

¹А.Г. ЗЕЛЯ, кандидат біологічних наук

¹Г.В. ЗЕЛЯ

²Т.М. ОЛІЙНИК, кандидат сільськогосподарських наук

²Н.В. ПИСАРЕНКО, кандидат сільськогосподарських наук

²Н.А. ЗАХАРЧУК, кандидат сільськогосподарських наук

¹Українська науково-дослідна станція карантину рослин

Інституту захисту рослин НААН, вул. Наукова, 1, с. Бояни

Чернівецького р-ну, Чернівецької обл., 60321, Україна

²Інститут картоплярства НААН, вул. Чкалова, 22, смт Немішаєве

Бучанського р-ну, Київської обл., 08753, Україна

e-mail: avrelia.zelya@gmail.com, georgetrexnauk@gmail.com,

oliyniktm@gmail.com, pisarenkonatalia1978@gmail.com, vs_potato@meta.ua

ПОШУК ДЖЕРЕЛ СТІЙКОСТІ КАРТОПЛІ ПРОТИ ЗБУДНИКА РАКУ *SYNCHYTRIUM ENDOBIOTICUM* (SCHILBERSKY) PERCIVAL

Мета. Оцінка та відбір селекційного матеріалу картоплі, стійкого проти раку, та пошук джерел стійкості картоплі до *Synchytrium endobioticum* (Schilbersky) Percival. **Методи.** Для досліджень у 2020—2022 рр. використали 739 зразків картоплі селекції Інституту картоплярства НААН України та його Поліського дослідного відділення, отриманих від різних комбінацій схрещування батьківських форм. Оцінку селекційного матеріалу на стійкість проти звичайного 1(D1) і агресивних патотипів збудника раку картоплі та пошук джерел стійкості проти хвороби проводили в лабораторних умовах Української науково-дослідної станції карантину рослин ІЗР НААН на штучному інфекційному фоні згідно з EPPO Standard PM 7/28/1 та EPPO Standard PM 7/28/2, «Методика оцінки та відбору селекційного матеріалу картоплі, стійкого проти раку *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc., гармонізована з вимогами ЄС» та у польових умовах у вогнищах розповсюдження патогену. **Результати.** З випробуваних 739 гібридів за 2020—2022 рр. 699 зразків картоплі (94,6%) отримали оцінку стійких до звичайного патотипу збудника раку. 40 (5,4%) зразків уразились збудником хвороби і були вибракувані. Результати перевірки реакції на зараження збудником раку 21 вихідної батьківської форми картоплі показали, що ступінь стійкості проти раку був високим (1,2—2,0 бала) і гібриди ре-

комендуються для подальшого використання у селекційному процесі в якості джерел стійкості картоплі. Гібридологічний аналіз успадкування стійкості картоплі проти раку показав, що за варіант схрещування батьківських Ф09.209-3 / П14.3/12, Світана / Межирічка, Вигода / Світана, Радомисль / Світана, Взірець / Світана, П10.10/35 / Світана. 81.13.9/1 / Світана, П12.14-8 / Партнер, Звездаль / П10.109/35, Межирічка / Сонцедар, Левада / Ростовиця, Світана / Ростовиця, Нагорода / Ростовиця, ВМ12.24-15 / Вигода, Флоатка / Ростовиця, Межирічка / Дорогинь, Агаве / Арія, 08.102/4 / Міранда, Іванківська рання / Альянс, Вектар / Радомисль; Чарунка / Альянс; Тирас / 89.715с88 отримано 100% стійких проти раку нащадків картоплі. У варіанті схрещування Ф09.209-3 / П10.9-3, П09.26-2 / Альянс отримано 50,0% стійких нащадків. За використання варіанту схрещування Мирослава / Н.07.162-1 отримано 88,9% стійких нащадків. **Висновки.** У 2020—2022 рр. із 739 зразків картоплі відібрано 699 (94,6%) стійких проти звичайного патотипу збудника раку. Гібридологічний аналіз успадкування стійкості картоплі проти раку показав, що у варіанті схрещування батьківських форм стійкий (♀) × стійкий (♂) отримано 100% стійких проти раку нащадків картоплі. Дослідження з відбору селекційного матеріалу картоплі з комплексною стійкістю до патотипів раку у 2021—2023 рр. показали, що найбільш результативними був відбір зразків картоплі, стійких до Д1 (звичайного) та 22 (Бистрецького) патотипів збудника раку. Найбільш вірулентним виявився 18 (Ясінівський) агресивний патотип, оскільки отримано найменше — всього 5 (21,7%) стійких проти раку зразків картоплі. Відібрані зразки з комплексною стійкістю до патотипів раку рекомендовано для подальшого використання у селекційному процесі в якості джерел стійкості картоплі проти збудника раку та для впровадження у вогнищах хвороби.

картопля; рак; оцінка; відбір; батьківські форми; успадкування; джерела стійкості; впровадження

Картопля (*Solanum tuberosum*) займає четверте місце серед сільськогосподарських культур у світі після рису, пшениці та кукурудзи. Її виробництво сягає 370 млн т на площі 173 млн га [1]. Культура вирощується більше ніж у 100 країнах світу, а споживають її понад одного мільярда людей. В Україні до 2021 р. вал виробництва картоплі становив 21,4 млн т після Китаю (94,4 млн т) та Індії (54,2 млн т) [2]. З початком російського вторгнення в Україну валовий збір картоплі зменшився на 18%, позаяк багато земель було окуповано та замінено Каховської ГЕС, коли було підтоплено землі Херсонської, Запорізької, Дніпропетровської та Миколаївської областей.

Зважаючи на зростаючий попит на картоплю в світі, виникає по-

треба в дослідженнях з відбору сортів картоплі, стійких проти різних шкідників та збудників хвороб.

Однією з найнебезпечніших хвороб картоплі є рак, який викликається внутрішньоклітинним облігатним патогеном — *Synchytrium endobioticum* (Schilbersky) Percival. Втрати врожаю, викликані грибом, залежать від природньо-господарських умов зони, рівня застосовуваної агротехніки, стійкості сорту, родючості ґрунту, впровадження прогресивних технологій, рівня ведення насінництва, системи захисних прийомів та інших факторів [3, 4].

Рак картоплі за даними ЄОКЗР (Європейської та Середземноморської організації карантину і захисту рослин) включено до переліку карантинних захворювань у 38-ми країнах світу [5]. Також про це описано Voberg J., Björklund N. у 2018 р. [6]. Згідно з повідомленнями Vojnansky V. [7] до 1984 р. в Європі зареєстровано 22 агресивних патотипи. У Німеччині описали наявність десяти патотипів раку [8]. У Польщі виявлено та ідентифіковано 12 агресивних патотипів збудника хвороби [9]. У Туреччині зареєстровано один (38 — Невшегірський) агресивний патотип [10]. Про наявність такого ж патотипу повідомлено 2020 року в Грузії [11]. У Чехії до 1991 р. існувало 2 патотипи [12]. Всього у світі поширено щонайменше 40 патотипів *S. Endobioticum* [6].

Вперше збудника раку в Україні виявлено у 1938 р. [4]. Площа вогнищ раку картоплі за останні роки значно збільшилась. На 1 січня 2022 р. хвороба розповсюджена у 5-ти областях, 21-му районі, 225 населених пунктах, 8274 присадибних ділянках на загальній площі 2337,96 га [13]. У Карпатському регіоні України зустрічається найбільш висока щільність вогнищ раку та його агресивних форм. У вогнищах хвороби інфекційне навантаження у 2020 р. варіювало у межах 41,6—65,3 зооспорангіїв [14]. Сприятливі умови впливають на розвиток хвороби і, разом з тим, є однією з причин диференціації виду гриба та формування нових патотипів. Це явище спостерігається за монокультури картоплі, особливо за вирощування суміші різних за стійкістю проти раку сортів картоплі [4].

Патотипи раку картоплі реєстровано в Україні з 1961 р. За даними Л.П. Салтикової станом на 1988 р. ідентифіковано сім патотипів [15]. З 2014 р. реєстровано п'ять патотипів: звичайний 1(D1) та чотири агресивних за європейською класифікацією 11 (M1) — с. Майдан Міжгірського району, 13 (R2) — м. Рахів, 18 (Ya) — с. Ясіня Рахівського району Закарпатської області та 22 (B1) — с. Бистрець Верховинського району Івано-Франківської області [4, 14]. Агресивні патотипи, що розповсюджені у гірських районах України, здатні уражувати до 90% стійкого проти звичайного патотипу сортименту картоплі.

Відбір сортів картоплі, стійких проти збудника раку, та їх впро-

вадження у сільське господарство є найбільш ефективним та екологічно-безпечним методом обмеження поширення збудника хвороби.

Методика відбору стійкого проти раку сортименту картоплі розпочата у 20-ті роки минулого століття за кордоном та удосконалена Flats K., Przetakiewicz J., van Rijwik P.C.J. [16].

У СРСР дослідження були продовжені Л.П. Салтиковою, В.І. Яковлевою та В.П. Тарасовою [17].

За часи незалежності України методика оцінки та відбору селекційного матеріалу картоплі стійкого проти раку була доповнена [18, 19].

Селекція стійкості картоплі проти звичайного патотипу збудника раку D1 у Європі досягла значних успіхів. Відомо, що вона складається з комплексу моделей схрещування батьківських форм [20], що вміщують різні гени та алелі, які є стійкими проти патотипів раку [21]. Важливими джерелами стійкості картоплі є тетраплоїдні та інші форми картоплі [22], які вміщують локус (ген) стійкості — *quantitative resistance locus* (QRL) (або їхня комбінація) [23, 24].

Вперше головний ген стійкості картоплі проти звичайного (D1) патотипу раку Sen 1, який розміщений на X1 хромосомі картоплі, було картографовано у 1999 р. [25].

Досліджено молекулярну характеристику стійкості тетраплоїдних форм картоплі до патотипів D1, 2(G1), 6(O1) та 18(T1), які поширені в Європі [26].

Картографовано допоміжний ген стійкості проти раку Sen 2, розміщений на відстані 32Mb від Sen 1, що доповнює широкий спектр стійкості, який розміщений на X1 хромосомі картоплі [27]. Sen 2 ідентифіковано у гібридах, отриманих від схрещування диплоїдних форм картоплі з дикими видами: *S. acaule*, *S. chacoense*, *S. demissum*, *S. gourlayi*, *S. microdontum*, *S. phureja*, *S. tuberosum*, *S. verrucosum* та *S. yungasense*. Ген стійкості Sen 3 було картографовано у 2018 р., він проявляє стійкість до патотипу D1, а також до 2(G1), 6(O1) та 18(T1) [28]. Sen 4 також проявляє стійкість до патотипів 2(G1), 6(O1), та 18(T1) і розміщений на довгому плечі хромосоми X11. Був картографований у 2020 р. (Prodhomme C. та ін.) з клону сорту картоплі Panda [24]. Стійкість проти агресивних патотипів раку відзначено у німецьких сортів картоплі Belita та Saphir, проте у них даних генів не ідентифіковано.

Van de Vossenbег B.T.L.H., Prodhomme C., Vossen J.H., Van der Lee T.A. у 2022 р. провели молекулярну ідентифікацію генів [29].

Українська науково-дослідна станція карантину рослин ІЗР НААН впродовж 85-ти років проводить роботу з оцінки та відбору нових виведених сортів і гібридів картоплі, стійких до звичайного та агресивних патотипів збудника раку. Результати передаються в Український Інститут експертизи сортів для занесення до Національного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні. Станом на 2022 р.

до Національного реєстру належать 193 сорти, з яких 95 — української селекції [30]. Після реєстрації нові сорти пропонуються для впровадження на території України.

Метою дослідження було оцінювання та відбір зразків картоплі, стійких проти раку, та відбір джерел стійкості картоплі до збудника хвороби.

Матеріали та методи. Для оцінки та відбору селекційного матеріалу картоплі з стійкістю проти звичайного патотипу збудника раку *Synchytrium endobioticum* (Schilbersky) Percival у 2020—2022 рр. досліджено 739 зразків картоплі селекції Інституту картоплярства та його Поліського дослідного відділення, отриманих від різних комбінацій схрещування батьківських форм та 14 зразків — для оцінки та відбору стійких проти агресивних патотипів. За основу використано новий Європейський Standards PM 7/28 (1) для *Synchytrium endobioticum* [31] та EPPO Standards PM 7/28 (2) [32]. Для зараження зразків картоплі зимовими зооспорами було створено інфекційний фон, який запропоновано співробітниками Української науково-дослідної станції карантину рослин Інституту захисту рослин НААН (УкрНДСКР ІЗР НААН) згідно з EPPO Standarts PM 7/28 (2) [33].

Випробування селекційного матеріалу картоплі на стійкість проти раку в лабораторних умовах

Зараження зразків картоплі зооспорами із зимуючих зооспорангіїв збудника раку проводили в лабораторних умовах у спеціальних контейнерах (30 × 40 см) із субстратом ґрунт/перліт (1 : 1), який вміщував 50—60 зимових зооспорангіїв збудника хвороби на 1 г ґрунту. Для цього в контейнери висаджували по 5 зразків картоплі (по 5 бульб), позитивний контроль — сорти які уражуються збудником раку (Поліська рожева, Лорх) та негативний контроль — сорти які не уражуються жодним патотипом збудника раку (Божедар, Глазурна). Контейнери залишали у лабораторії на 75 діб за 60—80-відсоткової вологості, освітлення 1600 люкс 12/12 за температури 17—18°C. Через кожних три доби їх поливали, раз на тиждень проводили розпушування, а через 75 діб визначали реакцію зразків картоплі на зараження збудником раку. Для цього рослини підкопували з контейнерів і підраховували ракові нарости з кожного дослідного зразка, а також з контрольних сортів картоплі. Результати вважали достовірними, якщо ураження позитивного контрольного сорту становило не менше 80%.

Для зараження паростків бульб картоплі літніми зооспорами зі свіжих ракових пухлин навколо паросткової частини бульби картоплі прикріплювали паперове кільце за допомогою підігрітої суміші парафіну та вазеліну (1 : 1). У кільце наливали дистильовану воду і додавали шматочок свіжого наросту раку, який вміщував літні зооспори збудника. Зразки залишали для зараження патогеном у темряві в клі-

Для проведення гібридологічного аналізу успадкування стійкості картоплі проти збудника раку аналізували реакцію гібридів картоплі, отриманих від різних комбінацій схрещування батьківських форм картоплі, на зараження збудником раку.

В якості позитивного контролю використовували сприйнятливий до всіх патотипів раку сорт картоплі Поліська рожева; негативного — Божедар, який не уражується жодним патотипом збудника раку.

Результати і обговорення. Дослідженнями з визначення стійкості селекційного матеріалу картоплі проти раку *Synchytrium endobioticum* (Schilbersky) Percival в лабораторних умовах при зараженні зимовими зооспорами у субстраті ґрунт/перліт та літніми зооспорами після зараження патогеном із 739 зразків картоплі відібрано 699 стійких проти звичайного патотипу збудника хвороби, що склало 94,6%. 40 зразків картоплі (5,4%) уразились збудником хвороби і вибракувані з подальшого випробування стійкості проти раку (табл. 1, рис. 2).

Ураження позитивного контролю — сорту картоплі Поліська рожева — склало 100% (рис. 3).

У результаті перевірки стійкості проти раку батьківських форм зразків картоплі із 21-го пробованих всі були стійкими до звичайного патотипу збудника раку. Ступінь стійкості варіював у межах 1,4—2,0

1. Результати відбору селекційного матеріалу картоплі, стійкого проти раку, у попередньому випробуванні, 2020—2022 р.

Назва установи	Всього надійшло зразків	Відібрано сприйнятливих зразків	Відібрано стійких зразків	% стійких зразків
Інститут картоплярства НААН	155	0	155	100
Поліське ДВ ІК НААН	584	40	544	94,6
Загальна сума зразків картоплі	739	40	699	94,6



бала (високостійкі). Вони рекомендуються для подальшого використання у селекційному процесі в якості джерел стійкості картоплі проти раку (табл. 2).

Гібридологічний аналіз успадкування стійкості картоплі проти раку показав, що у 2022 р. було використано 132 зразки картоплі за варіантів схрещування батьківських форм стійких (♀) × стійкий (♂) — Ф09.209-3 / П14.3/12, Світана / Межирічка, Вигода / Світана, Радомисьль / Світана, Взірєць/ Світана, П10.10/35 / Світана. 81.13.9/1 /

2. Результати перевірки стійкості проти раку батьківських форм картоплі, що використовувались у схрещуванні, 2021—2022 р.

№ п/п	Назва сорту	Лабораторне випробування			
		Кількість рослин, шт.	З них уражено	% ураження, контр.	Середній бал ураження раком (M ± m)
1	Арія	5	0	100	1,4±0,06
2	Альянс	5	0	100	1,8±0,06
3	Белла роса	5	0	100	1,6±0,05
4	Взірєць	5	0	100	1,4±0,06
5	Вигода	5	0	100	1,8±0,03
6	Дорогинь	5	0	100	1,6±0,06
7	Звіздаль	5	0	100	1,4±0,04
8	Іванківська рання	5	0	100	1,8±0,06
9	Левада	5	0	100	2,0±0,06
10	Мирослава	5	0	80	1,4±0,06
11	Межирічка	5	0	80	1,9±0,06
12	Партнер	5	0	80	1,6±0,04
13	Предслава	5	0	80	1,8±0,06
14	Радомисьль	5	0	80	1,6±0,03
15	Ростолиця	5	0	80	1,4±0,03
16	Сантарка	5	0	80	1,8±0,06
17	Слаута	5	0	80	1,4±0,03
18	Світана	5	0	80	1,8±0,06
19	Сонцедар	5	0	80	1,6±0,03
20	Тирас	5	0	80	1,8±0,06
21	Чарунка	5	0	80	1,7±0,06
	НІР	-	-	-	0,02

Світана, П12.14-8 / Партнер, Звіздаль / П10.109/35, Межирічка / Сонцедар, Левада / Ростовиця, Світана / Ростовиця, Нагорода / Ростовиця, ВМ12.24-15 / Вигода, Флоатка / Ростовиця, Межирічка / Дорогинь, Агаве / Арія, 08.102/4 / Міранда, Іванківська рання / Альянс, Вектар / Радомисль; Чарунка / Альянс; Тирас / 89.715с88 — отримано 100% стійких проти раку нащадків картоплі (табл. 3).

У варіанті схрещування Ф09.209-3 / П10.9-3, П09.26-2 / Альянс отримано 50,0% стійких нащадків. Використані батьківські форми були стійкими проти раку та випробувані у 2012—2013 роках. П10.9-3 отримано від схрещування Подолія × Спокуса, які є стійкими проти раку. П 09.26-2 (♀) отримано від схрещування Курода × Сантарка. Сантарка стійка проти збудника раку, а Курода є сортом нідерландської селекції і реакція на зараження українських патотипів невідома. За використання варіанту схрещування Мирослава × Н.07.162-1 отримано 88,9% стійких нащадків. За перевірки їх генетичної історії виявлено, що сорт картоплі Мирослава (♀) (материнська форма) отримано від схрещування Оберіг (♀) × Bella Rossa (♂); Н 07.162-1 (батьківська форма) отримано від схрещування сортів Фантазія × Карлена. Сорт Фантазія (♀), у свою чергу, отримано від схрещування 79.534/61 × Білоруська 3. Гібрид 79.534/61 є стійким проти раку, а Білоруська 3 — є сортом білоруської селекції. Карлена є сортом німецької селекції і їхня стійкість проти українських патотипів також невідома.

3. Реакція гібридів картоплі, отриманих від різних комбінацій схрещування батьківських форм на зараження збудником раку, 2022 р.

№ п/п	Батьківські форми та гібриди картоплі	Кількість уражених бульб	Середній бал ураження (M ± m)
1	2	3	4
1	Ф09.209-3 (♀) (стійка)	0	1,2
2	П19 1/2	0	1,4
3	П19 1/4	0	1,6
4	П19 1/6	0	1,6
5	П19 1/9	0	1,4
6	П19 1/11	0	1,6
7	П19 1/16	0	1,4
8	П14.3/12 (♂) (стійка)	0	1,8
	Відсоток стійких форм	100	
9	Ф09.209-3 (♀) (стійка)	0	1,6
10	П19 5/4	3	4,4

Продовження табл. 3

1	2	3	4
11	П19 5/10	2	4,2
12	П19 5/11	2	4,4
13	П19.5/12	0	1,8
14	П19.5/14	0	1,6
15	П19.5/20	0	1,8
16	П.10.9-3 (♂) (стійка)	0	2,8
	Відсоток стійких форм	50,0	
17	П19.26/2(♀) (стійка)	0	1,8
18	П19.9/1	5	4,6
19	П19. 9/6	5	4,8
20	П19. 9/14	4	4,4
21	П19. 9/18	0	2,0
22	П19. 9/19	0	2,2
23	Альянс(♂) (стійка)	0	1,8
	Відсоток стійких форм	50,0	
24	Світана(♀) (стійка)	0	1,8
25	П19. 12/1	0	1,8
26	П19. 12/3	0	1,6
27	П19. 12/4	0	1,6
28	П19. 12/5	0	1,8
29	П19. 12/10	0	1,6
30	Межирічка (♂) (стійка)	0	1,4
	Відсоток стійких форм	100	
31	Вигода (♀) (стійка)	0	1,8
32	П19. 13/3	0	2,0
33	П19. 13/4	0	1,8
34	П19 13/8	0	1,8
35	П19. 13/11	0	2,0
36	П19. 13/15	0	1,8
37	Світана (♂) (стійка)	0	1,8
	Відсоток стійких форм	100	
38	Радомисль (♀) (стійка)	0	1,6

Продовження табл. 3

1	2	3	4
39	П19. 15/3	0	1,8
40	П19. 15/4	0	1,7
41	П19. 15/5	0	1,6
42	П19. 15/6	0	1,8
43	П19. 15/8	0	1,6
44	П19. 15/12	0	1,7
45	П19. 15/15	0	1,8
46	П19. 15/16	0	1,8
47	П19. 15/9	0	1,6
48	П19. 15/13	0	1,8
49	П19. 15/17	0	1,7
50	П19. 15/18	0	1,8
51	П19. 15/26	0	1,8
52	П19. 15/31	0	1,8
53	П19. 15/33	0	1,6
54	П19. 15/34	0	1,8
55	П19. 15/39	0	1,6
56	П19. 15/41	0	1,6
57	Світана (♂) (стійка)	0	1,8
	Відсоток стійких форм	100	
58	Взірець (♀) (стійка)	0	1,6
59	П 19.16/10	0	1,8
60	П 19.16/17	0	1,6
61	П 19.16/18	0	1,8
62	П 19.16/22	0	1,7
63	Світана (♂) (стійка)	0	1,8
	Відсоток стійких форм	100	
64	ВМ193159 (♀) (стійка)	0	1,6
65	П 19.19/1	0	1,8
66	П 19.19/3	0	1,6
67	П 19.19/4	0	1,8
68	Світана (♂) (стійка)	0	1,8

Продовження табл. 3

1	2	3	4
	Відсоток стійких форм	100	
69	П 13.9/1(♀) (стійка)	0	1,4
70	П 19.20/2	0	1,4
71	П 19.20/3	0	1,6
72	П 19.20/5	0	1,5
73	П 19.20/7	0	1,6
74	П 19.20/14	0	1,4
75	П 19.20/18	0	1,4
76	Світана (♂) (стійка)	0	1,8
	Відсоток стійких форм	100	
77	П 12.14-8(♀) (стійка)	0	1,4
78	П 19.22/1	0	1,4
79	П 19.22/8	0	1,6
80	П 19.22/19	0	1,4
81	П 19.22/22	0	1,4
82	П 19.22/31	0	1,6
83	П 13.56-2(♂) (стійка)	0	1,6
	Відсоток стійких форм	100	
84	П 12.14-8(♀) (стійка)	0	1,9
85	П 19.23/5	0	1,8
86	П 19.23/7	0	1,6
87	П 19.23/12	0	1,7
88	Партнер(♂) (стійка)	0	1,6
	Відсоток стійких форм	100	
89	Звездаль(♀) (стійка)	0	1,4
90	П 19.25-1	0	1,6
91	П 19.25/1	0	1,6
92	П 19.25/9	0	1,4
93	П 19.25/11	0	1,4
94	П 19.25/25	0	1,6
95	П 10.10/35(♂) (стійка)	0	1,6
	Відсоток стійких форм	100	

Продовження табл. 3

1	2	3	4
96	П 10.10/35(♀) (стійка)	0	1,6
97	П 19.26/5	0	1,6
98	П 19.26/10	0	1,7
99	П 19.26/16	0	1,8
100	Альянс(♂) (стійка)	0	1,8
	Відсоток стійких форм	100	
101	ВМ 12.24-15(♀) (стійка)	0	1,6
102	П 19.27/5	0	1,6
103	П 19.27/27	0	1,8
104	П 19.27/28	0	1,8
105	П 10.10/35(♂) (стійка)	0	1,6
	Відсоток стійких форм	100	
106	Межирічка (♀) (стійка)	0	1,3
107	П 19.30/5	0	1,4
108	П 19.30/6	0	1,4
109	П 19.30/9	0	1,6
110	П 19.30/14	0	1,4
111	П 19.30/15	0	1,6
112	П 19.30/20	0	1,4
113	П 19.30/21	0	1,6
114	Сонцедар(♂) (стійка)	0	1,6
	Відсоток стійких форм	100	
115	Предслава (♀) (стійка)	0	1,4
116	П19.38/1	0	1,6
117	П19.38/2	0	1,6
118	П19.38/35	0	1,6
119	П19.38/48	0	1,4
120	П19.38/52	0	1,4
121	П 10.9-3(♂) (стійка)	0	1,4
	Відсоток стійких форм	100	
122	Мирослава (♀) (стійка)	0	1,4
123	П19.70/2	0	1,6

1	2	3	4
124	П19.70/5	3	4,8
125	П19.70/7	0	1,6
126	П19.70/11	0	1,8
127	П19.70/12	0	1,6
128	П19.70/13	0	1,6
129	П19.70/18	0	1,6
130	П19.70/21	0	1,8
131	П19.70/28	0	1,6
132	Н 07.162-1(♂) (стійка)	0	1,6
Відсоток стійких форм		88,9	
НІР		0,2	

У результаті відбору зразків картоплі з комплексною стійкістю проти патотипів раку у 2021—2023 рр. із 23-х випробуваних всі зразки картоплі були стійкими проти звичайного патотипу раку (100%); 14 (60,8%) — стійкі до 11 (Міжгірського); 13 (56,5%) — до 13 (Рахівського); 5 (21,7%) — до 18 (Ясінівського) та 17 (73,9%) — стійкі до 22 (Бистрецького) агресивного патотипу (табл.4, рис. 4). Відібрано 6 зразків картоплі, стійких до 3-х патотипів збудника раку П13.22-3 (походження Тирас/05.21/7; Н14.72-10 (Камянський/Гурман), П15.5/27 (09.27/9 / Вигода), 15.157-15, 15.137-62 (Вірінея/Арія); 14.212-1 (Верховина/Базис); 8 — стійких до 2-х патотипів збудника хвороби: П13.26/13 (походження 05.52/28/Звіздаль); П13.48-22 (Чарунка/Спо-

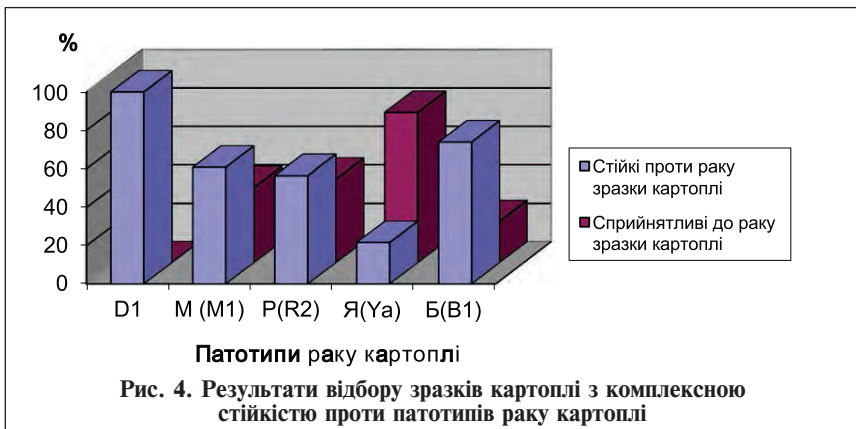


Рис. 4. Результати відбору зразків картоплі з комплексною стійкістю проти патотипів раку картоплі

4. Результати оцінки та відбору селекційного матеріалу картоплі з комплексною стійкістю проти звичайного та 4-х агресивних патогенів збудника раку, 2021—2023 рр.

№ п/п	Назва зразка	Походження	Результати випробувань на стійкість проти звичайного патогену збудника раку						Група стій-кості	Стійкість проти агресивних патогенів раку				
			Лабораторне			Полевое				Міктр-я (II)	Рахів (I3)	Ясна (I8)	Вистрещ (I22)	
			К-ть рослин, шт.	3 уряж. уряж.	% уря-ження контр.	К-ть рослин, шт.	3 уряж. уряж.	% уряжен. контр.						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
2021 р.														
1	П 13.22/3	Тирас / 05.21/7	10	0	100	10	0	100	1,4±0,06	- (R1)	- (R1)	+ (S1)	- (R1)	
2	П 13.26/13	05.52/28 / Звіздаль	10	0	100	10	0	100	1,2±0,03	- (R1)	+ (S1)	+ (S1)	- (R1)	
3	П 13.48-22	Чарунка / Спюкса	10	0	100	10	0	100	1,6±0,06	+ (S1)	- (R1)	- (R1)	+ (S1)	
4	П 14.3/5	Вимір / Н 05.3-5	10	0	100	10	0	100	1,2±0,06	- (R1)	+ (S1)	- (R1)	+ (S1)	
5	П 13.29-5	Радомисль / Вересівка	10	0	100	10	0	100	1,6±0,03	+ (S1)	- (R1)	+ (S1)	+ (S1)	
6	П 13.52-11	Н.04.38-3 / 07.85/13	10	0	100	10	0	100	1,4±0,03	+ (S1)	+ (S1)	+ (S1)	- (R1)	
7	3 14 73/9	Багряна / Калинівська	10	0	100	10	0	100	1,2±0,06	- (R1)	+ (S1)	+ (S1)	- (R1)	
8	3 14.64/3	Вересівка / Струмок	10	0	100	10	0	100	1,3±0,03	- (R1)	- (R1)	+ (S1)	+ (RS)	

Продовження табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
9	ВМ.16-19	Злабиток / Сангарка	10	0	100	10	0	100	1,2±0,06	-(R1)	+(S1)	+(S1)	-(R1)
10	Н 15.103-3	Сингаївка / Межирічка	10	0	100	10	0	100	1,6±0,03	+(S1)	-(R1)	+(S1)	-(R1)
11	Н 14.31-4	Білоруська 3 / Уніта	10	0	100	10	0	100	1,4±0,06	-(R1)	+(S1)	+(S1)	-(R1)
12	Н 14.34-1	Вєрд / Польське джерело	10	0	100	10	0	100	1,2±0,03	-(R1)	+(S1)	+(S2)	-(R1)
13	Н 14.72-10	Каменський / Гурман	10	0	100	10	0	100	1,4±0,06	-(R1)	-(R1)	+(S1)	-(R1)
14	ВМ.38-7	01.37Г.46 / Satina	10	0	100	10	0	100	1,2±0,03	+(S1)	-(R1)	+(S1)	-(R1)
2023 р.													
15	П15.5/27	09.27/9 / Вигода	10	0	100	10	0	100	1,2±0,03	-(R1)	-(R1)	+(S1)	-(R1)
16	314.64-2	Вересівка / Струмок	10	0	100	10	0	100	1,4±0,06	-(R1)	-(R1)	+(S1)	+(S1)
17	П15.36-3	05.52/28 / Альянс	10	0	100	10	0	100	1,4±0,03	+(S1)	+(S1)	-(R1)	-(R1)
18	315.96/4	Тетерів / Подолянка	10	0	100	10	0	100	2,2±0,03	+(S1)	+(S1)	+(S1)	+(S1)
19	П15.43-7	12.13-3 / 12.4-2	10	0	100	10	0	100	1,6±0,06	+(S1)	-(R1)	+(S1)	-(R1)
20	15.109-4	Струмок / Подоля	10	0	100	10	0	100	1,4±0,03	-(R1)	+(S1)	-(R1)	-(R1)

Закінчення табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
21	15.157-15	Вірінея / Арія	10	0	100	10	0	100	3,0±0,03	-(R1)	-(R1)	+(S1)	-(R1)
22	14.212-1	Верховина / Базис	10	0	100	10	0	100	2,0±0,03	+(S1)	-(R1)	-(R1)	-(R1)
23	15.137-62	Вірінея / Арія	10	0	100	10	0	100	1,8±0,06	-(R1)	-(R1)	+(S1)	-(R1)
24	Поліська рож. (контр.)	Немішаєвська ювілейна / Перлина	10	10	100	10	10	100	5	+(S2)	+(S2)	+(S2)	+(S2)
Всього стійких, %													
									23(100)	14 (60,8)	13 (56,5)	5 (21,7)	17 (73,9)

куса); 314.64/3, 314.64-2 (Вересівка/Струмок); ВМ16-19 (Здабиток/Сантарка та ВМ 38-7 (01.37Г46/Satina), П15.36-3 (05.52/28/Альянс) та П 15.43-7 (12.13-3/12.4-2). Вони рекомендуються для подальшого використання у селекційному процесі в якості джерел стійкості картоплі проти раку та для впровадження у вогнищах хвороби.

Результати та обговорення. За лабораторних та польових досліджень з випробування селекційного матеріалу картоплі на стійкість проти звичайного патотипу збудника раку у 2021—2023 рр. із 739 зразків картоплі відібрано 699 (94,6%) стійких проти звичайного патотипу збудника раку.

Результати перевірки реакції на зараження збудником раку 21-ї вихідної батьківської форми картоплі показали, що ступінь стійкості проти раку був високим (1,2—2,0 бала), вони рекомендуються для подальшого використання у селекційному процесі в якості джерел стійкості картоплі проти раку.

Гібридологічний аналіз успадкування стійкості картоплі проти раку показав, що за варіант схрещування батьківських Ф09.209-3 / П14.3/12, Світана / Межирічка, Вигода / Світана, Радомисьль / Світана, Взірець / Світана, П10.10/35 / Світана. 81.13.9/1 / Світана, П12.14-8 / Партнер, Звездаль / П10.109/35, Межирічка / Сонцедар, Левада / Ростовиця, Світана / Ростовиця, Нагорода / Ростовиця, ВМ12.24-15 / Вигода, Флоатка / Ростовиця, Межирічка / Дорогинь, Агаве / Арія, 08.102/4 / Міранда, Іванківська рання / Альянс, Вектар / Радомисьль; Чарунка / Альянс; Тирас / 89.715с88 отримано 100% стійких проти раку нащадків картоплі.

У варіанті схрещування Ф09.209-3 / П10.9-3, П09.26-2 / Альянс отримано 50,0% стійких нащадків. За використання варіанту схрещування Мирослава / Н.07.162-1 отримано 88,9% стійких нащадків.

ВИСНОВКИ

Дослідження з відбору селекційного матеріалу картоплі з комплексною стійкістю проти патотипів раку у 2021—2023 рр. показали, що найбільш результативним був відбір зразків картоплі стійких проти Д1 (звичайного) та 22 (Бистрецького) патотипів збудника раку. При цьому виділено 23 зразки картоплі, стійкі до звичайного патотипу раку (100%) та 17 (73,9%) — стійких до 22 (Бистрецького) агресивного патотипу. 14 (60,8%) зразків були стійкими до 11 (Міжгірського); 13 (56,5%) — до 13 (Рахівського) агресивного патотипу.

У 2021—2023 рр. найбільш вірулентним виявився 18 (Ясінівський) агресивний патотип, оскільки отримано найменшу — всього 5 (21,7%) стійких проти раку зразків картоплі.

Стійкі проти раку зразки картоплі пропонуються для впровадження у вогнищах збудника раку, а селекціонерам — використати у схре-

щуванні в якості джерел стійкості і отримання стійких проти хвороби нащадків картоплі.

Фінансування: дослідження проводили в рамках ПНД 21. «Створення сортів картоплі різного напрямку використання». (Картоплярство); 21.00.02.06 Ф «Пошук донорів стійкості картоплі до збудника раку *Synchytrium endobioticum* (Schilbersky) Percival», ДР №0121U108605.

Конфлікт інтересів: автори декларують про відсутність конфлікту інтересів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. FAOSTAT (2020). FAOSTAT crop data. Food and agriculture Organization of the United Nation. Available. (дата звернення 19.10.2023).
2. Державна служба статистики України. Рослинництво України. Статистичний збірник. Київ. 2021. С. 134-135. URL: <https://mail.google.com/mail/u/4/#inbox?projector=1> (дата звернення: 20.10.2023)
3. Бондарчук А.А., Колтунов В.А., Олійник Т.М. та ін. Картоплярство: методи оцінки якості. Вінниця: Нілан - ЛТД, 2021. 456 с.
4. Мельник П.О. Етіологія раку картоплі, біоекологічне обґрунтування заходів його профілактики та обмеження розвитку. Чернівці: Прут, 2003. 284 с.
5. EPPO (2022) EPPO Global Database (available online). URL: <https://gd.eppo.int> (дата звернення: 20. 10.2023).
6. 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. 38p. URL: https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/riskv/pub/rapport-synchytrium-endobioticum_21sept2018.pdf (дата звернення: 22.10.2023).
7. Bojnansky V. Potato wart pathotypes in Europe from an ecological point of view. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin. 1984. Vol. 14. (2) P. 141-146. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.1984.tb01861.x>
8. Langerfeld E.H. Stachewicz H., Rintelen J. Pathotypes of *Synchytrium endobioticum* in Germany. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin. 1994. 24. P. 799-804. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.1994.tb01100.x>
9. Przetakiewicz J. Sampling, maintenance and pathotype identification *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. *Plant Breeding and Seed Science*. 2017. Vol. 76. P. 29-36. <https://doi.org/10.1515/plas-2017-0018>
10. Identification of pathotypes of *Synchytrium endobioticum* found in infested fields in Turkey / Cakir E. et al. Bulletin OEPP/ EPPO Bulletin. 2009; 39. P. 175-178. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.2009.02285.x>
11. Potoček J., Krajičková K., Krejcar Z. Identification of new *Synchytrium*

endobioticum (Schilb.) Perc. pathotypes in Czech Republic. Ochrana Rostlin. 1991; 27. P. 191-205. <http://agris.fao.org/agris-search/search.DOI:recordID=CS9200002>

12. Ghogheridze S. et al. Occurrence of the Pathotype 38 of *Synchytrium Endobioticum* in Khulo Municipality of Georgia. Bulletin of the Georgian national academy of science. 2020. Vol 14. No 1. P. 114-119. URL: C:/Users/User/Downloads/17_Ghogheridze%20et%20al_Agrarian%20Sciences.pdf (дата звернення 22.10.2023).

13. Огляд поширення карантинних організмів в Україні станом на 01.01.2021р. URL: http://www.consumer.gov.ua/ContentPages/Oglyad_Poshirennya_Karantinnikh_Organizmv_V_Ukraini/221 (дата звернення: 22.10.2023).

14. Зея А.Г., Гунчак В.М., Мельник А.Т., та ін. Фітосанітарний стан вогнищ раку картоплі *Synchytrium endobioticum* (Schilbersky) Percival в Карпатському регіоні України. Карантин і захист рослин. 2020. № 4-6 (261). С. 9-15. <https://doi.org/1036495/2312-0614.2020.4-6.9-15>

15. Салтыкова Л.П. Дифференциация патотипов возбудителя рака картофеля. Защита растений. 1988. №6. С. 37-38.

16. Flats K., Przetakiewicz J., van Rijwik P.C.J. Interlaboratory tests for resistance to *Synchytrium endobioticum* in potato by the Glynne-Lemmerzahl method. Bulletin OEPP/ EPPO Bulletin. 2014; 44 (3). P. 510-517. <https://doi.org/10.1111/epp.12167>

17. Салтыкова Л.П., Яковлева В.И., Тарасова В.П. Лабораторная диагностика ракоустойчивости картофеля. Методические рекомендации. Ленинград, 1982. 34 с.

18. Зея А.Г., Мельник А.Т., Зея Г.В., Олійник Т.М. Метод визначення стійкості картоплі до збудника раку *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. Картоплярство України. 2012. № 3-4. С. 48-51. URL: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/65643990/kartu_2012_3_4_11_9_-libre

19. Zelya A., Zelya G., Oliynyk T. et al. Screening of potato varieties for multiple resistance to *Synchytrium endobioticum* in Western region of Ukraine. Agricultural Science and Practice. 2018. No 3. P. 3-11. <https://doi.org/10.15407/agriscp.5.03.003>

20. Зея А.Г., Олійник Т.М., Зея Г.В. Відбір джерел стійкості картоплі до збудника раку *Synchytrium endobioticum* (Schilbersky) Percival. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2020. Вип. 67. (2). С. 75-91. [https://doi.org/10.32636/01308521.2020-\(67\)-2-5](https://doi.org/10.32636/01308521.2020-(67)-2-5)

21. Ballvora A. et al. 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. Theoretical and applied genetic. 2011. Vol. 123, No 8. P. 1281-1292. <https://doi.org/10.1007/s00122-011-1666-9>

22. Busse F. et al. Genomic and transcriptomic resources for marker development in *Synchytrium endobioticum*, an elusive but severe potato pathogen. *Phytopathology*. 2017. Vol. 107, No 3. P. 322-328. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-05-16-0197-R>
23. Obidiegwu, J.E. et al. Genomic architecture of potato resistance to *Synchytrium endobioticum* disentangled using SSR markers and the 8.3k SolCAP SNP genotyping array. *BMC Genetics*. 2015. 16, 38. <https://doi.org/10.1186/s12863-015-0195-y>
24. Prodhomme C. et al. A Hitchhiker's guide to the potato wart disease resistance galaxy. *Theoretical and Applied Genetics*. 2020. 133, 3419– 3439. <https://doi.org/10.1007/s00122-020-03678-x>
25. TMV resistance gene N homologues are linked to *Synchytrium endobioticum* resistance in potato. Hehl R. *Theoretical and Applied Genetics*. 1999. 98, 379-386. <https://doi.org/10.1007/s001220051083>
26. Groth J. et al. Molecular characterisation of resistance against potato wart races 1, 2, 6 and 18 in a tetraploid population of potato (*Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum*). *Journal of applied genetics*. 2013. Vol. 54, No 2. P. 169-178. <https://doi.org/10.1007/s13353-013-0141-5>
27. Plich J. et al. Novel gene Sen2 conferring broad-spectrum resistance to *Synchytrium endobioticum* mapped to potato chromosome XI. 23. *Theoretical Applied Genetics*. 2018. Vol. 131, No11. P. 2321-2331. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00122-018-3154-y>
28. Bartkiewicz A. et al. Improved genetic resolution for linkage mapping of resistance to potato wart in monoparental dihaploids with potential diagnostic value in tetraploid potato varieties. *Theoretical and Applied Genetics*. 2018. 131, 2555-2566. <https://doi.org/10.1007/s00122-018-3172-9>
29. Van de Vossen B. T. L. H., et al. *Synchytrium endobioticum*, the potato wart disease pathogen. *Molecular Plant Pathology*. 2022. 23 (4). P. 461-474. <https://doi.org/10.1111/mp.13183>
30. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні. Реєстр є чинним з 27.01.2022р. URL: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin> (дата звернення: 22.10.2023).
31. EPPO Standard PM 7/28/1 *Synchytrium endobioticum*. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*. 2004. Vol. 34, No 2. P. 213-218. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.2004.00722.x>
32. EPPO Standard PM 7/28/2 *Synchytrium endobioticum*. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*. 2017. Vol. 47, No 3. P. 420-440. <https://doi.org/10.1111/epp.12441>
33. Зея Г.В. та ін. Методика оцінки та відбору селекційного матеріалу картоплі, стійкого до раку *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc., гармонізована з вимогами ЄС. Чернівці: Місто, 2015. 24 с.
34. Гойко О.В., Мохначов С.І. Аналіз сучасного програмного забезпе-

чення для статистичного оброблення й аналізу біомедичних досліджень. Медична інформатика та інженерія. 2012. №4. С. 49-52. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mii_2012_4_11 (дата звернення 22.10.2023).

¹Zelya A., ORCID: 0000-0002-1470-7707

¹Zelya G., ORCID: 0000-0001-7040-1908

²Olyinik T., ORCID: 0000-0002-7235-9413

²Pisarenko N., ORCID: 0000-0001-6299-2170

²Zakharchuk N., ORCID: 0000-0002-8194-2491

¹Ukrainian Science-Research Plant Quarantine Station of Institute of Plant Protection of NAAS, 1, Naukova str., v. Boyani, Chernivtsi district, Chernivtsi region, 60321, Ukraine

²Institute for Potato Research NAAS, 22, Chkalova Str., Nemishaeve village, Buchan district, Kyiv region, 08753, Ukraine
e-mail: avrelia.zelya@gmail.com, georgetrexnauk@gmail.com,
oliyniktm@gmail.com, pisarenkonatalia1978@gmail.com, vs_potato@meta.ua

Search of resistance sources to potato wart *Synchytrium endobioticum* (Schilbersky) Percival causative agent

Goal. To evaluate and to choose potato varieties breeding material resistant to wart and search resistance sources to causative agent of potato wart *Synchytrium endobioticum* (Schilbersky) Percival. **Methods.** The study involved 739 samples breeding of potatoes varieties Institute for potato study NAAS and its' Polissian division in 2020—2022. The samples were received by different parents forms crossings. Evaluation of breeding material for resistance to common 1(D1) and aggressive pathotypes of potato wart was performed in the laboratory conditions of the Ukrainian Science Research Plant Quarantine Station IPP NAAS on an artificial infectious background according to EPPO Standard PM 7/28/1 and EPPO Standard PM 7/28/2 and «Techniques or evaluation and choice of potato breeding material resistant to wart *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc harmonized as per EU requirements» and in field conditions of pathogen spread. **Results.** A 699 potato samples (94.6%) from 739 hybrids from 2022-through 2022 received resistant value to common pathotype of wart causative agent. 40 (5.4%) samples were defeated by disease causative agent and they were rejected by us. The researches results showed that 21 outlet potato parents forms had the highest resistance degree (1.2—2.0 points). They recommended for the following usage in in breeding process as a resistance source to potato wart. Hybridological analysis for potato resistance inheritance provided on the following variants of parents forms crossing F09.209-3/P14.3/12, Svitana / Mezhyrichka, Vyhoda / Svitana, Radmysl / Svitana, Vzirets / Svitana, P10.10/35/Svitana. 81.13.9/1/Svitana, P12.14-8/Partner, Zvizdal/P10.109/35, Mezhyrichka/Sncedar, Levada /Rostovytsya,

Svitana Rostovytsya, Nagoroda Rostovytsya / Rostovytsya, BM12.24-15 /Vy-goda, Floatka/Rostovytsya, Mezhyrichka/Dorogyn, Agave/Aria, 08.102/4/ Miranda, Ivankivska rannya/Alliance, Vectar/Radmysl; Charunka/Alliance; Tyras/89.715c88. The potato resistant inheritance showed 100% to wart. The crossing variant F 09.209-3 / P10.9-3, P09.26-2/Alliance gave 50.0% resistant inheritance. The crossing variant Myroslava/H.07.162-1 gave 88.9% resistant inheritance. **Conclusions.** There were chosen 699 (94,6%) among 739 potato samples in 2020—2022 resistant to common pathotype. Hybridological analysis for potato resistance inheritance to wart showed that variant resistant (♀) × resistant (♂) give 100% resistance to wart potato inheritants. The most resultative resistant potato samples choice was resistant to D1 (common) and 22 (Bystrysia) aggressive pathotype during potato breeding studies with complex resistance to wart pathotypes in 2021—2022. The most virulent was 18 (Yasynnia) aggressive pathotype. There were only 5 (21.7%) resistant to this wart pathotype. Chosen samples with complex resistance to wart pathotypes recommended for the following usage in breeding. They recommended for improve in disease sources and for the following usage in breeding process as potato resistance sources to disease causative agent and for the improving in disease sources.

potato; wart; evaluation; choice; parent forms; inheritance; resistance sources; improving

REFERENCES

1. FAOSTAT (2020). FAOSTAT crop data. Food and agriculture Organization of the United Nation. Available. (last accessed: 19.10.2023).
2. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. Roslynnnytstvo Ukrainy. Statystychnyi zbirnyk. [State Service of Ukraine. Ukrainian crop production. Statistical collection]. 2021. P. 134-135. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2019/zb/04/zb_rosl_2018.pdf. (last accessed: 19.10.2023). (in Ukrainian).
3. Bondarchuk A. A., Koltunov V. A., Oliinyk T. M. et al. (2021). Kartopliarstvo: metody otsinky yakosti. [Potato study: methods for quality evaluation]. Vinnytsia Nilan-LTD. 456 p. (in Ukrainian).
4. Melnyk P.O. (2003). Etiolohiia raku kartopli, bioekolohichne obhruntuvannya zakhodiv yoho profilaktyky ta obmezhenia rozvytku. [Potato wart etiology, bioecological justification of measures, it's prevention and restriction of development]. Chernyvtsy, Prut. 284 p. (in Ukrainian).
5. EPPO (2022) EPPO Global Database (available online). URL: <https://gd.eppo.int>. (last accessed: 20. 10.2023).
6. Boberg J., Björklund N. (2018). *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. 38 p.

URL: https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/riskv/pub/rapport-synchytrium-endobioticum_21sept2018.pdf (last accessed: 22.10.2023).

7. Bojnansky V. (1984). Potato wart pathotypes in Europe from an ecological point of view. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin, 14(2), 141-146. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.1984.tb01861.x>

8. Langerfeld E.H., Stachewicz H., Rintelen J. (1994). Pathotypes of *Synchytrium endobioticum* in Germany. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin, 24, 799-804. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.1994.tb01100.x>

9. Przetakiewicz J. (2017). Sampling, maintenance and pathotype identification *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. Plant Breeding and Seed Science, 76, 29-36. <https://doi.org/10.1515/plass-2017-0018>

10. Cakir E. et al. (2009). Identification of pathotypes of *Synchytrium endobioticum* found in infested fields in Turkey. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin, 39, 175-178. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.2009.02285.x>

11. Potoček J., Krajíčková K., Krejcar Z. (1991). Identification of new *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. pathotypes in Czech Republic. Ochrana Rostlin, 27, 191-205. <http://agris.fao.org/agris-search/search.DOI:recordID=CS9200002>

12. Ghoghoberidze S. et al. (2020). Occurrence of the Pathotype 38 of *Synchytrium Endobioticum* in Khulo Municipality of Georgia. Bulletin of the Georgian national academy of science, 14(1), 114-119. URL: C:/Users/User/Downloads/17_Ghoghoberidze%20et%20al_Agrarian%20Sciences.pdf (last accessed: 22.10.2023).

13. Ohliad poshyrennia karantynnykh orhanizmv v Ukraini stanom na 01.01.2022r. [Review of quarantine pests spread in Ukraine on 01.01.2022]. URL: http://www.consumer.gov.ua/ContentPages/Oglyad_Poshyrennya_Karantinnikh_Organizmv_V_Ukraini/219. (last accessed: 22.10.2023). (in Ukrainian).

14. Zelia A.H., Hunchak V.M., Melnyk A.T., Andriichuk T.O., Popesku H.S., Zadorskyi E.V. (2020). Fitosanitarnyi stan vohnyshch raku kartopli *Synchytrium endobioticum* (Schilbersky) Percival v Karpatskomu rehioni Ukrainy. [The phytosanitary term of old sources potato wart *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. in Ukraine]. Karantin i zahyst Roslyn. [Quarantine and Plant Protection], 4-6(261), 9-15. DOI: 1036495/2312-0614/2020/4-6.9-15. (in Ukrainian).

15. Saltikova L.P. (1988). Diferentsiatsiya pathotipov raka kartophelya v SSSR. [Differentiation of potato wart pathotypes in the USSR]. Plant protection, (6), 37-38. (in Russian).

16. Flats K., Przetakiewicz J., van Rijwik P.C.J. (2014). Interlaboratory tests for resistance to *Synchytrium endobioticum* in potato by the Glynne-Lemmerzahl method. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin, 44 (3), 510-517. <https://doi.org/10.1111/epp.12167>

17. Saltikova L.P., Jakovleva V.I., Tarasova V.P. (1982). Laboratornaya diag-

nostica rakoustoichivosti raka kartophelia. [Laboratory diagnostics to potato wart resistance]. Leningrad. 24 p. (in Russian).

18. Zelia A.H., Melnyk A.T., Zelia H.V., Oliynyk T.M. (2012). Metod vyznachennia stiikosti kartopli do zbudnyka raku *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. v umovah in vitro. [Method for determining potato resistance to wart *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. in terms in vitro]. Kartoplyarstvo Ukrainy, №3-4, 48-51. URL: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/65643990/kartu_2012_3_4_11_9_-libre. (in Ukrainian).

19. Zelya A., Zelya G., Oliynyk T., Pylypenko L., Solomyciuk M., Kordulean R., ..., Ghunchak V. (2018). Screening of potato varieties for multiple resistance to *Synchytrium endobioticum* in Western region of Ukraine. *Agricultural Science and Practice*, 3, 3-11. <https://doi.org/10.15407/agrisp.5.03.003>

20. Zelya A.G., Olijnik T.M., Zelya G.V. (2020). Vidbir dzherel stiikosti kartopli do zbudnyka raku *Synchytrium endobioticum* (Schilbersky) Percival. [Selection of sources of potato resistance to wart *Synchytrium endobioticum* (Schilbersky) Percival]. *Peredgirne ta girs'ke zemlerobstvo i tvarinnictvo*, 67(2), 75-91. [https://doi.org/10.32636/01308521.2020-\(67\)-2-5](https://doi.org/10.32636/01308521.2020-(67)-2-5) (in Ukrainian).

21. Ballvora A. et al. (2011). 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. *Theoretical and applied genetic*, 123(8), 1281-1292. <https://doi.org/10.1007/s00122-011-1666-9>

22. Busse F. et al. (2017). Genomic and transcriptomic resources for marker development in *Synchytrium endobioticum*, an elusive but severe potato pathogen. *Phytopathology*, 107(3), 322-328. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-05-16-0197-R>

23. Obidiegwu, J.E. et al. (2015). Genomic architecture of potato resistance to *Synchytrium endobioticum* disentangled using SSR markers and the 8.3k SolCAP SNP genotyping array. *BMC Genetics*, 16, 38. <https://doi.org/10.1186/s12863-015-0195-y>

24. Prodhomme C. et al. (2020). A Hitchhiker's guide to the potato wart disease resistance galaxy. *Theoretical and Applied Genetics*, 133, 3419-3439. <https://doi.org/10.1007/s00122-020-03678-x>

25. Hehl R. (1999). TMV resistance gene N homologs are linked to *Synchytrium endobioticum* resistance in potato. *Theoretical and Applied Genetics*, 98, 379-386. <https://doi.org/10.1007/s001220051083>

26. Groth J. et al. (2013). Molecular characterisation of resistance against potato wart races 1, 2, 6 and 18 in a tetraploid population of potato (*Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum*). *Journal of applied genetics*, 54(2), 169-178. <https://doi.org/10.1007/s13353-013-0141-5>

27. Jarosław Plich, Jarosław Przetakiewicz, Jadwiga Śliwka, Bogdan Flis, Iwona

Wasilewicz-Flis, Ewa Zimnoch-Guzowska. (2018). Novel gene Sen2 conferring broad-spectrum resistance to *Synchytrium endobioticum* mapped to potato chromosome XI. *Theoretical Applied Genetics*, 131(11), 2321-2331. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00122-018-3154-y>

28. Bartkiewicz A. et al. (2018). Improved genetic resolution for linkage mapping of resistance to potato wart in monoparental dihaploids with potential diagnostic value in tetraploid potato varieties. *Theoretical and Applied Genetics*, 131, 2555-2566. <https://doi.org/10.1007/s00122-018-3172-9>

29. Van de Vossen B.T.L.H., et al. (2022). *Synchytrium endobioticum*, the potato wart disease pathogen. *Molecular Plant Pathology*, 23(4), 461-474. <https://doi.org/10.1111/mpp.13183>

30. Derzhavnyi reiestr sortiv roslyn, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini. Reiestr ye chynnym z 27.01.2022. [State Register of Plant Varieties Suitable for Distribution in Ukraine. The register is valid from January 27, 2022]. (in Ukrainian). URL: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslyn> (last accessed: 22.10.2023).

31. EPPO Standard PM 7/28/1 *Synchytrium endobioticum*.(2004). Bulletin OEPP/EPPO Bulletin. 34. 2. 213-218. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.2004.00722.x>

32. EPPO Standard PM 7/28/2 *Synchytrium endobioticum*. (2017). Bulletin OEPP/EPPO Bulletin. 47. 3. 420-440. <https://doi.org/10.1111/epp.12441>

33. Zelya G.V. et al. (2015). Metodyka otsinky ta vidboru selektsiinoho materialu kartopli, stiikoho do raku *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc., harmonizovana z vymohamy YeS. [Methods for evaluation and selection of breeding material for potatoes resistant to wart *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc., harmonized with EU requirements]. Chernivtsi: Misto, 24 p. (in Ukrainian).

34. Hoiko O.V., Mokhnachov S.I. (2012). Analiz suchasnoho prohramnoho zabezpechennia dlia statystychnoho obrobлення y analizu biomedychnykh doslidzhen. [Analysis of modern software save for statistical treating in analysis of biomedical researches]. *Medychna informatyka ta inzheneriia*, (4), 49-52. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mii_2012_4_11 (last accessed: 26.05.2023). (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 05.09.2023. Прийнята до друку: 09.09.2023

Надруковано: грудень, 2023

Опубліковано онлайн: лютий, 2024