

¹А.Г. ЗЕЛЯ, кандидат біологічних наук

²О.В. КУШНІР, кандидат хімічних наук

¹Г.В. ЗЕЛЯ, науковий співробітник

³М.В. ВОВК, доктор хімічних наук

¹Т.Й. МАКАР, молодший науковий співробітник

¹Українська науково-дослідна станція карантину рослин Інституту захисту рослин НААН, вул. Наукова, 1, с. Бояни, Чернівецький р-н, Чернівецька обл., 60321, Україна

²Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, 58000, Україна

³Інститут органічної хімії НАН України, вул. Мурманська, 5, Київ, 02660, Україна
e-mail: ukrndskr@gmail.com, ibhb@chnu.edu.ua

ВПЛИВ ПРЕПАРАТІВ РІЗНОЇ ПРИРОДИ НА ЖИТТЄЗДАТНІСТЬ ЗООСПОРАНГІЇВ ЗБУДНИКА РАКУ КАРТОПЛІ *SYNCHYTRIUM ENDOBIOTICUM* (SCHILBERSKY) PERCIVAL

Мета. Визначити технічну ефективність хімічних, біологічних та нових синтезованих препаратів у контролюванні збудника раку картоплі. **Методи.** Для досліджень використовували зразки ґрунту, відібрані у вогнищах збудника раку до та після обробки препаратами: хімічними — Еместо Квантум, 273,5 FS (клотіанідин, 207 г/л + пенфлуфен, 66,5 г/л), Консенто 450 SC (фенамідон, 75 г/л, + пропамокарб гідрохлорид, 375 г/л); біологічними — ФітоДоктор, п. (бактерії *Bacillus subtilis*, ІМВ В-7100 (26Д), титр 5×10^9 /г препарату), Планриз, рід. (бактерії *Pseudomonas fluorescens* шт. AP 33, титр $3,0 \times 10^9$ /см³); синтезованими — онієві похідні 4-арил-5-метоксикарбоніл-3,4-дигідропіримідин-2-ону. Зразки ґрунту для виявлення збудників з однієї ґрунтової проби відбирали стандартними методами за ЕРРО Standards РМ 7/28 (2), з фіксуванням геолокації точок відбору GPS-навігатором Garmin eTrex Legend. Виділяли зооспорангії збудника раку флотацією у приладі «РУТА» в розчині натрію йодистого. Визначали життєздатності зооспорангіїв з використанням розчину Coomassie blue G-250. Ефективність дії препаратів визначали згідно з методиками випробування і застосування пестицидів (Трибель С.О. та ін.). **Результати.** За 2019—2021 рр. дослідили дію хімічних та біологічних препаратів на життєздатність

зооспорангіїв збудника раку картоплі. У результаті обробки синтезованим хімічним препаратом онієвою похідною 4-арил-5-метоксикарбоніл-3,4-дигідропіримідин-2-ону ефективність становила 71,4%; Еместо Квантум, 273,5 FS — 48,4%; Консенто 450 SC — 82,3%. Внаслідок дії біологічного препарату ФітоДоктор, п. ефективність склала 25,8%; Планриз, рід. — 32,3%. **Висновки.** Для захисту картоплі від хвороби рекомендується використати біологічні та онієві похідні 4-арил-5-метоксикарбоніл-3,4-дигідропіримідин-2-ону, які дозволять за 3—5 років знизити кількість життєздатних зооспорангіїв патогену в ґрунті і тим самим зменшити пестицидний прес у картоплярстві та покращити екологічний стан навколишнього середовища.

рак; зооспорангії; життєздатність; препарати; випробування; ефективність; впровадження

Найбільш прогресивним і раціональним напрямом у стратегії захисту рослинних ресурсів України від регульованих шкідливих організмів є розробка і впровадження комплексних заходів, які передбачають карантинні заходи та біологізацію захисту рослин [1]. Одна з найбільш цінних і важливих сільськогосподарських культур різностороннього використання, що вирощується у більшості країн світу, є картопля. За площею посадки вона займає четверте місце після рису, пшениці та кукурудзи. Валовий збір картоплі в Україні (близько 330 млн тон) та площі посівів (понад 18 млн га) свідчать про важливість цієї культури в глобальній проблемі забезпечення продовольством [2]. Сама рослина є живителем для багатьох збудників хвороб, з яких найбільш небезпечною є рак, збудник якого — внутрішньоклітинний облигатний патоген *Synchytrium endobioticum* (Schilbersky) Percival [3].

За даними Європейської організації із карантину та захисту рослин (ЄОКЗР) рак виявлено у 38-ми країнах світу. Захворювання пошкоджує картоплю у багатьох країнах Європи, де виявлено нові, агресивні патотипи [4].

Нині у світі відомі до 40 агресивних патотипів збудника раку. За даними Van de Vossenberг B.T.L.H. та інших на Європейській частині континенту більш розповсюдженими є патотипи: *S. endobioticum* 1(D1) — далемський, або звичайний; агресивні 2(G1) — Гіссюбль (Німеччина), 6(O1) — Ольпе (Німеччина) та 18(T1) — Гранрода (Польща) [5].

У Туреччині ідентифіковано один звичайний та один агресивний патотипи [6]. У Чехії виявлено 4 патотипи [7], один із них перестав існувати до 1940 року. У Польщі наряду з 18 (T1), виявлено три агресивних патотипи [8]. У Грузії ідентифіковано один патотип [9].

В Україні на 1 січня 2022 р. хвороба розповсюджена у 5-ти областях загальною площею 2337,96 га [10].

Найбільш висока щільність вогнищ раку та його агресивних форм

у Карпатському регіоні України. Сприятливі гірські умови впливають на розвиток хвороби і, разом з тим, є однією з причин диференціації виду гриба і формування нових патотипів. Це явище спостерігається за монокультури картоплі, особливо, за вирощування суміші різних за стійкістю проти раку сортів картоплі [3].

З 1961 року ідентифіковані вісім патотипів, а з 2003 — п'ять: 1(D1) — далемський; 11(M1) — Міжгірський; 13(R2) — Рахівський; 18(Ya) — Ясінівський, що розповсюджені у Закарпатській області та 22(B) — Бистрецький, що розповсюджений у Івано-Франківській області [3].

Для контролювання поширення та захисту від раку й інших хвороб картоплі використовують різні засоби: агротехнічні, хімічні, біологічні. Ефективним заходом контролю збудників хвороб картоплі є впровадження в аграрне виробництво стійких сортів культури [11—14] та використання біологічних препаратів проти хвороб та шкідників.

Для захисту насаджень картоплі проти альтернаріозу Гаврилюк А.Т. та Кирик М.М. рекомендували застосовувати комбінації препаратів: Мікохелп + Humat Ultra; Триходермін + Humat Ultra; Планриз, рід. + Humat Ultra; Paurin + Humat Ultra. Ефективність запропонованих комбінацій сягала 66—68% [15].

Встановлено, що біологічні препарати Хетомік 0,4 кг/га; Гаубсин 5 л/т; Планриз БТ, рід. 2 л/т; Триходермін-Біо 2 л/т; ФітоДоктор, п. 0,3 л/т сприяли зменшенню ураження бульб прихованою формою хвороби у 2,1—3,2 раза порівняно з контролем [16, 17]. Встановлено ефективність дії препарату Пероксид М Агро на урожайність картоплі, ураженої фомозом [18].

Дослідники Кушнір О.В., Гуменна А.В. та Вовк М.В. вивчили антимікробну та протигрибкову активність синтезованих піримідинових сполук на тест-культури стандартних штамів мікроорганізмів *Staphylococcus aureus* ATCC 25922 та *Candida albicans* ATCC 885-653 та запропонували синтез нових піримідинових сполук [19]. Також встановлено дію на ракові клітини печінки щурів [20].

Мета досліджень. Визначити вплив препаратів різної природи на життєздатність зооспорангіїв збудника раку картоплі.

Матеріали та методи досліджень. Для визначення інфекційного навантаження зооспорангіїв збудника раку картоплі відібрали зразки ґрунту перед обробкою картоплі препаратами та наприкінці вегетації.

Для виявлення зооспорангіїв збудника раку картоплі (навесні) та наприкінці вегетації (восени) буром відібрали проби ґрунту згідно з вимогами ЕРРО Standards РМ 7/28 (2) [21]. Сушили зразки за кімнатної температури, просіювали через сита з діаметром отворів 0,5; 0,25 та 0,03 см. У пробу додавали 35% розчин натрію йодистого з питомою

вагою 1,1 і центрифугували протягом 3 хв при 3000 об./хв. Легкі домішки спливали на поверхню. Супернатант з домішками виливали, а в осад додавали розчин натрію йодистого 48,5%, з питомою вагою 1,4 і знову центрифугували 3 хв при 3000 об./хв. При цьому зооспорангії спливали на поверхню, після чого їх збирали на годинникове скельце, підраховували під мікроскопом (8×15) і визначали середнє значення у кожній пробі [22]. Життєздатність зимових зооспорангіїв визначали шляхом фарбування 0,5% розчином Кумасі блакитним G-250. При цьому життєздатні зооспорангії фарбувались у блакитний колір, а нежиттєздатні — не фарбувались [23].

Вивчення дії хімічних та біологічних препаратів на збудника раку картоплі:

1. Онієва похідна 4-арил-5-метоксікарбоніл-3,4-дигідропіримідин-2-ону — хімічний препарат похідних дигідропіримідину, синтезовані на кафедрі загальної хімії та хімічного матеріалознавства Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича; норма витрати 1 л/га;
2. Консенто 450 SC — хімічний препарат (фенамідон, 75 г/л, + пропамокарб гідрохлорид, 375 г/л), 0,2 л/га;
3. Еместо Квантум, 273,5 FS — хімічний препарат, інсектицид + фунгіцид (клотіанідин, 207 г/л + пенфлуфен, 66,5 г/л), 0,5 л/га.
4. ФітоДоктор, п. (бактерії *Bacillus subtilis*, ІМВ В-7100 (26Д), титр 5×10^9 /г препарату), біологічний препарат пролонгованої дії для профілактики і лікування сільськогосподарських культур від комплексу грибкових та бактеріальних хвороб, норма витрати — 0,5 л/га, виробник ДП «Ензим».
5. Планриз, рід. (бактерії *Pseudomonas fluorescens* шт. AP 33, титр $3,0 \times 10^9$ см³) — біологічний препарат, норма витрати 0,3 л/га;
6. Формалін — еталон (0,4 л/га), який використовується для знезаражування всіх збудників хвороб та шкідників.

Вивчення дії біо- та хімічних препаратів на життєздатність збудника раку картоплі проводили в лабораторних умовах в чашках Петрі. Оскільки площа ($S = \pi r^2$) однієї чашки = 74,3 см², то вносили: 1 — 0,0002 мл препарату/1 чашку; 2 — 0,0003 мл/1 чашку; 3 — 0,0005 мл/1 чашку в трьох повтореннях, відповідно до норми витрати препаратів.

Випробування препаратів проти збудника раку картоплі у польових умовах проводили в Закарпатському опорному пункті УкрНДСРП ІЗР НААН (с. Майдан Хустського р-ну Закарпатської обл.) (рис. 1).

За період вегетації картоплі проведено чотири обробки препаратами:

- обробка бульб картоплі перед посадкою;
- обробка рослин (висота 20—25 см);

1 м ²	1 м ²	1 м ²	1 м ²	1 м ²
Онїєва похідна 4-арил-5-метоксикарбоніл-3, 4-дигідропіримідин-2-ону 0,001 мг/м ²	Консенто 450 SC 0,0002 мг/м ²	Еместо Квантум, 273,5 FS 0,0005 мг/м ²	ФітоДоктор, п. 0,0005 мг/м ²	Планриз, рід. 0,0003 мг/м ²
<i>Рис. 1. Схема польових дослідів з визначення дії хімічних та біопрепаратів на збудника раку картоплі</i>				

- обробка рослин у фазу бутонізації;
- обробка рослин після цвітіння.

Технічну ефективність визначали згідно з Методикою випробування та застосування пестицидів [24] за формулою:

$$Ед=100\times(Рк - Рд/Рк),$$

де: Ед — ефективність дії препарату;

Рк — показник розвитку хвороби у контролі, відповідно, до обробки;

Рд — показник розвитку хвороби після обробки.

Ефективність дії біо- та хімічних препаратів проти раку картоплі вивчали у лабораторних та польових умовах за вирощування сорту картоплі Поліська рожева.

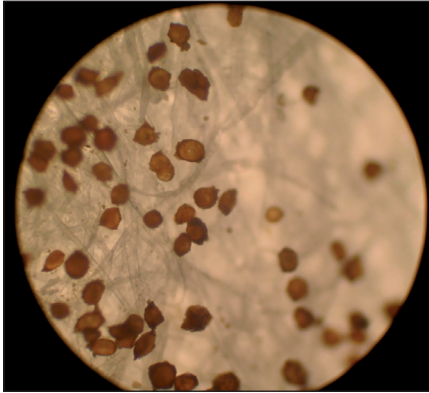
Для статистичної обробки даних, наведених у таблиці 1, використовували програму Statistica 5.

Результати досліджень та їх обговорення. У результаті дії онїєвої похідної 4-арил-5-метоксикарбоніл-3,4-дигідропіримідин-2-ону на збудника раку наприкінці вегетації картоплі з ґрунту було виділено 15 зооспорангіїв збудника хвороби. Ураження сприйнятливого до раку сорту картоплі Поліська рожева склало 10%. Технічна ефективність дії препарату проти раку картоплі склала 72,3%.

За дії хімічного препарату Еместо Квантум, 273,5 FS з нормою витрати 0,5 л/га кількість зооспорангіїв збудника хвороби зменшилась до 68,4%. З 62 зооспорангіїв збудника раку картоплі, що були наявні на початку вегетації, виявлено 25 наприкінці вегетації картоплі. Встановлено ураження 30% бульб сорту картоплі Поліська рожева.

Внаслідок дії біопрепарату ФітоДоктор, п. (спорофіт) на життєздатність зооспорангіїв збудника раку картоплі у лабораторних та по-

льових умовах з нормою витрати до 0,5 л/га у ґрунті було виявлено 45 життєздатних зооспорангіїв збудника раку на 1 г ґрунту, що склало 23,2% (рис. 2, 3). При цьому було уражено 80% бульб картоплі сорту Поліська рожева (табл.).



*Рис. 2. Зооспорангії збудника раку картоплі *Synchytrium endobioticum* (Schilbersky) Percival (120°)*

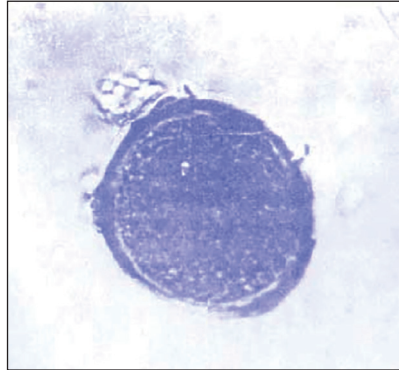


Рис. 3. Життєздатний зимовий зооспорангій збудника раку картоплі, фарбований 0,5% розчином Кумасії блакитним G-250 (240°)

Біопрепарат Планриз, рід. за нормою витрати 0,3 л/га показав більшу ефективність. Після дії даного препарату з 62-х зооспорангіїв виявлено 36 життєздатних (табл.), технічна ефективність дії препарату проти раку картоплі склала 32,3%. При цьому було уражено 60% бульб картоплі контрольного сорту Поліська рожева.

Найвищу ефективність проти раку показав Консенто 450 SC з нормою витрати 0,2 л/га (82,3%). Оскільки даний препарат вміщує фенамідон, який порушує процес дихання в мітохондріях клітин і рослини-живителя (картоплі) і збудника раку, і також пропамокарб-гідрохлорид, який порушує біосинтез амінокислот, фосфоліпідів, життєздатність зооспорангіїв збудника хвороби зменшувалася. За дії препарату з 62-х життєздатних зооспор виявлено 11 життєздатних (табл.). Спостерігався розрив оболонки та вихід зооспор із зооспорангіїв (рис. 4), а також зменшення кількості зернистих життєздатних зооспор у зооспорангіях. Ураження сприйнятливої до раку сорту картоплі Поліська рожева склало 10%.

Дія універсального препарату формаліну (0,4 л/га), який використовували в якості еталону проти збудника хвороби, становила 98,8%. При цьому у ґрунті було виявлено лише 4 нежиттєздатних зооспорангії патогену. Ураження контрольного сорту картоплі Поліська рожева збудником було нульовим.

Ефективність дії біо-, хімічних та синтезованих препаратів на життєздатність зооспорангіїв збудника раку картоплі (сорт картоплі Поліська рожева, 2019–2021 рр.)

№ п/п	Варіант досліду	Поліська рожева			Кількість зооспорангіїв, шт., (M±m)		
		Кількість рослин, шт.	Уражено рослин, шт.	% ураження	до обробки	після обробки	Ефективність дії, %
1	Контроль (без препаратів)	10	10	100	62±0,66	65±0,33	–4,8
2	Онїєва похідна 4-арил-5-метоксикарбоніл-3,4-дигідропіримідин (1 л/га)	10	8	20	62±0,66	21±0,33	75,8
3	Консенто 450 SC (0,2 л/га)	10	1	10	62±0,66	11±0,33	82,3
4	Еместо Квантум, 273,5 FS (0,5 л/га)	10	3	30	62±0,66	25±0,66	58,6
5	ФітоДоктор, п. (0,5 л/га)	10	8	80	62±0,33	45±0,66	25,8
6	Планриз, рід. (0,3 л/га)	10	6	60	62±0,33	42±0,33	32,3
7	Формалін (еталон) (0,4 л/м ²)	10	0	0	62±0,66	4±0,66	98,8
НІР ₀₅					0,04	0,07	0,06



Рис. 4. Вплив хімічних препаратів на зооспорангії збудника раку *Synchytrium endobioticum* (Schilbersky) Percival (240×)



Рис. 5. Сорт картоплі Поліська рожева, уражений збудником раку

Оскільки хімічні препарати діють і на рослину-живителя — картоплю, то для її захисту від збудника раку рекомендується використати онієві похідні дигідропіримідину, які мають бактерицидну активність і не є отруйними. Також рекомендовано використати проти хвороби біологічні препарати, які дозволяють протягом 3—5 років зменшити кількість життєздатних зооспорангіїв патогену в ґрунті і тим самим зменшити пестицидний прес у картоплярстві та покращити екологічний стан навколишнього середовища.

ВИСНОВКИ

У результаті дії синтезованої сполуки онієвої похідної 4-арил-5-метоксикарбоніл-3,4-дигідропіримідину (0,1 л/га) вдається знизити інфекційне навантаження збудника раку у ґрунті до 75,8%. Найвищу ефективність проти раку забезпечила дія хімічного препарату Консенто 450 SC — 82,3%. За обробки препаратом Еместо Квантум, 273,5 FS технічна ефективність становила 48,4%, ФітоДоктор, п. — 25,8%, Планриз, рід. — 32,3%.

Для захисту картоплі від збудника раку рекомендується використовувати онієві похідні 4-арил-5-метоксикарбоніл-3,4-дигідропіримідину та біологічні препарати, які дозволяють за 3—5 років зменшити кількість життєздатних зооспорангіїв патогену в ґрунті і тим самим зменшити пестицидне навантаження та покращити екологічний стан навколишнього середовища.

Фінансування: Дослідження проводили в рамках ПНД 12. «Наукові основи сучасних технологій прогнозу і управління фітосанітарним станом агроценозів» (Захист рослин); номер державної реєстрації № ДР 0116U002555.

Конфлікт інтересів: автори декларують про відсутність конфлікту інтересів.

БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Мельник П.О., Даньков В.Я., Соломійчук М.П. та ін. Фітосанітарна безпека. Ознаки сортової стійкості продовольчих культур проти регульованих шкідливих організмів. Київ: Аграрна наука, 2012. 160 с.

2. Бондарчук А.А., Колтунов В.А., Олійник Т.М. та ін. Картоплярство: методи оцінки якості. Вінниця. Нілан — ЛТД, 2021. 456 с.

3. Зеля А.Г. Стійкість картоплі проти збудника раку *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc., методи його виявлення і диференціації : автореф. дис. канд. біол. наук : 06.01.11»Фітопатологія». Інститут біоресурсів та природокористування. Київ, 2009. 24 с. URL: <https://www.academia.edu/67833156>

4. Busse F. Bartkiewicz A., Terefe-Ayana D. et al. Genomic and transcriptomic resources for marker development in *Synchytrium endobioticum*, an elusive

but severe potato pathogen. *Phytopathology*. 2017. 107: 322–328. <https://doi.org/10.1094/PHTO-05-16-0197-R>

5. Van de Vossen B.T.L.H., Prodhomme C., Vossen J.H., Van der Lee T.A. *Synchytrium endobioticum*, the potato wart disease pathogen. *Molecular Plant Pathology*. 2022. 23 (4). P. 461–474. <https://doi.org/10.1111/mpp.13183>

6. Çakir E., Demirci F. A new pathotype of *Synchytrium endobioticum* in Turkey: Pathotype 2. *Bitki koruma bulteni*. 2017.57(4) : 415–422. <https://doi.org/10.16955/bitkorb.34044.1>

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

8. Przetakiewicz J., Plich J. Assessment of the resistance to potato wart disease and pathotype identification *Synchytrium endobioticum* (Schilb) Perc. In Poland. *Plant Breeding and Seed Science*. 2017. 78. P. 37–43. <https://doi.org/10.1515/plass-2017-00019>

9. Sikharulidze Z.V., Ghoghoberidze S., Mentink N. et al. Identification of the pathotype of *Synchytrium endobioticum* casual agent of potato wart disease, present in Georgia. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*. 2019. 49(2) P. 314–320. <https://doi.org/10.1111/epp.12582>

10. Огляд поширення карантинних організмів в Україні станом на 01.01.2021 р. URL: http://www.consumer.gov.ua/ContentPages/Oglyad_Poshirennya_Karantinnikh_Organizmiv_V_Ukraini/219

11. Мельник А.Т. Відбір сортів картоплі із господарсько-цінними ознаками стійких проти альтернаріозу. *Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Захист і карантин рослин»*. 2014. №60. С. 220–225.

12. Гаврилюк А.Т. Альтернаріоз картоплі та біологічне обґрунтування заходів обмеження його розвитку в умовах південно-західного лісостепу України : автореф. дис. канд. біол. наук : 06.01.11 «Фітопатологія». Інститут біоресурсів та природокористування. Київ, 2021. 24 с.

13. Zelya A., Zelya G., Oliynyk T., Pylypenko L., Solomiyciuk M., Kordulean R., Skoreyko A., Bunduc Y., Ghunchak V. (2018). Screening of potato varieties for multiple resistance to *Synchytrium endobioticum* in the western region of Ukraine. *Agricultural Science and Practice*, 5(3), 3–11. <https://doi.org/10.15407/agrisp5.03.003>

14. Zelya G.V., Oliynyk T.M., Kyryk M.M. The choice of wart varieties with complex resistance to wart and nematodes in western region of Ukraine and distinguishing sources of resistance. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2017. №3 (67). <https://doi.org/10.31548/dopovidi.2017.03.001>

15. Gavryliuk A.T., Kyryk M.M. Tank mix additives biological preparations

efficiency usage with other means against potato *Alternaria* blight. *Грааль науки* (5). P. 83–84. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.04.06.2021.016>

16. Андрійчук Т.О., Скорейко А.М. Елементи захисту картоплі від фомозної гнилі. *Картоплярство: Міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Вінниця: ТОВ «Твори», 2020. Вип. 44. С. 110–117. (Google scholar).

17. Андрійчук Т., Скорейко А., Лісничий В. Обмеження поширення латентної форми фомозу картоплі із застосуванням біофунгіцидів. *Захист і карантин рослин* 2020. №66. С. 17–30. <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2020.66.17-30>

18. Андрійчук Т.О., Скорейко А.М., Мельник А.Т. та ін. Застосування препарату Пероксид М Агро проти фомозу картоплі. *Перспективи розвитку регіонального виробництва і застосування біологічних засобів захисту рослин від шкідників і хвороб*: матеріали міжнародного семінару (онлайн) з нагоди Міжнародного року здоров'я рослин. Одеса: ІТІ «Біотехніка» НААНУ, 2020. С. 211–215.

19. Кушнір О.В., Гуменна А.В., Вовк М.В. Синтез 4-арил-1,6-діалкіл-3,4-дигідро-1Н-піроло[3,4-*d*]піримідин-2,5,7-трионів та їх бактерицидна активність. *Науковий вісник ЧНУ*. 2016. Вип. 771. С. 69–72. URL: https://ru.scribd.com/document/327372225/NV-771-2016#fullscreen&from_embed

20. Kushnir O.V., Voloshchuk O.N., Marchenko M.M., Vovk M.V. Synthesis and Antioxidant Activity of Ammonium Salts of 4-(3-Bromophenyl)-5-Methoxycarbonyl-1-(N,N-Dimethylaminopropyl)-3,4-Dihydropyrimidin-2-(1H)-One. *Chemical Pharmasephtical Journal*. 2015.V. 49, № 5. P. 515–518. URL: <http://link.springer.com/article/10.1007/s11094-015-1318-5>

21. EPPO Standards PM 7/28 (2) Diagnostic protocol for *Synchytrium endobioticum*. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*. 2017. V. 47. №3. P. 420–440. <https://doi.org/10.1007/s10658-006-9039-y>

22. Зеля А.Г., Мельник П.О., Мацьків Т.І., Пилипенко Л.А. Виявлення збудника раку картоплі в агроценозах та вантажах. *Методичні рекомендації*. 2006. 21 с.

23. Zelya A., Janse L., Janse J., Ghoghoberidze S., Zelya G., Korduleand R., Sikharulidze Z. Efficiency of detecting resting spores of *Synchytrium endobioticum* (potato wart disease) in infested sites of Ukraine and Georgia. *Agricultural Science and Practice*, 2021. 8(2), 36–48. <https://doi.org/10.15407/agrisp8.02.036>

24. Тривель С.О., Сігарьова Д.Д., Секун М.П. та ін. *Методики випробування і застосування пестицидів*. Київ: Світ, 2001. 448 с.

¹Zelya A., ORCID: 0000-0002-1470-7707

²Kuchnir O., ORCID: 0000-0001-5431-1857

¹Zelya G., ORCID: 0000-0001-7040-1908

¹Makar T., ORCID: 0000-0001-5432-2759

³Vovk M., ORCID: 0000-0003-1753-3535

¹Ukrainian Scientific Research Plant Quarantine Station Institute of Plant Protection of NAAS, 1, Naukova str., Boyany, Chernivtsi district, Chernivtsi region, 60321, Ukraine

²Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, 2, Kotsiubynskogo str., Chernivtsi, 58012, Ukraine

³Institute of Organic Chemistry NAS Ukraine, 5, Murmanska str., Kyiv, 02660, Ukraine

e-mail: ukrndskr@gmail.com, ibhb@chnu.edu.ua

Preparation of different origin impact on zoosporangium viability of potato wart causative agents *Synchytrium endobioticum* (Schilbersky) Percival

Goal. To determine the technical efficiency of chemical, biological and new synthesized drugs in controlling the causative agent of potato cancer.

Methods. For research, soil samples were used, taken from the foci of the causative agent of cancer before and after treatment with the following drugs: chemical — Emesto Quantum, 273.5 FS (clothianidin, 207 g/l + penflufen, 66.5 g/l), Consento 450 SC (phenamidon, 75 g/l, + propamocarb hydrochloride, 375 g/l); biological — Fitodoktor, p. (*Bacillus subtilis* bacteria, IMV B-7100 (26D), titer 5×10^9 /g of the drug), Planryz, genus. (*Pseudomonas fluorescens* bacteria, piece AP 33, titer 3.0×10^9 cm³); synthesized — onium derivatives of 4-aryl-5-methoxycarbonyl-3,4-dihydropyrimidin-2-one. Soil samples for the detection of pathogens from one soil sample were taken by standard methods according to EPPO Standards PM 7/28 (2), with the geolocation of the sampling points recorded by the Garmin eTrex Legend GPS navigator. Zoosporangia of the causative agent of cancer were isolated by flotation in the «RUTA» device in sodium iodide solution. The viability of zoosporangia was determined using Coomassie blue G-250 solution. The effectiveness of the drugs was determined according to the methods of testing and application of pesticides (Trybel S. and others). **Results.** For 2019—2021, the effect of chemical and biological preparations on the viability of zoosporangia of the causative agent of potato cancer was investigated. As a result of treatment with the synthesized chemical onium derivative 4-aryl-5-methoxycarbonyl-3,4-dihydropyrimidin-2-one, the efficiency was 71.4%; Emesto Quantum, 273,5 FS — 48.4%; Consento 450 SC — 82.3%. As a result of the action of the biological drug FitoDoctor, the effectiveness was 25.8%; Planriz, genus. — 32.3%. **Conclusions.** To protect potatoes from the disease, it is recommended to use biological and onium derivatives of 4-aryl-5-methoxycarbonyl-3,4-dihydropyrimidin-2-one, which will allow to reduce the number of viable zoosporangia

of the pathogen in the soil in 3–5 years and thereby reduce the pesticide press in potato growing and improve the ecological condition of the environment.

wart; zoosporangium; viability; preparations; testing; efficiency; improving

REFERENCES

1. Melnyk P.O., Dankov V.Ia., Solomiichuk M.P. ta in. (2012). Fitosanitarna bezpeka. Oznaky sortovoi stiičnosti prodovolchych kultur proty rehulovanykh shkidlyvykh orhanizmiv. [Phyosanitary security. Agricultural crops variety features of resistance to regulated pests]. Kyiv. Ahrarna nauka, 160. (in Ukrainian).
2. Bondarchuk A.A., Koltunov V.A., Oliinyk T.M. ta in. (2021). Kartopliarstvo: metody otsinky yakosti. [Potato research; quality evaluation techniques]. Vinnytsia. Nilan - LTD. 456. (in Ukrainian).
3. Zelya A H. (2009). Stiičnost kartopli proty zbudnyka raku *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc., metody yoho vyavleniia i dyferentsiatsii. [Potato resistance against the cancer pathogen *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc., methods of its detection and differentiation] : avtoref. dys. kand. biol. nauk : 06.01.11 «Fitopatolohiia». Instytut bioresursiv ta pryrodokorystuvannia. Kyiv. 24. URL: <https://www.academia.edu/67833156> (in Ukrainian).
4. Busse F, Bartkiewicz A, Terefe-Ayana D. et al. (2017). Genomic and transcriptomic resources for marker development in *Synchytrium endobioticum*, an elusive but severe potato pathogen. *Phytopathology*. 107: 322–328. <https://doi.org/10.1094/PHTO-05-16-0197-R>
5. Van de Vossen B. T. L. H., Prodhomme C., Vossen J. H, Van der Lee T. A. (2022). *Synchytrium endobioticum*, the potato wart disease pathogen. *Molecular Plant Pathology*. 23 (4). 461–474. <https://doi.org/10.1111/mpp.13183>
6. Çakir E., Demirci F. (2017). A new pathotype of *Synchytrium endobioticum* in Turkey: Pathotype 2. *Bitki koruma bulteni*. 57(4) : 415–422. <https://doi.org/10.16955/bitkorb.34044.1>.
7. Potoček J., Krajičková K., Krejcar Z. (1991). Identification of new *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. pathotypes in Czech Republic. *Ochrana Rostlin*. 27. 191–205. URL: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CS9200002>
8. Przetakiewicz J., Plich J. (2017). Assessment of the resistance to potato wart disease and pathotype identification *Synchytrium endobioticum* (Schilb) Perc. In Poland. *Plant Breeding and Seed Science*. 78. 37–43. <https://doi.org/10.1515/plass-2017-00019>
9. Sikharulidze Z., Ghoghoberidze S., Mentink N. et al. (2019). Identification of the pathotype of *Synchytrium endobioticum* casual agent of potato wart disease, present in Georgia. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*. 49(2). 314–320. <https://doi.org/10.1111/epp.12582>.

10. *Ohliad* poshyrennia karantynnykh orhanizmiv v Ukraini stanom na 01.01.2022. [Outline of quarantine pests spread in Ukraine on 01.01.2022]. URL: http://www.consumer.gov.ua/ContentPages/Oglyad_Poshyrennya_Karantinnikh_Organizmiv_V_Ukraini/21. (in Ukrainian).

11. *Melnyk A.T.* (2014). Vidbir sortiv kartopli iz hospodarsko-tsinnymy oznakamy stiikykh proty alternariozu. [Potato varieties selection with economically value features against alternaria blight]. *Mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk «Zakhyst i karantyn roslyn»*. № 60. S. 220–225. URL: <https://www.academia.edu/51151124> (in Ukrainian).

12. *Havryliuk A.T.* (2021). Alternarioz kartopli ta biolohichne obgruntuvannya zakhodiv obmezhenia yoho rozvytku v umovakh pivdenno-zakhidnoho liso-stepu Ukrainy. [Potato Alternaria Blight and Biological Bases for Decreasing its Development in Southern-Western Ukrainian Foreststeppe]: avtoref. dys. ... kand. biol. nauk : 06.01.11 «Fitopatohiia». Instytut bioresursiv ta pryrodokorystuvannya. Kyiv, 24s. URL: <https://www.academia.edu/51151124> (in Ukrainian).

13. *Zelya A., Zelya G., Olynyk T., Pylypenko L., Solomiyciuk M., Kordulean R., Skoreyko A., Bunduc Y., Ghunchak V.* (2018). Screening of potato varieties for multiple resistance to *Synchytrium endobioticum* in the western region of Ukraine. *Agricultural Science and Practice*, 5(3), 3–11. <https://doi.org/10.15407/agrisp5.03.003>

14. *Zelya G.V., Olynyk T.M., Kyryk M.M.* (2017). The choice of wart varieties with complex resistance to wart and nematodes in western region of Ukraine and distinguishing sources of resistance. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy*. № 3 (67). <https://doi.org/10.31548/dopovidi.2017.03.001>

15. *Gavryliuk A.T., Kyryk M.M.* (2021). Tank mix additives biological preparations efficiency usage with other means against potato Alternaria blight. *Hraal nauky*. (5). 83–84. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.04.06.2021.016>

16. *Andriichuk T.O., Skoreiko A.M.* Elementy zakhystu kartopli vid fomoznoi hnyli. [Potato protection elements against phoma rot]. *Kartopliarstvo: mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk*. Vinnytsia, TOV «Tvory», 2020. Vyp. 44. S. 110–117. (in Ukrainian).

17. *Andriichuk T., Skoreiko A., Lisnychyi V.* (2020). Obmezhenia poshyrennia latentnoi formy fomozu kartopli iz zastosuvanniam biofunktsydiv. [Limitation of the distribution of the latent form of potato phomosis with the use of biofungicides]. *Zakhyst i karantyn roslyn*. (66), 17–30. <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2020.66.17-30> (in Ukrainian).

18. *Andriichuk T.O., Skoreiko A.M., Melnyk A.T. ta in.* (2020). Zastosuvannya preparatu Peroksyd M Ahro proty fomozu kartopli. [Preparation Peroxid usage potato phomosis]. *Perspektyvy rozvytku rehionalnoho vyrobnytstva i zastosuvannya biolohichnykh zasobiv zakhystu roslyn vid shkidnykiv i khvorob : materialy mizhnarodnoho seminaru (onlain) z nahody Mizhnarodnoho roku zdorovia ro-*

slyn. 2020, 10-11 veres. 2020 r. Odesa: ITI «Biotekhnika» NAANU. 211–215. (in Ukrainian).

19. Kushnir O.V., Humenna A.V., Vovk M.V. (2016). Syntez 4-aryl-1,6-dialkil-3,4-dyhidro-1N-piolo[3,4-d] pirymidyn-2,5,7-tryoniv ta yikh bakterytsydna aktyvnist. [Synthesis of 4-aryl-1,6-dialkyl--3,4-dihydro-1H-pyrrolo[3,4-d] pyrimidine-2,5,7-triones and and their antifungal action]. *Naukovyi visnyk ChNU*. V. 771. S. 69–72. URL: https://ru.scribd.com/document/327372225/NV-771-2016#fullscreen&from_embed (in Ukrainian).

20. Kushnir O.V., Voloshchuk O.N., Marchenko M.M., Vovk M.V. (2015). Synthesis and Antioxidant Activity of Ammonium Salts of 4-(3-Bromophenyl)-5-Methoxycarbonyl-1-(N,N-Dimethylaminopropyl)-3,4-Dihydropyrimidin-2-(1H)-One. *Chemical Pharmasephtical Journal*. V. 49(5). 515–518. URL: <http://link.springer.com/article/10.1007/s11094-015-1318-5>

21. EPPO Standards PM 7/28 (2) Diagnostic protocol for *Synchytrium endobioticum*. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*. 2017. V. 47 (3). P. 420–440 <https://doi.org/10.1007/s10658-006-9039-y>

22. Zelia A.H., Melnyk P.O, Matskiv T.I., Pylypenko L.A. (2006). Vyiavlennia zbudnyka raku kartopli v ahrotsenozakh ta vantazhakh. [Determining potato wart causative agent in agrocenosis and weigths]. *Metodychni rekomendatsii*. 21. (in Ukrainian).

23. Zelya A., Janse L., Janse J., Ghogoberidze S., Zelya G., Korduleand R., Sikharulidze Z. (2021). Efficiency of detecting resting spores of *Synchytrium endobioticum* (potato wart disease) in infested sites of Ukraine and Georgia. *Agricultural Science and Practice*, 2021. 8(2), 36–48. <https://doi.org/10.15407/agrisp8.02.036>

24. Trybel S.O., Siharova D.D., Sekun M.P. et al. (2001). *Metodyky vyprovuvannia i zastosuvannia pestytsydiv*. [Pesticides testing and usage techniques]. Kyiv: Svit, 448. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 05.09.2022. Прийнята до друку: 12.09.2022
Надруковано й онлайн опубліковано: квітень, 2023