхідно проводити помірний негативний добір: вилучення явно уражених, нежиттєздатних форм із одночасним збереженням різноманіття.

Однобульбове покоління поєднує польове спостереження і післязбиральний аналіз гнізда. Одна рослина з бульби зберігає широкий обсяг матеріалу притаманний сіянцям, але не забезпечує повторності, тому оцінка є підставою лише для попереднього добору. За природного фону доцільно проводити кілька обліків фітофторозу й альтернarioзу, враховуючи строк появи симптомів, швидкість їх розвитку та тривалість збереження активної надземної маси.

Добір однобульбових гібридів включає оцінку загального фітосанітарного стану. Рослини з явно вираженими вірусоподібними симптомами вилучають незалежно від реакції на фітофтороз чи альтернarioз [10].

В бульбових поколіннях обов'язково повторно оцінюють листові хвороби, вірусоподібні симптоми, стан рослин і бульб. Однорідний низький рівень ураження в межах клону надійніший за відсутність симптомів на одній рослині.

Підставою для браковки можуть бути мозаїчність, деформація і скручування листків, нерівномірне

забарвлення, пригнічення росту та карликовість, однак візуально не завжди можливо визначити конкретний вірус або відрізнити інфекцію від неінфекційного порушення [11].

Вірусна інфекція змінює ріст, площу листків, стиглість і продуктивність, спотворюючи оцінку реакції на цільові хвороби. Через вегетативне розмноження інфекція зберігається в наступних поколіннях, а бульби ураженої рослини ускладнюють подальшу оцінку клону.

Візуальна оцінка не замінює лабораторної діагностики, проте придатна для вилучення рослин із явними системними симптомами; сумнівні випадки оцінюють з урахуванням морфології й неінфекційних причин [12].

Отже, комплексний добір охоплює фітофтороз, альтернаріоз, вірусоподібні симптоми, життєздатність і стан бульбового гнізда; розмножують лише форми, що відповідають сукупності критеріїв.

Післязбиральний аналіз на цьому етапі виявляє ураження, непомітні протягом вегетації. Дослідження ураження паршею особливо важливі, оскільки вони знижують товарність і насінневу цінність бульб. Ураження паршею мають подібні зовнішні прояви, але різну етіологію, тому їх не слід автоматично об'єднувати без урахування симптомів [13].

Звичайну паршу спричиняють фітопатогенні *Streptomyces*; її прояв залежить від ґрунту, рН, температури, вологості під час формування бульб та інфекційного навантаження. Чорна парша, або ризоктоніоз, проявляється склероціями *Rhizoctonia solani* на бульбах і може впливати на проростання, сходи та підземні органи. Срібляста парша стає виразнішою під час зберігання. Горбкувата й порошиста парша мають специфічні симптоми, але їх надійна ідентифікація залежить від регіональних умов і складу патогенів.

Під час збирання проводять попередню диференціацію, а за нетипових чи змішаних симптомів – додаткову діагностику. У ранній селекції головним є вилучення форм із чітко небажаним ураженням.

За однієї-двох бульб відсутність симптомів має низьку прогностичну цінність, тоді як виражене ураження навіть невеликої кількості бульб може бути підставою для негативного добору. Оцінюють частку уражених бульб, площу і тип симптомів та наявність здорового матеріалу для розмноження, оскільки поодинокі й масові ураження мають різне селекційне значення [14].

Поряд із фітосанітарним станом враховують життєздатність: дуже низька продуктивність або відсутність придатних бульб можуть перешкодити переведенню генотипу далі в селекційному процесі.

На зазначеному етапі селекційної роботи необхідно обґрунтувати ризики раннього негативного добору та збереження генетичного різноманіття. Оптимальною є браковка за чітких сильних симптомів; слабкі чи сумнівні прояви оцінюють разом зі станом рослини, розвитком хвороби на ділянці та можливістю повторної перевірки.

Слід зазначити, що у популяціях із широким розщепленням генотип може бути цінним як донор окремої ознаки, навіть якщо не відповідає всім вимогам сорту. Тому слід відрізняти непридатні форми від матеріалу, який варто зберегти.

Отже, ранній негативний добір є первинним фільтром, а його ефективність визначається скороченням матеріалу без необґрунтованої втрати потенційно цінних генотипів.

В секції картоплі на стійкість до хвороб слід враховувати природний інфекційний фон як умову раннього добору. Саме фон дає змогу оцінювати генотип у реальній взаємодії з патогенним комплексом і середовищем. Тому перевірка за роками вирощування виявляє залежність стійкості від середовища [11].

Слід враховувати, що на природному фоні (на який впливає погода, ґрунтові умови та строки формування врожаю) навіть за несприятливих умов частина сприйнятливих форм не проявляє симптомів. Тому базовим в оцінці природного фону становить те, що найбільш інформативний він стає за вираженого ураження контролів і достатньої рівномірності симптомів. Інакше результати слід вважати попередніми і підтверджувати в наступному сезоні [15].

За слабого фону безсимптомні форми можуть виявитися сприйнятливими, тоді як помірне ураження в рік сильної епіфітотії може свідчити про відносно високу польову стійкість. Генотип, що зберігає низьке ураження за різної інтенсивності природного фону, має вищу селекційну цінність.

У міру збільшення матеріалу критерії посилюють: від негативного добору найбільш небажаних форм переходять до позитивного відбору генотипів, що поєднують низьке ураження, життєздатність і здатність до розмноження.

Узагальнюючи підходи до раннього селекційного добору слід відзначити, що проведений аналіз показав, що відмінності між ранніми етапами селекційного процесу визначаються не лише переліком доступних для оцінювання хвороб, а насамперед рівнем представленості генотипу та можливістю повторного підтвердження його реакції. Зі збільшенням кількості рослин одного генотипу послідовно зростає обсяг інформації про його фітосанітарний стан, підвищується надійність оцінки та зменшується ризик безповоротної втрати перспективного матеріалу внаслідок помилкового негативного рішення.

На підставі встановленої залежності між представленістю генотипу, надійністю його фітопатологічної оцінки та ризиком помилкового вибраковування сформовано науково-методичний підхід до поетапного добору гібридного матеріалу картоплі. Його основним положенням є узгодження жорсткості селекційного рішення з доказовістю інформації, доступної на відповідному етапі селекційного процесу. Практичну реалізацію запропонованого підходу наведено в табл. 1.

Як бачимо, кожний етап формує окремий рівень інформації, тому критерії не дублюють, а послідовно уточнюють відповідно до кількості матеріалу.

У сіянців вилучають явно уражені й нежиттєздатні форми без надмірного звуження різноманіття. В однобульбовому поколінні проводять комплексний фітосанітарний добір, а в наступних клонових поколіннях посилюють позитивний відбір за стійкістю, життєздатністю і здатністю до розмноження.

В селекційній практиці завжди існує питання надійності оцінки та ціни помилкового вибраковування. Узагальнені

Таблиця 1

Система поетапного добору гібридного матеріалу картоплі за стійкістю до хвороб

Етап селекційного процесу	Представленість генотипу	Основні об'єкти оцінювання	Переважає характер добору
Сіянци з ботанічного насіння	Одна рослина, обмежена кількість бульб	Життєздатність, здатність до бульбоутворення, виражені ураження бульб	Помірний негативний
Однобульбове покоління	Одна вегетативно відтворена рослина	Фітофтороз, альтернаріоз, вірусоподібні симптоми, життєздатність, стан бульбового гнізда	Комплексний негативний і попередній позитивний
Наступні клонові покоління	Кілька рослин одного генотипу	Повторний прояв листових і бульбових хвороб, однорідність реакції, життєздатність	Підтверджувальний, із посиленням позитивного добору
Повторне оцінювання за роками вирощування	Розмножений клон	Стабільність реакції за різної інтенсивності інфекційного фону, поєднання стійкості з життєздатністю	Уточнювальний і позитивний

Таблиця 2

Диференціація селекційного рішення залежно від надійності оцінювання та ціни помилкового вибраковування

Етап селекційного процесу	Надійність оцінки	Ціна помилкового вибраковування	Селекційне рішення
Сіянци з ботанічного насіння	Низька; повторна оцінка того самого фенотипу неможлива	Дуже висока – втрата унікального генотипу є безповоротною	Вилучення лише явно небажаних форм; збереження сумнівного матеріалу для подальшої перевірки
Однобульбове покоління	Обмежена; реакція однієї рослини потребує підтвердження	Висока – генотип може бути втрачений до перевірки відтворюваності реакції	Попередній відбір генотипів для клонового розмноження
Наступні клонові покоління	Середня–висока; можлива перевірка відтворюваності	Помірна – рішення ґрунтується на реакції кількох рослин	Підтвердження стійкості та виділення перспективних клонів
повторне оцінювання за роками вирощування	Висока за достатнього розвиту хвороб і повторюваності реакції	Відносно низька – рішення спирається на накопичену багаторічну інформацію	Виділення форм із підтвердженою польовою стійкістю

можливості, обмеження та запропоноване селекційне рішення наведено в табл. 2.

Отже, ранній добір за стійкістю до хвороб доцільно розглядати як систему послідовних селекційних фільтрів із асиметричною ціною помилки: на етапах низької представленості генотипу потенційні наслідки його помилкового вилучення є значно більшими, ніж наслідки тимчасового збереження сприйнятливої форми для наступної перевірки. У міру накопичення інформації ця невизначеність зменшується, що створює підстави для переходу від обережного негативного добору до підтверджувального та позитивного відбору найбільш цінних генотипів.

Висновки. В результаті проведеного аналізу з сформульованих наступних етапів оцінювання стійкості картоплі до основних хвороб:

1. Обґрунтовано науково-методичний підхід до поетапного оцінювання та добору гібридного матеріалу картоплі за стійкістю до хвороб, в основу якого покладено узгодження жорсткості селекційного рішення з представленістю генотипу, надійністю отриманої оцінки та можливістю її повторного підтвердження.

2. Запропоновано розглядати оцінювання стійкості як послідовне накопичення інформації про реакцію генотипу: від первинної фітосанітарної оцінки сіянців і комплексного добору в однобульбовому поколінні до підтвердження відтворюваності реакції в наступних клонових поколіннях та за повторного оцінювання в різні роки вирощування.

3. Обґрунтовано доцільність урахування «ціни помилки добору» як складової прийняття селекційного рішення. За низької представленості генотипу потенційні наслідки його помилкового вилучення є вагомими, ніж тимчасове збереження сприйнятливої форми для наступної перевірки. Урахування цієї асиметрії дає змогу диференціювати жорсткість браковки та зменшити ризик безповоротної втрати потенційно цінного матеріалу.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з експериментальною перевіркою запропонованого науково-методичного підходу та встановленням відтворюваності результатів оцінювання і добору гібридного матеріалу картоплі в наступних клонових поколіннях і в різні роки вирощування. Подальшого обґрунтування потребує прогностична цінність окремих критеріїв ранньої браковки

залежно від представленості генотипу та інтенсивності природного інфекційного фону. Окремим напрямом є кількісна оцінка «ціни помилки добору», що дозволить визначити оптимальну жорсткість селекційного рішення на послідовних етапах селекційного процесу та зменшити ризик безповоротної втрати потенційно цінного матеріалу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Кравченко Н. В., Подгаєцький А. А., Христенко А. О., Задорожний А. Л., Четверик Б. М. Пошук стійкості до м'якої гнилі картоплі в умовах Північно-Східного Лісостепу України. Український журнал природничих наук. 2025. Вип. 11. С. 152–161.
2. Silva G. O., Pereira A. S. Seleção em gerações iniciais para caracteres agrônômicos em batata. *Horticultura Brasileira*. 2011. Vol. 29, No. 4. P. 449–455. DOI: 10.1590/S0102-05362011000400001.
3. Gastelo M., Perez W., Quispe K., Pozo V. Phenotypic stability and correlation for late blight resistance in advanced potato clones under field and controlled conditions. *American Journal of Potato Research*. 2022. Vol. 99. P. 150–159. DOI: 10.1007/s12230-022-09861-8.
4. Bradshaw J. E. Potato-breeding strategy. In: Vreugdenhil D. et al. (eds.). *Potato Biology and Biotechnology: Advances and Perspectives*. Amsterdam: Elsevier, 2007. P. 157–177. DOI: 10.1016/B978-044451018-1/50050-6.
5. Bradshaw J. E. *Potato Breeding: Theory and Practice*. Cham: Springer, 2021. XVII, 563 p. DOI: 10.1007/978-3-030-64414-7.
6. Burbano-Figueroa O. Plant resistance to pathogens: A review describing the vertical and horizontal resistance concepts. *Revista Argentina de Microbiología*. 2020. Vol. 52, No. 3. P. 245–255. DOI: 10.1016/j.ram.2020.04.006.
7. Cowger C., Brown J. K. M. Durability of quantitative resistance in crops: Greater than we know? *Annual Review of Phytopathology*. 2019. Vol. 57. P. 253–277. DOI: 10.1146/annurev-phyto-082718-100016.
8. Paluchowska P., Śliwka J., Yin Z. Late blight resistance genes in potato breeding. *Planta*. 2022. Vol. 255. Article 127. DOI: 10.1007/s00425-022-03910-6.
9. Pinto C. A. B. P., Valverde V. I. R., Rossi M. S. Efficiency of selection in the early clonal generations of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 1994. Vol. 29, No. 5. P. 771–778. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab1994.v29.4114.
10. Подгаєцький А. А. Використання біологічних особливостей форм картоплі при її вирощуванні та отриманні відносно здорового насіннєвого матеріалу. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія». 2012. Вип. 2. С. 167–171.
11. Abuley I. K., Hansen J. G. Characterization of the level and type of resistance of potato varieties to late blight (*Phytophthora infestans*). *Phytopathology*. 2022. Vol. 112, No. 9. P. 1917–1927. DOI: 10.1094/PHYTO-07-21-0309-R.
12. 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, No. 2. P. 87–95. DOI: 10.31210/spi2025.28.02.14.
13. Xue W., Haynes K. G., Qu X. Resistance to *Phytophthora infestans* clonal lineage US-23 in potato cultivars and its relationship with early blight resistance and tuber yield. *Plant Disease*. 2021. Vol. 105, No. 12. P. 3778–3786. DOI: 10.1094/PDIS-03-21-0594-RE.
14. Mondal S., Wintermantel W. M., Gray S. M. Infection dynamics of Potato virus Y isolate combinations in three potato cultivars. *Plant Disease*. 2023. Vol. 107, No. 1. P. 157–166. DOI: 10.1094/PDIS-09-21-1980-RE.
15. Wu P.-Y., Stich B., Hartje S., Muders K., Prigge V., van Inghelandt D. Optimal implementation of genomic selection in clone breeding programs exemplified in potato: II. Effect of selection strategy and cross-selection method on long-term genetic gain. *The Plant Genome*. 2025. Vol. 18. Article e70000. DOI: 10.1002/tpg2.70000.

REFERENCES:

1. Kravchenko N.V., Podhaietskyi A.A., Khrystenko A.O., Zadorozhnyi A.L., Chetveryk B.M. (2025), *Poshuk stiikosti do miakoi hnyli kartopli v umovakh Pivnichno-Skhidnoho Lisostepu Ukrainy* [Search for resistance to potato soft rot under the conditions of the North-Eastern Forest-Steppe of Ukraine], *Ukrainskyi zhurnal pryrodnychkh nauk*, vol. 11, pp. 152–161. [in Ukrainian]
2. Silva G.O., Pereira A.S. (2011), *Seleção em gerações iniciais para caracteres agrônômicos em batata*, *Horticultura Brasileira*, vol. 29, no. 4, pp. 449–455. DOI: 10.1590/S0102-05362011000400001.
3. Gastelo M., Perez W., Quispe K., Pozo V. (2022), *Phenotypic stability and correlation for late blight resistance in advanced potato clones under field and controlled conditions*, *American Journal of Potato Research*, vol. 99, pp. 150–159. DOI: 10.1007/s12230-022-09861-8.
4. Bradshaw J.E. (2007), *Potato-breeding strategy*, in Vreugdenhil D. et al. (eds.), *Potato Biology and Biotechnology: Advances and Perspectives*, Elsevier, Amsterdam, Netherlands, pp. 157–177. DOI: 10.1016/B978-044451018-1/50050-6.
5. Bradshaw J.E. (2021), *Potato Breeding: Theory and Practice*, Springer, Cham, Switzerland, 563 p. DOI: 10.1007/978-3-030-64414-7.
6. Burbano-Figueroa O. (2020), *Plant resistance to pathogens: A review describing the vertical and horizontal resistance concepts*, *Revista Argentina de Microbiología*, vol. 52, no. 3, pp. 245–255. DOI: 10.1016/j.ram.2020.04.006.
7. Cowger C., Brown J.K.M. (2019), *Durability of quantitative resistance in crops: Greater than we know?*, *Annual Review of Phytopathology*, vol. 57, pp. 253–277. DOI: 10.1146/annurev-phyto-082718-100016.
8. Paluchowska P., Śliwka J., Yin Z. (2022), *Late blight resistance genes in potato breeding*, *Planta*, vol. 255, article 127. DOI: 10.1007/s00425-022-03910-6.
9. Pinto C.A.B.P., Valverde V.I.R., Rossi M.S. (1994), *Efficiency of selection in the early clonal generations of potato (Solanum tuberosum L.)*, *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 29, no. 5, pp. 771–778. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab1994.v29.4114.
10. Podhaietskyi A.A. (2012), *Vykorystannia biolohichnykh osoblyvostei form kartopli pry yii vyroshchuvanni ta otrymanni vidnosno zdorovoho nasinnievoho materialu* [Use of biological characteristics of potato forms in cultivation and production of relatively healthy seed material], *Visnyk Sumskoho natsionalnoho aharnoho universytetu. Seriiia «Ahronomiia i biolohiia»*, vol. 2, pp. 167–171. [in Ukrainian]
11. Abuley I.K., Hansen J.G. (2022), *Characterization of the level and type of resistance of potato varieties to*

- late blight (*Phytophthora infestans*), *Phytopathology*, vol. 112, no. 9, pp. 1917–1927. DOI: 10.1094/PHYTO-07-21-0309-R.
12. 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*, vol. 28, no. 2, pp. 87–95. DOI: 10.31210/spi2025.28.02.14.
 13. Xue W., Haynes K.G., Qu X. (2021), Resistance to *Phytophthora infestans* clonal lineage US-23 in potato cultivars and its relationship with early blight resistance and tuber yield, *Plant Disease*, vol. 105, no. 12, pp. 3778–3786. DOI: 10.1094/PDIS-03-21-0594-RE.
 14. Mondal S., Wintermantel W.M., Gray S.M. (2023), Infection dynamics of Potato virus Y isolate combinations in three potato cultivars, *Plant Disease*, vol. 107, no. 1, pp. 157–166. DOI: 10.1094/PDIS-09-21-1980-RE.
 15. Wu P.-Y., Stich B., Hartje S., Muders K., Prigge V., van Ingelhardt D. (2025), Optimal implementation of genomic selection in clone breeding programs exemplified in potato: II. Effect of selection strategy and cross-selection method on long-term genetic gain, *The Plant Genome*, vol. 18, article e70000. DOI: 10.1002/tpg2.70000.

Бердін С.І., Собран І.В., Данілов І.Р. Поетапне оцінювання та добір гібридного матеріалу картоплі за стійкістю до хвороб на ранніх етапах селекції

Мета. Обґрунтувати науково-методичний підхід до поетапного оцінювання та добору гібридного матеріалу картоплі за стійкістю до хвороб на ранніх етапах селекційного процесу з диференціацією критеріїв селекційного рішення залежно від представленості генотипу, надійності отриманої оцінки та можливості її підтвердження в наступних клонових поколіннях. **Методи.** Науково-методичний підхід формували на основі порівняльного аналізу можливостей фітопатологічного оцінювання гібридного матеріалу на послідовних етапах селекційного процесу. Для покоління сіянців, однобульбового та наступних клонових поколінь зіставляли представленість генотипу, доступні об'єкти оцінювання, можливість повторного підтвердження реакції та ризик помилкового селекційного рішення. Наукові публікації з питань селекції картоплі, фітопатології та генетики стійкості використовували для теоретичного обґрунтування критеріїв і обмежень запропонованої системи.

Результати. Обґрунтовано залежність жорсткості селекційного рішення від представленості генотипу та надійності інформації про його реакцію на ураження хворобами. Для сіянців, представлених однією рослиною та обмеженою кількістю бульб, доцільним визначено помірний негативний добір із вилученням форм із чітко вираженими небажаними ознаками. В однобульбовому поколінні запропоновано комплексне оцінювання, що поєднує облік листових хвороб і вірусоподібних симптомів із післязбиральним аналізом бульбового гнізда, при цьому реакцію однієї рослини розглядають як попередню. Зі збільшенням представленості генотипу в наступних клонових поколіннях зростає можливість підтвердження відтворюваності його реакції, що створює підстави для переходу від обережного негативного до підтверджувального та позитивного добору. Запропоновано розглядати цей процес як послідовне накопичення інформації, за якого жорсткість селекційного рішення зростає разом із його доказовістю. Методичною складовою підходу визначено «ціну

помилки добору», що характеризує нерівнозначність наслідків помилкового вилучення перспективного генотипу та тимчасового збереження сприйнятливої форми для наступної перевірки. **Висновки.** Запропонований науково-методичний підхід передбачає узгодження критеріїв і жорсткості добору з обсягом інформації, доступної на відповідному етапі селекційного процесу. За низької представленості генотипу перевагу слід надавати помірному негативному добору, тоді як клонове розмноження та повторне оцінювання в різні роки вирощування створюють основу для підтвердження відтворюваності реакції та посилення позитивного добору. Урахування «ціни помилки добору» дозволяє диференціювати селекційні рішення та зменшити ризик безповоротної втрати потенційно цінного матеріалу на ранніх етапах селекції.

Ключові слова: фітопатологічне оцінювання, природний інфекційний фон, клонове розмноження, фітосанітарна браковка, генотипова реакція, польова резистентність, селекційний фільтр, ціна помилки.

Berdin S.I., Sobran I.V., Danilov I.R. Stepwise evaluation and selection of hybrid potato material for disease resistance at the early stages of breeding

Purpose. To substantiate a scientific and methodological approach to the stepwise evaluation and selection of hybrid potato material for disease resistance at the early stages of the breeding process, with differentiation of breeding decision criteria according to genotype representation, the reliability of the obtained evaluation, and the possibility of confirming the response in subsequent clonal generations.

Methods. The scientific and methodological approach was developed through a comparative analysis of the possibilities for phytopathological evaluation of hybrid material at successive stages of the breeding process. For the seedling, single-tuber, and subsequent clonal generations, genotype representation, available objects of evaluation, the possibility of repeated confirmation of genotype response, and the risk of an erroneous breeding decision were compared. Scientific publications on potato breeding, phytopathology, and the genetics of resistance were used to provide the theoretical basis for the criteria and limitations of the proposed system.

Results. The relationship between the stringency of breeding decisions, genotype representation, and the reliability of information on disease response was substantiated. For seedlings represented by a single plant and a limited number of tubers, moderate negative selection with the elimination of forms showing clearly expressed undesirable traits was considered appropriate. In the single-tuber generation, a comprehensive evaluation combining assessment of foliar diseases and virus-like symptoms with post-harvest examination of tubers from individual plants was proposed, while the response of a single plant should be regarded as preliminary. As genotype representation increases in subsequent clonal generations, the possibility of confirming the reproducibility of its response also increases, providing a basis for transition from cautious negative selection to confirmatory and positive selection. This process is proposed to be considered as the sequential accumulation of information, in which the stringency of breeding decisions increases together with the strength of the supporting evidence. The “cost of selection error” was introduced as a methodological component of the approach, reflecting the unequal consequences of erroneous elimination of a promising genotype and temporary retention of a susceptible form for subsequent evaluation.

Conclusions. The proposed scientific and methodological approach provides for aligning selection criteria and decision stringency with the amount and reliability of information available at a particular stage of the breeding process. When genotype representation is limited, moderate negative selection should be preferred, whereas clonal propagation and repeated evaluation in different growing years provide a basis for confirming the reproducibility of genotype response

and strengthening positive selection. Consideration of the “cost of selection error” makes it possible to differentiate breeding decisions and reduce the risk of irreversible loss of potentially valuable material at the early stages of breeding.

Key words: phytopathological screening, natural infection pressure, clonal propagation, phytosanitary culling, genotypic response, pathogen complex, evidential basis for decision-making, cost of error.

Дата першого надходження статті до видання: 02.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026