

ВІДБІР ДЖЕРЕЛ СТІЙКОСТІ КАРТОПЛІ ДО РАКУ *SYNCHYTRIUM ENDOBIOTICUM* (SCHILBERSKY) PERCIVAL

Представлено результати досліджень з відбору сортів та селекційного матеріалу картоплі, отриманого від різних комбінацій схрещувань вихідних батьківських форм, щодо стійкості до патотипів (1, 11, 13, 18 та 22) раку картоплі *Synchytrium endobioticum* (Schilbersky) Percival, поширених в Україні. В дослідження залучено 4366 гібридів картоплі, отриманих від шести науково-дослідних установ України. Оцінку селекційного матеріалу на стійкість до звичайного 1(D1) і агресивних патотипів збудника раку картоплі проводили в лабораторних умовах Української науково-дослідної станції карантину рослин ІЗР НААН на штучному інфекційному фоні згідно з EPPO Standard PM 27/8 /1 та PM 27/8/2 та польових умовах на природному інфекційному фоні за загальноприйнятими методиками. Провели гібридологічний аналіз успадкування стійкості до раку гібридів картоплі, отриманих за різних комбінацій схрещування вихідних батьківських форм. Внаслідок тестування 4366 зразків картоплі виділено 3969, стійких до звичайного патотипу 1(D1) збудника раку у попередньому випробуванні, та 159 – у державному польовому. У варіантах схрещувань вихідних батьківських форм: *стійкий* (♀) х *стійкий* (♂) з 2306 гібридів картоплі отримано 2297 (99,6 %) стійких; *стійкий* (♀) х *сприйнятливий* (♂) з 529 зразків картоплі – 335, або 57,9 %; *сприйнятливий* (♀) х *стійкий* (♂) з 423 зразків картоплі – 236 (44,2 %) стійких; *сприйнятливий* (♀) х *сприйнятливий* (♂) з 8 гібридів отримано 1 (12,5 %) стійкий до раку. З 159 зразків, стійких до звичайного патотипу 1, що виділено у державному польовому випробуванні, лише п'ять проявили стійкість до всіх агресивних патотипів збудника: Ф-15 (Солоха), 208.ч.10 (Хортиня), ВМ12.16-2, Н10.23/9 селекції Інституту картоплярства НААН та П10.45-7 – селекції Поліського дослідного відділення Інституту картоплярства НААН. За результатами досліджень сортів та гібридів картоплі різних комбінацій схрещувань виділено сорти, які можуть слугувати джерелами стійкості проти звичайного та агресивних патотипів збудника раку. Їх доцільно залучати в

селекційний процес як джерела стійкості до раку: Сантарка, Базис, Солоха, Хортиця, Оберіг, Божедар, Тирас, Партнер. З сортів картоплі іноземної селекції пропонуємо: Bellarosa, Gitte, Barbara, UMO 101117, UMO 101155. Ці сорти рекомендовано до впровадження у вогнищах збудника раку картоплі у Західному регіоні України.

Ключові слова: картопля, рак, патотипи, тестування, стійкість, селекція, успадкування, джерела стійкості, впровадження.

¹**Avrelya Zelya, ²Tetyana Oliynyk, ¹Gheorghiy Zelya**

¹Ukrainian Scientific Research Plant Quarantine Station of Plant Protection Institute NAAS

² Institute for potato research NAAS

Selection of sources of potato resistance to wart *Synchytrium endobioticum* (Schilbersky) Percival

The results of researches on the selection of potato varieties and breeding material of potato, obtained from various combinations of crosses of the original parental forms, resistant to potato wart pathotypes (1, 11, 13, 18 and 22) *Synchytrium endobioticum* (Schilbersky) Percival, widespread in Ukraine, are presented. 4366 potato hybrids were used in researches. They were received from six scientific and research institutions of Ukraine. The evaluation of breeding material for resistance to the common 1(D1) and aggressive pathotypes of the potato wart pathogen was performed in the laboratory of the Ukrainian scientific-research plant quarantine station IPP NAAS (on artificial infectious background as per EPPO Standards PM 27/8/1 and PM 27/8/2) and in field conditions (on natural infectious background) according to approved techniques. The hybridological analysis of inherited resistance to wart of potato hybrids, obtained by different cross combination of initial parent forms was conducted. As a result of testing 4366 potato samples, 3969 showed the resistance to common pathotype 1(D1) during previous testing and 159 showed the resistance during state testing. In variants of initial parent forms crossing resistant (♀) resistant (♂) out of 2306 potato hybrids 2297 (99,6%) resistant ones were received; resistant (♀) x favourable (♂) from 529 – 335 or 57,9 %; favourable (♀) x resistant (♂) out of 423 potato samples 236 (44,2 %) resistant ones; favourable (♀) x favourable (♂) from 8 hybrids received 1 (12,5 %) resistant sample to wart. Only five samples out of 159 showed the resistance to aggressive potato wart pathogen: F-15 (Solocha), 208.p.10 (Chortytsya), BM 12.16-2, H.10.23/9 by breeding of Institute of Potato Growing of NAAS and P 10.45 by breeding of Polyssian research division of Institute of Potato Growing of NAAS. These varieties were identified by the results of testing against common and aggressive pathotypes of potato wart pathogens. The following varieties of Ukrainian breeding: Santarka, Bazys, Tyras, Solocha, Chortytsya, Oberig, Bozhedar, Partner are proposed to use in breeding process as a source of resistance to potato wart. Varieties Bellarosa, Gitte, Barbara, UMO 101117, UMO 101155 from foreign breeding are proposed to use in the hotbed of potato wart in western region of Ukraine.

Key words: potato, wart, pathotypes, testing, resistance, breeding,

Вступ. Проблема стійкості картоплі проти збудника раку *Synchytrium endobioticum* (Schilbersky) Percival не втрачає своєї актуальності вже понад 80 років, коли вперше було виявлено захворювання в Україні. Рак картоплі є об'єктом карантинного значення в багатьох країнах світу [8]. Збудник належить до порядку простих грибів і є внутришньоклітинним облігатним паразитом. Він вузькоспеціалізований і уражує рослини з родини пасльонових: картоплю, томати, пасльон, фізаліс та ін. За даними J. Przetachewich [28, 29], він зберігається у ґрунті у вигляді зимових зооспорангіїв до 46 років і здатний зменшувати урожай картоплі навіть до 90–100 %, що особливо притаманно для дрібнотоварного виробництва на присадибних ділянках. Пов'язано це не лише з високою шкодочинністю збудника, а й його властивостями пристосовуватися до несприятливих умов навколишнього середовища, і зокрема шляхом утворення нових, більш агресивних патотипів [13]. Спостереження за поширенням та шкодочинністю *S. endobioticum* на території Європейської частини континенту показали, що найчастіше вогнища агресивних патотипів збудника виявляються у гірських регіонах, розташованих на висоті понад 400 м над рівнем моря, де кількість опадів впродовж вегетаційного періоду перевищує 600 мм. Відомо також, що появі агресивних патотипів збудника передують тривале вирощування стійких сортів картоплі, особливо якщо практикують монокультуру [30].

На теперішній час у світі відомі до 40 агресивних патотипів збудника раку [14, 21, 23]. На Європейській частині континенту більш поширеними є патотипи *S. endobioticum* 1(D1) – далемський, або звичайний; агресивні: 2(G1), 6(O1) та 18(T1) [27].

З 1961 р. в Україні ідентифіковано п'ять патотипів: 1 (D1) – далемський; 11 (M) – Міжгірський; 13 (R2) – Рахівський; 18 (Ya) – Ясінівський, що поширені у Закарпатській області та 22 (B) – Бистрецький – у Івано-Франківській області [8]. Для боротьби з раком картоплі використовують різні засоби: агротехнічні, хімічні та біологічні. Найбільш економічно доцільним та ефективним заходом контролю збудника залишається впровадження в аграрне виробництво стійких сортів культури [2, 4, 30]. Цим і обумовлена потреба створення сортів картоплі з широкою генетичною базою за ознакою стійкості до різних хвороб та шкідників [1, 3, 5, 6, 7]. На сьогодні розвивається новий напрям селекції картоплі – створення спеціальних сортів з кольоровим м'якушем – джерел антиоксидантів для

дієтичного харчування людей [12].

Селекція стійкості картоплі до раку складається з комплексу моделей схрещування батьківських форм [20, 31], що вміщують різні гени та алелі, які є стійкими до патотипів раку [25]. У селекції, як важливі джерела стійкості до хвороб, використовують тетраплоїдні форми картоплі [31].

У Європі значних успіхів досягла селекція стійкості картоплі до звичайного патотипу збудника раку D1 [15, 22, 27]. Plich J. та ін. картографували ген стійкості до раку, який розміщений на X1 хромосомі картоплі [26]. Дослідженнями Groth J. та ін. дано молекулярну характеристику стійкості тетраплоїдних форм картоплі до патотипів D1, 2(G1), 6(O1) та 18(T1), які поширені в Європі [24].

В Україні затверджено селекційну програму зі створення нових сортів картоплі з комплексною стійкістю до хвороб та шкідників з використанням не тільки тетраплоїдних, а і гексаплоїдних форм, які є донорами стійкості до деяких хвороб.

Вагомий внесок у створення сортів картоплі, стійких до хвороб, зробили видатні селекціонери України: Терещенко О. В., Влох В. Г., Осипчук А. А., Сидорчук В. І., Нечипорук І. Д., Тимошенко І. І., Завірюха П. Д., Ільчук Л. А., Гончаров М. Д., Кожушко Н. С., Підгаєцький А. А., Равлик Д. В. На теперішній час продовжують селекційну роботу молоді селекціонери, серед яких Фурдига М. М., Писаренко Н. В., Ільчук Р. В.

Мета роботи – дослідити успадкування стійкості селекційного матеріалу картоплі до патотипів (1, 11, 13, 18 та 22) раку, поширених в Україні, за різних комбінацій схрещування вихідних батьківських форм для використання у селекційному процесі як джерела стійкості до *Synchytrium endobioticum* та для впровадження у регіонах зі спалахами хвороби.

Матеріали і методи. Упродовж 2011–2019 рр. для дослідження успадкування стійкості до звичайного патотипу 1 *Synchytrium endobioticum* використовували 4366 зразків картоплі у попередньому випробуванні, 159 гібридів – у державному випробуванні, отриманих із шести селекційно-дослідних установ України.

Оцінку селекційного матеріалу на стійкість до звичайного і агресивних патотипів збудника раку картоплі проводили в лабораторних (на штучному інфекційному фоні) та польових умовах (на природному інфекційному фоні) за загальноприйнятими методиками [9–11].

Методика зараження паростків бульб картоплі зимовими

зооспорами, що перебували у стані спокою. Зараження зразків картоплі зооспорами із зимуючих зооспорангіїв збудника раку проводили згідно з EPPO Standard PM-28 (1) [16] та EPPO Standard PM-28 (2) [17], відповідно до європейських фітосанітарних процедур [18, 19], у лабораторних умовах. Для створення штучного інфекційного фону використовували ґрунт, відібраний безпосередньо у місцях виявлених вогнищ хвороби, який змішували із перлітом у співвідношенні 1:1 для формування інфекційного навантаження на рівні 40–50 зимових зооспорангіїв збудника хвороби на 1 г ґрунту. Суміш вносили у спеціальні пластикові контейнери (30x40 см), в які висаджували досліджувані зразки картоплі. Дослід закладали у трикратному повторенні; як контроль використовували сприйнятливі до всіх місцевих патотипів раку сорти Поліська рожева та Лорх. Контейнери залишали у лабораторії протягом 75 діб за 60–80-відсоткової вологості, освітлення 1600 люкс 12/12 за температури 17–18 °С, через кожні три доби їх поливали, раз на тиждень проводили розпушування, і через 75 діб визначали реакцію зразків картоплі на зараження збудником раку (рис. 1). Для цього рослини підкопували з контейнерів і підраховували ракові нарости з кожного дослідного зразка, а також з контрольних сортів картоплі [10]. Результати вважали достовірними, якщо ураження контрольного сорту становило не менше 80 %.



Рис. 1. Тестування зразків картоплі на штучному інфекційному фоні за використання зимових зооспор збудника раку

Методика зараження паростків бульб картоплі літніми зооспорами зі свіжих ракових пухлин. Оцінку стійкості рослин за використання літніх зооспор збудника, одержаних зі свіжих ракових наростів, проводили за методикою, гармонізованою з вимогами ЄС [9]. Для цього навколо паросткової частини бульби картоплі за допомогою підігрітої суміші парафіну та вазеліну (1:1) прикріплювали паперове кільце. У кільце наливали дистильовану воду і додавали 0,5 см³ свіжого наросту раку, який вміщував літні зооспори збудника

(рис. 2). Для стимулювання зараження зразки інкубували в клімокамері за температури 11 °С. Через 24 год з бульб картоплі знімали паперові кільця і продовжували інкубування у клімокамері за температури 17–18 °С, вологості 80 % упродовж 20 діб без освітлення. Після закінчення вказаного терміну визначали реакцію зразків картоплі на зараження патогеном (рис. 3). Для цього паростки картоплі аналізували під мікроскопом (15x10) марки BioLight 300 (DELTA optical - Польща) і визначали ступінь ураження за такою шкалою: А – суцільна некротизована тканина, ультрарстійкий; В – некротизована тканина, стійкий; С – поодинокі соруси, некрози, слабостійкий; D – щільні соруси з деформацією паростка картоплі, сприйнятливий; Е – деформація паростка, раковий нарост, сприйнятливий.

Загальний бал (М) ураження сортів картоплі визначали за формулою: $M = [A+2B+3C+4D+5E] / n$,

де А, В, С, D, Е – ступінь ураження; 1, 2, 3, 4, 5 – кількість бульб, що отримали відповідний ступінь ураження; n – загальна кількість заражених бульб картоплі дослідного зразка.

У разі визначення загального ступеня ураження 1, 2 чи 3 дослідний зразок вважали стійким до збудника раку (R – resistant); ступенів 4 чи 5 – сприйнятливим (S – susceptible) [9].



Рис. 2. Зараження зразків картоплі літніми зооспорами *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc.

Вивчення стійкості селекційного матеріалу картоплі до патотипів раку у польових умовах. Оцінку та відбір стійкого до збудника раку селекційного матеріалу картоплі в польових умовах проводили на природному інфекційному фоні у вогнищах поширення

патогена у Західному регіоні України: до звичайного патотипу *S. endobioticum* (D1) – в смт. Берегомет Вишницького району Чернівецької області; до агресивних патотипів – у с. Майдан Міжгірського району (патотип 11), в м. Рахів (патотип 13), с. Ясіня (патотип 18) Рахівського району Закарпатської області і в с. Бистрець (патотип 22) Верховинського району Івано-Франківської області. Досліди закладали в триразовій повторності; як контроль використовували сприйнятливий до всіх патотипів раку картоплі сорт Поліська рожева згідно зі схемою (рис. 3):

К	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
К	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
6	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
7	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
8	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
К	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Рис. 3. Схема закладання польових дослідів з відбору джерел стійкості картоплі до патотипів раку

Польові досліді закладали у квітні. Упродовж вегетаційного періоду провели агротехнічні заходи догляду за рослинами картоплі. Проти шкідників провели обробку інсектицидом Конфідор (0,2 кг/га); хвороб – фунгіцидом Ридоміл Голд (2,5 кг/га). У серпні провели попередній облік уражених раком рослин, у вересні – основний облік за удосконаленою п'ятибальною шкалою. Відібрали зразки картоплі з комплексною стійкістю до патотипів раку [9].

Результати та обговорення. Впродовж 2011–2019 рр. проведено оцінку на стійкість до звичайного патотипу збудника раку 4366 зразків картоплі у лабораторних умовах, серед яких 3969 (90,9 %) визначено стійкими та 397 – сприйнятливими (табл. 1). Серед стійких сортозразків 159 передано до державного польового випробування; сприйнятливі зразки вибракували з подальших досліджень.

Найбільшу кількість стійких до раку гібридів картоплі відібрано з селекційного матеріалу Інституту сільського господарства Полісся НААН (95,6 %) та Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН (93,2 %). При випробуванні селекційного матеріалу

ПАТ НВО «Чернігівеліткартопля» стійкого до раку відібрано 93,1 %, Поліського дослідного відділення Інституту картоплярства НААН – 91,6 %, Інституту картоплярства НААН – 89,6 %, Гірського наукового підрозділу Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН – 80,9 % зразків (табл. 1).

1. Результати попереднього випробування селекційного матеріалу картоплі на стійкість до звичайного патотипу *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. (2011–2019 рр.)

Назва установи	Кількість зразків картоплі			
	всього	сприйнятливі	стійкі	% стійких
Інститут картоплярства НААН	1887	201	1686	89,6
Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН	205	14	191	93,3
Інститут сільського господарства Полісся НААН	274	12	262	95,6
Гірський науковий підрозділ Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН	110	21	89	80,9
ПАТ НВО «Чернігівеліткартопля»	647	44	603	93,1
Поліське дослідне відділення ІК НААН	1243	105	1138	91,6
Всього	4366	397	3969	90,9

За результатами проведеного гібридологічного аналізу щодо успадкування стійкості селекційного матеріалу картоплі до збудника раку у варіанті схрещування вихідних батьківських форм *стійкий* (♀) х *стійкий* (♂) за 2011–2019 рр. з 2306 випробуваних гібридів картоплі отримано 2297 стійких до збудника, що становило 99,6 %. У гібридизації використовували такі стійкі до патотипів раку сорти картоплі: Сантарка, Божедар, Базис, Глазурна, Тирас.

За результатами аналізу комбінації схрещування батьківських форм *стійкий* (♀) х *сприйнятливий* (♂) до раку з 529 зразків картоплі отримано 335, або 57,9 % стійкого потомства. Серед сприйнятливих до збудника раку картоплі є сорти Поліська рожева (рис. 4) та Тетерів, які мають високі показники якості: вміст білка, сухої речовини, крохмалю, незамінних амінокислот, високі смакові якості, і їх часто залучають до різних схем гібридизації [5].



Рис. 4. Симптоми ураження сорту картоплі Поліська рожева зимовими зооспорами *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc.

Аналіз комбінації схрещування *сприйнятливий* (♀) x *стійкий* (♂) показав, що з 423 зразків картоплі отримано 236 (44,2 %) стійких до хвороби.

За комбінації схрещування вихідних батьківських форм картоплі *сприйнятливий* (♀) x *сприйнятливий* (♂), що дуже рідко використовують селекціонери на практиці, з 8 гібридів отримано один (12,5 %) стійкий до збудника раку (табл. 2). Можемо припустити, що стійкість успадкувалася з однієї з вихідних батьківських форм, яку отримано у комбінації схрещування *стійкий* (♀) x *сприйнятливий* (♂), або *сприйнятливий* (♀) x *стійкий* (♂) (табл. 2).

За результатами державного випробування зразків картоплі до патотипів раку лише п'ять проявили стійкість до всіх агресивних патотипів збудника: Ф-15 (Солоха) – отриманий за схрещування УМО 101117 (♀) x Тирас (♂); 208.ч.10 (Хортиця) – отриманий за схрещування УМО 101117 (♀) x Сантарка (♂); ВМ 12.16-2 – схрещування 05.11с.108 (♀) x Bellarosa (♂); Н10.23/9 – схрещування 0167F1 (♀) x Bellarosa (♂); ВМ 12.16-2 – 05.11с108 (♀) x Bellarosa (♂); Н10.23/9 – 01.67F1 (♀) x Bellarosa (♂) – селекції Інституту картоплярства НААН та П10.45-7, отриманий при схрещуванні Тирас (♀) x Партнер (♂) – селекції Поліського дослідного відділення ІК НААН.

2. Результати успадкування стійкості картоплі до раку *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. за різних комбінацій схрещування батьківських форм (2011–2019 рр.)

Типи схрещувань	Дослід- жено гібридів	З них		% стійких гібридів
		стійких	сприй- нятливих	
Стійкий (♀) х стійкий (♂)	3306	3297	9	99,6
Стійкий (♀) х сприйнятливий (♂)	529	335	194	57,9
Сприйнятливий (♀) х стійкий (♂)	423	236	187	44,2
Сприйнятливий (♀) х сприйнятливий (♂)	8	1	7	12,5
Всього	4366	3969	397	90,9

За реакцією на ураження агресивними патотипами збудника 83 (52,2 %) сортозразки було охарактеризовано як стійкі до патотипу 11 (Міжгірського), 74 (46,5 %) – до патотипу 13 (Рахівського), 49 (30,8 %) – до патотипу 18 (Ясінівського) та 113 (71,1 %) – до патотипу 22 (Бистрецького) (табл. 3; рис. 5).

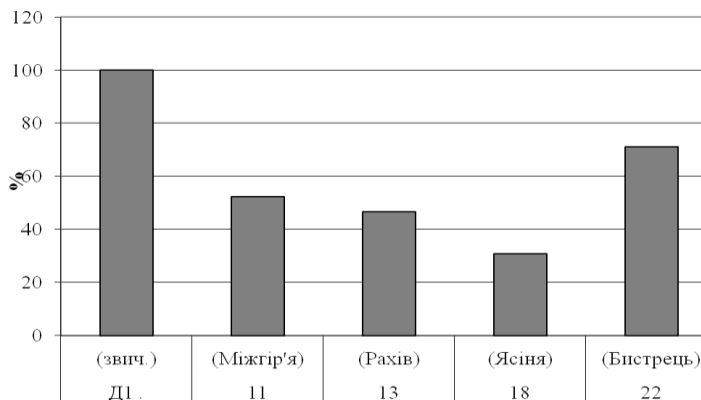


Рис. 5. Результати відбору джерел стійкості картоплі до всіх патотипів збудника *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. (2011–2019 рр.)

У цілому найбільш результативною виявилася селекційна програма, спрямована на одержання сортозразків картоплі, стійких до ураження 22 (Бистрецьким) агресивним патотипом збудника раку. За період 2011–2019 рр. з 159 досліджуваних сортозразків картоплі 113

(71,1 %) проявили ознаку стійкості до цього патотипу, серед яких П10.11/12 - (Сантарка (♀) x Спокуса (♂)); П 09.20/1 – Зелений Гай (♀) x Партнер (♂); П 08.102/4 – К3468 (♀) x Дубрава (♂); також сорти Солоха (УМО 101117 (♀) x Тирас (♂); Хортиця – УМО 101117 (♀) x Сантарка (♂). Найбільш агресивним є 18 (Ясінівський) патотип. За вказаний період отримано лише 49 (30,8 %) стійких до цього патотипу зразків, серед яких Мирослава, одержаний при схрещуванні Оберіг (♀) x Bellarosa (♂); гібрид Н09.83-5 – Удача (♀) x Bellarosa (♂); П 09.20/1 – Зелений Гай (♀) x Партнер (♂); П 09.104/4 – 03.9/36 (♀) x Сантарка (♂).

3. Результати державного випробування картоплі на стійкість до звичайного та агресивних патотипів збудника *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. (2011–2019 рр.)

Назва установи	Всього зразків	Кількість (відсоток) сортозразків, стійких до патотипів раку				
		Д1 (звич.)	11 (Міжгір'я)	13 (Рахів)	18 (Ясіня)	22 (Бистрець)
Інститут картоплярства НААН	67	67 (100 %)	43 (27,0 %)	27 (40,3 %)	20 (29,8 %)	31 (53 %)
Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН	21	21 (100 %)	6 (28,6 %)	5 (23,8 %)	3 (14,3 %)	49 (33 %)
Гірський науковий підрозділ Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН	17	17 (100 %)	6 (35,3 %)	3 (17,6 %)	4 (23,5 %)	5 (29,0 %)
ПАТ НВО «Чернігівелікартопля»	8	8 (100 %)	4 (50,0 %)	3 (37,5 %)	4 (50,0 %)	3 (38 %)
Поліське дослідне відділення ІК НААН	46	46 (100 %)	24 (52,2 %)	36 (78,3 %)	18 (39,1 %)	25 (47 %)
Всього	159	159 (100 %)	83 (52,2 %)	74 (46,5%)	49 (30,8 %)	113 (71,1 %)

Серед зразків картоплі, стійких до 11 (Міжгірського) патотипу, поряд з сортами, стійкими до всіх патотипів раку, виявлено гібрид П08.102/4, отриманий за схрещування К3468 (♀) x Дубрава (♂),

П09.104/4 – схрещування 03.9/361 (♀) x Сантарка (♂). Серед зразків, стійких до 13 (Рахівського) агресивного патотипу, виділено Н09.8-14 – схрещування Базис (♀) x Bellarosa (♂), П12.15-2 – схрещування Тирас (♀) x Bellarosa (♂).

Аналізуючи досліджуваний сортимент як джерела стійкості до раку, можна рекомендувати такі сорти картоплі української селекції: Сантарка, Базис, Солоха, Хортиця, Оберіг, Божедар, Партнер, Тирас; з іноземної селекції – сорти картоплі: Gitte, Barbara, Bellarosa, Rokko, UMO 101117, UMO 101155.

З 159 зразків картоплі, які оцінювались на стійкість до раку в Українській НДСКР ІЗР НААН впродовж 2011–2019 рр., виділено 32 сорти картоплі, які проявили стійкість до звичайного та декількох агресивних патотипів раку та не поразились іншими хворобами. Були занесені до Національного реєстру сортів України: Арія, Вернісаж, Іванківська рання, Калинівська, Кіммерія, Летана, Случ, Струмок, Поліське джерело, Фактор, Фантазія, Фея, Чарунка, Червона рута – селекції Інституту картоплярства НААН; Вересівка, Легіонер, Малинська біла, Спокуса, Партнер, Тирас, Жеран – селекції Поліського дослідного відділення Інституту картоплярства НААН; Легенда, Диво, Оксамит-99, Пікуровська – селекції Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН; Мукачівська, Ужгородська – селекції Гірського наукового підрозділу Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН; Анатан, Смуглянка, Сумчанка-2 – селекції Сумського агроуніверситету; Форсаж та Панянка – селекції НВО «Чернігівеліткартопля». Ці сорти слід впроваджувати у Західному регіоні України, де наявні вогнища збудника раку картоплі.

Висновки. У попередньому лабораторному випробуванні впродовж 2011–2019 рр. з 4366 виділено 3389 (90,9 %) сортозразків картоплі, стійких проти звичайного патотипу 1 (D1) збудника раку *Synchytrium endobioticum* (Schilbersky) Percival.

У комбінації схрещування вихідних батьківських форм *стійкий* (♀) x *стійкий* (♂) отримано 99,6 % стійких до збудника раку нащадків, *стійкий* (♀) x *сприйнятливий* (♂) – 53,4 %, *сприйнятливий* (♀) x *стійкий* (♂) – 42,3 %, *сприйнятливий* (♀) x *сприйнятливий* (♂) – 12,5 %. У гібридизації використовували такі стійкі до патотипів раку сорти картоплі: Сантарка, Божедар, Базис та Глазурна.

У Державному польовому випробуванні вивчено та відібрано 159 сортозразків картоплі зі стійкістю до звичайного патотипу збудника раку. З них лише п'ять проявили стійкість до всіх

агресивних патотипів збудника: Ф-15 (Солоха), 208.ч.10 (Хортиця), ВМ12.16-2, Н10.23/9 – селекції Інституту картоплярства НААН та П10.45-7 – селекції Поліського дослідного відділення Інституту картоплярства НААН.

За результатами досліджень стійкості до агресивних патотипів раку з 159 зразків 83 (52,2 %) були стійкими до патотипу 11 (Міжгірського), 74 (46,5 %) – стійкими до патотипу 13 (Рахівського), 49 (30,8 %) – стійкими до патотипу 18 (Ясінівського) та 113 (71,1 %) – стійкими до патотипу 22 (Бистрецького).

Впродовж 2011–2019 рр. найбільш результативною в Україні виявилася селекційна програма, спрямована на одержання сортозразків картоплі, стійких до ураження 22 (Бистрецьким) агресивним патотипом: отримано 113 (71,1 %) стійких зразків серед усіх тестованих і найбільш складною – до патотипу 18 (30,8 %).

Аналізуючи підбір батьківських вихідних форм картоплі при схрещуванні для отримання стійких нащадків, пропонуємо використовувати в селекційному процесі як джерела стійкості такі сорти картоплі української селекції: Сантарка, Базис, Солоха, Хортиця, Оберіг, Божедар, Тирас, Партнер; іноземної селекції – Gítte, Bellarosa, Barbara, UMO 101117, UMO 101155. У Західному регіоні України слід впроваджувати сорти картоплі, які проявили стійкість до звичайного та декількох агресивних патотипів раку і були занесені до Національного реєстру сортів України.

Список використаної літератури

1. Бондарчук А. А. Наукові основи насінництва картоплі в Україні. Біла Церква, 2010. 400 с.
2. Відбір селекційного матеріалу та створення сортів, стійких проти звичайного та агресивних патотипів раку картоплі / А. А. Бондарчук та ін. *Картоплярство України*. 2018. № 1/2 (44/45). С. 2–11.
3. Відтворення оригінального насіння та еліти сортів картоплі в умовах гірської зони Карпат / В. М. Шуста та ін. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2012. Вип. 54, ч. I. С. 79–83.
4. Виробництво – нові стійкі до раку сорти картоплі / А. Г. Зея та ін. *Картоплярство України*. 2019. № 1/2 (45/46). С. 38–45.
5. Влох В. Г. Вивчення генетичної

References

1. Bondarchuk A. A. Scientific basis of potato seed growing in Ukraine. Bila Tserkva, 2010. 400 p.
2. Choice of breeding material and creating of varieties resistant to common and aggressive pathotypes of potato wart / A. A. Bondarchuk et al. *Kartopliarstvo Ukrainy*. 2018. № 1/2 (44/45). P. 2–10.
3. Reproduction of original seeds and elite of potato varieties in conditions of mountainous region Carpathians / V. M. Schusta et al. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*. 2012. Issue 54, part I. P. 79–83.
4. New wart resistant varieties of potato implementation into production / A. G. Zelya et al. *Kartopliarstvo Ukrainy*. 2019. No 1/2 (45/46). P. 38–45.
5. Vlokh V. G. The study of genetic nature of useful properties in potato innatural

- природи практично корисних ознак у картоплі в природних умовах західних районів України та їх використання в створенні нових сортів. *Генетика та селекція сільськогосподарських рослин і тварин на Прикарпатті*. Київ : Наук. думка, 1975. С. 37–43.
6. Завірюха П. Д., Ільчук Л. А., Ільчук Р. В. Стан, проблеми і перспективи селекції картоплі у Західному регіоні України. *Картоплярство України*. 2009. № 1/2 (14/15). С. 6–12.
7. Ільчук Р. В., Ільчук Л. А. Стійкість до ураження хворобами новостворених сортів картоплі *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2009. Вип. 51, ч. III. С. 34–39.
8. Мельник П. О. Етіологія раку картоплі, біоecологічне обґрунтування заходів його профілактики та обмеження розвитку. Чернівці : Прут, 2003. 284 с.
9. Методика оцінки та відбору селекційного матеріалу картоплі, стійкого до раку *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc., гармонізована з вимогами ЄС / Г. В. Зеля та ін. Чернівці : Місто, 2015. 24 с.
10. Спосіб створення штучного інфекційного фону гриба *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc для визначення стійкості картоплі до раку : пат. 115654 Україна : МПК 7 A01C 1/00. № u 2016 10784 ; заявл. 27.10.2016 ; опубл. 25.04.2017. Бюл. № 8 (кн. 1). С. 4.1.
11. Спосіб визначення стійкості картоплі до збудника раку *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. та її успадкування методом спектрофотометрії : пат. 126988 Україна. № u 2018 01646 ; заявл. 19.02.2018 ; опубл. 10.07.2018. Бюл. № 13 (кн. 1). С. 4.3.
12. Фурдига М. М. Нові напрямки селекції картоплі. *Картоплярство України*. 2010. № 1/2 (18/19). С. 4–9.
13. Boberg J., Björklund N. *Synchytrium endobioticum* – pathotypes, resistance of *Solanum tuberosum* and management. *Report by Unit for Risk Assessment of Plant Pests at the Swedish University of Agricultural Sciences*. 2018. 38 p. URL: https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/riskv/pub/rapport-synchytrium-endobioticum_21sept2018.pdf. (last accessed: conditions of western regions of Ukraine and their usage for new varieties creating. *Genetyka ta selectsiia silskohospodarskykh roslyn ta tvaryn v Prykarpatti*. Kyiv : Nauk. dumka, 1975. P. 37–43.
6. Zavirukha P. D., Ilchuk L. A., Ilchuk R. V. State, problems and perspectives of potato breeding in western region of Ukraine. *Kartopliarstvo Ukrainy*. 2009. No 1/2 (14/25). P. 6–12.
7. Ilchuk R. V., Ilchuk L. A. Resistance to disease infection of new potato varieties. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*. 2009. Issue 51, part III. P. 34–39.
8. Melnyk P. O. Potato wart etiology, bioecological justification of measures, it's prevention and restriction of development. Chernivtsi : Prut, 2003. 284 p.
9. Technique for evaluation and selection of potato breeding material, resistant to wart *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. harmonized with EU requirements / G. V. Zelya et al. Chernivtsi : Misto, 2015. 24 p.
10. The technique creation for artificial background of fungi *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. for potato resistance determining to wart : pat. 115654 Ukraine. № u 2016 10784 ; declared 27.10.2016 ; published 25.04.2017. Bul. No 8 (book 1). P. 4.1.
11. The technique determination for resistance potato to wart *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. and it's inheriting by spectrofotometry method : pat. 115654 Ukraine. № u 2016 10784 ; declared 27.10.2016 ; published 25.04.2017. Bul. No 8. (book 1). P. 4.3.
12. Furdyha M. M. New direction of potato breeding. *Kartopliarstvo Ukrainy*. 2010. No 1/2 (18/19). P. 4–8.
13. Boberg J., Björklund N. *Synchytrium endobioticum* – pathotypes, resistance of *Solanum tuberosum* and management. *Report by Unit for Risk Assessment of Plant Pests at the Swedish University of Agricultural Sciences*. 2018. 38 p. URL: https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/riskv/pub/rapport-synchytrium-endobioticum_21sept2018.pdf. (last accessed:

- endobioticum_21sept2018.pdf. (last accessed: 30.07.2020).
14. Çakir E., Demirci F. A new pathotype of *Synchytrium endobioticum* in Turkey: Pathotype 2. *Bitki koruma bulteni*. 2017. Vol. 57, No 4. P. 415–422. DOI: 10.16955/bitkorb.34044.1.
15. Characterization of resistance to *Synchytrium endobioticum* in cultivated potato accessions from the collection of Vavilov Institute of Plant Industry / A. Khiutti et al. *Plant breeding*. 2012. Vol. 131, No 6. P. 744–750. DOI: 10.1111/j.1439-0523.2012.02005.
16. EPPO Standard PM 7/28/1 *Synchytrium endobioticum*. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*. 2004. Vol. 34, No 2. P. 213–218. URL: [https://www.furs.si/law/eppo/zvr/ENG/EPPO2004/diag_protokoli_PM7/pm7-28\(1\).pdf](https://www.furs.si/law/eppo/zvr/ENG/EPPO2004/diag_protokoli_PM7/pm7-28(1).pdf) (last accessed: 20.05.2020).
17. EPPO Standard PM 7/28/2 *Synchytrium endobioticum*. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*. 2017. Vol. 47, No 3. P. 420–440. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/epp.12588> (last accessed: 20.05.2020).
18. EPPO phytosanitary procedures PM 3/59(3) *Synchytrium endobioticum*: descheduling of previously infested plots. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*. 2014. Vol. 47, No 3. P. 366–368. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/epp.12588>. (last accessed: 20.05.2020).
19. EPPO PM 9/5 (2) *Synchytrium endobioticum*. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*. 2017. Vol. 47, No 3. P. 511–512. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/epp.12440>. (last accessed: 20.05.2020).
20. Genomic and transcriptomic resources for marker development in *Synchytrium endobioticum*, an elusive but severe potato pathogen / F. Busse et al. *Phytopathology*. 2017. Vol. 107, No 3. P. 322–328. DOI: 10.1094/PHYTO-05-16-0197-R.
21. Identification of the pathotype of *Synchytrium endobioticum* casual agent of potato wart disease, present in Georgia / Z. Sikharulidze et al. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*. 2019. Vol. 49, No 2. P. 314–320. DOI: 10.1111/epp.12582.
14. Çakir E., Demirci F. A new pathotype of *Synchytrium endobioticum* in Turkey: Pathotype 2. *Bitki koruma bulteni*. 2017. Vol. 57, No 4. P. 415–422. DOI: 10.16955/bitkorb.34044.1.
15. Characterization of resistance to *Synchytrium endobioticum* in cultivated potato accessions from the collection of Vavilov Institute of Plant Industry / A. Khiutti et al. *Plant breeding*. 2012. Vol. 131, No 6. P. 744–750. DOI: 10.1111/j.1439-0523.2012.02005.
16. EPPO Standard PM 7/28/1 *Synchytrium endobioticum*. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*. 2004. Vol. 34, No 2. P. 213–218. URL: [https://www.furs.si/law/eppo/zvr/ENG/EPPO2004/diag_protokoli_PM7/pm7-28\(1\).pdf](https://www.furs.si/law/eppo/zvr/ENG/EPPO2004/diag_protokoli_PM7/pm7-28(1).pdf) (last accessed: 20.05.2020).
17. EPPO Standard PM 7/28/2 *Synchytrium endobioticum*. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*. 2017. Vol. 47, No 3. P. 420–440. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/epp.12588> (last accessed: 20.05.2020).
18. EPPO phytosanitary procedures PM 3/59(3) *Synchytrium endobioticum*: descheduling of previously infested plots. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*. 2014. Vol. 47, No 3. P. 366–368. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/epp.12588>. (last accessed: 20.05.2020).
19. EPPO PM 9/5 (2) *Synchytrium endobioticum*. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*. 2017. Vol. 47, No 3. P. 511–512. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/epp.12440>. (last accessed: 20.05.2020).
20. Genomic and transcriptomic resources for marker development in *Synchytrium endobioticum*, an elusive but severe potato pathogen / F. Busse et al. *Phytopathology*. 2017. Vol. 107, No 3. P. 322–328. DOI: 10.1094/PHYTO-05-16-0197-R.
21. Identification of the pathotype of *Synchytrium endobioticum* casual agent of potato wart disease, present in Georgia / Z. Sikharulidze et al. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*. 2019. Vol. 49, No 2. P. 314–320. DOI: 10.1111/epp.12582.

DOI: 10.1111/epp.12582.

22. Interlaboratory tests for resistance to *Synchytrium endobioticum* in potato by the Glynne - Lemmerzahl method / K. Flath et al. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*. 2014. Vol. 44, No 3. P. 510–517. DOI: 10.1111/epp.12167.

23. Laginova M. Standpoint about the spread of potato wart disease in Bulgaria (*Synchytrium endobioticum*); pathotypes identification and testing of potato varieties for resistance. *Zenodo*. 2017. No 1. P. 1–27. DOI: 10.5281/zenodo.830435.

24. Molecular characterisation of resistance against potato wart races 1, 2, 6 and 18 in a tetraploid population of potato (*Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum*) / J. Groth et al. *Journal of applied genetics*. 2013. Vol. 54, No 2. P. 169–178. DOI: 10.1007/s13353-013-0141-5.

25. Multiple alleles for resistance and susceptibility modulate the defense response in the interaction of tetraploid potato (*Solanum tuberosum*) with *Synchytrium endobioticum* pathotypes 1, 2, 6 and 18 / A. Ballvora et al. *Theoretical and applied genetic*. 2011. Vol. 123, No 8. P. 1281–1292. DOI: 10.1007/s00122-011-1666-9.

26. Novel gene Sen2 conferring broad-spectrum resistance to *Synchytrium endobioticum* mapped to potato chromosome XI / J. Plich et al. *Theoretical Applied Genetics*. 2018. Vol. 131, No 11. P. 2321–2331. DOI: 0.1007/s00122-018-3154-y.

27. Obidiegwu J. E., Flath K., Gebhardt C. Managing potato wart: a review of present research status and future perspective. *Theoretical and applied genetics*. 2014. Vol. 27, No 4. P. 763–780. DOI: 10.1007/s00122-014-2268-0.

28. Przetakiewicz J. First report of *Synchytrium endobioticum* (potato wart disease) pathotype 18 (T1) in Poland. *Plant Disease*. 2014. Vol. 98, No 5. P. 688–688. DOI: 10.1094/PDIS-06-13-0646-PDN.

29. Przetakiewicz J. Resistance of Polish cultivars of potato to virulent pathotypes of *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc.: 2 (Ch1) and 3 (M1). *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*. 2010. Vol. 257/258. P.

22. Interlaboratory tests for resistance to *Synchytrium endobioticum* in potato by the Glynne - Lemmerzahl method / K. Flath et al. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*. 2014. Vol. 44, No 3. P. 510–517. DOI: 10.1111/epp.12167.

23. Laginova M. Standpoint about the spread of potato wart disease in Bulgaria (*Synchytrium endobioticum*); pathotypes identification and testing of potato varieties for resistance. *Zenodo*. 2017. No 1. P. 1–27. DOI: 10.5281/zenodo.830435.

24. Molecular characterisation of resistance against potato wart races 1, 2, 6 and 18 in a tetraploid population of potato (*Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum*) / J. Groth et al. *Journal of applied genetics*. 2013. Vol. 54, No 2. P. 169–178. DOI: 10.1007/s13353-013-0141-5.

25. Multiple alleles for resistance and susceptibility modulate the defense response in the interaction of tetraploid potato (*Solanum tuberosum*) with *Synchytrium endobioticum* pathotypes 1, 2, 6 and 18 / A. Ballvora et al. *Theoretical and applied genetic*. 2011. Vol. 123, No 8. P. 1281–1292. DOI: 10.1007/s00122-011-1666-9.

26. Novel gene Sen2 conferring broad-spectrum resistance to *Synchytrium endobioticum* mapped to potato chromosome XI / J. Plich et al. *Theoretical Applied Genetics*. 2018. Vol. 131, No 11. P. 2321–2331. DOI: 0.1007/s00122-018-3154-y.

27. Obidiegwu J. E., Flath K., Gebhardt C. Managing potato wart: a review of present research status and future perspective. *Theoretical and applied genetics*. 2014. Vol. 27, No 4. P. 763–780. DOI: 10.1007/s00122-014-2268-0.

28. Przetakiewicz J. First report of *Synchytrium endobioticum* (potato wart disease) pathotype 18 (T1) in Poland. *Plant Disease*. 2014. Vol. 98, No 5. P. 688–688. DOI: 10.1094/PDIS-06-13-0646-PDN.

29. Przetakiewicz J. Resistance of Polish cultivars of potato to virulent pathotypes of *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc.: 2 (Ch1) and 3 (M1). *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*. 2010. Vol. 257/258. P. 207–214. URL:

- 207–214. URL: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20113104608> (last accessed: 20.05.2020).
30. Screening of potato varieties for multiple resistance to *Synchytrium endobioticum* in Western region of Ukraine / A. G. Zelya et al. *Agricultural Science and Practice*. 2018. No 3. P. 3–11. DOI: 10.15407/agrisp 5.03.003.
31. Tetrasomic inheritance in cultivated potato and implications in conventional breeding / J. Muthoni et al. *Australian Journal of Crop Science*. 2015. Vol. 9, No 3. P. 185. URL: https://www.researchgate.net/publication/272944470_Tetrasomic_inheritance_in_cultivated_potato_and_implications_in_conventional_breeding (last accessed: 20.05.2020).
30. Screening of potato varieties for multiple resistance to *Synchytrium endobioticum* in Western region of Ukraine / A. G. Zelya et al. *Agricultural Science and Practice*. 2018. No 3. P. 3–11. DOI: /10.15407/agrisp5.03.003.
31. Tetrasomic inheritance in cultivated potato and implications in conventional breeding / J. Muthoni et al. *Australian Journal of Crop Science*. 2015. Vol. 9, No 3. P. 185. URL: https://www.researchgate.net/publication/272944470_Tetrasomic_inheritance_in_cultivated_potato_and_implications_in_conventional_breeding (last accessed: 20.05.2020).

Отримано 03.06.2020