

ЕФЕКТИВНІСТЬ НАНОАКВАХЕЛАТІВ

перехідних металів проти парші у промислових насадженнях яблуні

Мета. Порівняти ефективність хімічної та удосконаленої схем захисту та визначити ефективність застосування різних концентрацій суміші наноаквахелатів перехідних металів Cu, Zn, Fe у схемі захисту насаджень яблуні проти парші в умовах півдня Вінницької області. Оцінити вплив суміші вказаних сполук на урожайність та товарність плодів у насадженнях яблуні сорту Чемпіон.

Методи. Лабораторний — методом дисків визначено чутливість мікроміцетів *Venturia inaequalis* (Cooke) G. Winter, *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl, *Monilinia fructigena* (Pers.) Honey до досліджуваної суміші металів. Польовий — вивчали 2 схеми захисту насаджень від парші яблунь. 1 — хімічна, базувалася на використанні пестицидів хімічного походження: Нордокс 75, ВГ (оксид міді, 860 г/кг, еквівалент 750 г/кг Cu, Вг), Делан, ВГ (дитіанон, 700 г/кг), Флінт Стар 520 SC, КС (піриметаніл, 400 г/л + трифлоростробін, 120 г/л), Малахіт КС (дитіанон, 250 г/л + піриметаніл, 250 г/л), Скор 250 ЕС, КЕ (дифенокназол, 250 г/л), Топсін-М 500, КС (тіофанат-метил, 500 г/л). 2 — удосконалена, що включала обробки хімічними засобами захисту (Нордокс 75, ВГ, Хорус 75 WG, ВГ (ципродиніл, 750 г/кг)) з додаванням суміші наноаквахелатів Cu, Zn, Fe в.р. (0,1; 0,2; 0,3 л на 600 л води/га) у фазі ВВСН 56, 72—74, 75, а також за 2—3 тижні до стиглості плодів ВВСН 81—87. Контролем слугували обробки водою.

Результати. Оцінено ефективність застосування суміші сполук у схемі захисту промислових насаджень яблуні. Лабораторними скринінгами підтверджено, що наноаквахелати Cu, Zn, Fe в.р. мають фунгіцидну дію і можуть застосовуватися як альтернатива хімічним пестицидам. Встановлено позитивну тенденцію впливу удосконаленої схеми з внесенням наноаквахелатів на урожайність яблуні — збільшення на 46,6% у 2022 р. та 106% у 2023 р. порівняно з контролем, а також показники товарної якості плодів на 60—136%

¹В.В. ЧОБОТАР
¹О.О. КРАВЧЕНКО,
 кандидат біологічних наук

²Г.М. ТКАЛЕНКО,
 доктор сільськогосподарських наук
¹Національний університет біоресурсів і природокористування України,
 вул. Героїв Оборони, 15. м. Київ,
 03041, Україна

²Інститут захисту рослин НААН,
 вул. Васильківська, 33, м. Київ,
 03022, Україна

порівняно з контролем. **Висновки.** Використання удосконаленої схеми захисту насаджень яблуні від парші забезпечило біологічну ефективність 56—73% за норм витрати 0,2—0,3 л/га аквахелатів на 5—7-му добу після обробки. Ефективність хімічної схеми захисту, що базувалась на препаратах Нордокс 75, ВГ, Делан, ВГ, Флінт Стар 520 SC, КС, Малахіт КС, Скор 250 ЕС, КЕ, Топсін-М 500, КС, рекомендованих для контролю даного збудника, становила 64—95% на 5—7-му добу після застосування. Відзначено позитивну тенденцію впливу в 2022 р. удосконаленої схеми захисту на показники товарної якості плодів за достатнього зволоження. Проте посушливі умови в 2023 р. призвели до зниження урожайності, зменшення діаметра плодів та погіршення їхньої товарності порівняно з хімічною схемою захисту. Встановлено, що найефективнішою проти парші яблуні була хімічна схема захисту, що базувалась на традиційних контактних, системних та комбінованих хімічних препаратах, які рекомендовані для контролю даного збудника, в той же час вказана схема відзначалася більшою собівартістю та нижчою екологічною безпечністю.

яблуня; хімічний захист; парша; наноаквахелати; ефективність застосування фунгіцидів

Вирощування плодівих культур є одним з ключових факторів продовольчої безпеки держави та її регіонів [1]. Саме тому задля забезпечення розвитку галузі садівництва в Україні необхідне збільшення виробництва високоякісної конкурентоспроможної продукції. Проте, ситуація ускладнилася у зв'язку з початком повномасштабного вторгнення, зокрема у регіонах із розвинутим садівництвом та овочівництвом (у Херсонській та Запорізькій областях) [2—4]. Лише за один рік військових дій зниження площ насаджень яблуні склало 10% (з 93,7 тис. га у 2021 р. до 84,5 тис. га у 2022 р.), показник урожайності зменшився з 15,15 т/га до 14,69 т/га [5].

Окрім вищенаведеного, вагомим чинником, який суттєво впливає на продуктивність насаджень яблуні, якість продукції та врожайність, є хвороби різної етіології, у тому числі філостиктоз, альтернаріоз, чорний, звичайний або західноєвропейський рак, цитоспороз, бактеріальний опік та рак кори [7, 8]. Суттєвого впливу на обсяги отримання урожаю завдає парша яблунь, яку викликає збудник *V. inaequalis* [9]. Вона здатна призводити до інтенсивного опадання квіток і зав'язі, послаблювати фотосинтетичну активність уражених листків, надмірного випаровування вологи за ураження понад 5% [34]. Ураження листків і плодів може сягати 30—100%, що призводить до зниження врожаю на 30—35%, а в роки масових епіфітотій — до повної його втрати [12, 34].

Зважаючи на складні умови для вирощування товарних плодів яблуні в Україні, необхідно мінімізувати витрати, удоскона-

лити технології вирощування та схему захисту культур, що дозволить знизити собівартість виробництва та забезпечити населення доступною і якісною продукцією.

Постійний пошук ефективних засобів контролю за розповсюдженням хвороб призвів до появи схем захисту яблуні, які переважно базуються на використанні хімічних препаратів. Проте, застосування пестицидів має низку суттєвих недоліків, зокрема їхні залишки накопичуються в ґрунті [13, 14], гідроекосистемах [15], викликають гостру та хронічну токсичність [16, 17], спричиняють резистентність у фітопатогенів [18]. Нині широко почали застосовувати біологічні методи захисту рослин, які характеризуються безпечністю і ефективністю. Однак і їхнє впровадження обмежується терміном дії, високою селективністю та залежністю від абіотичних факторів [19-21].

Тому актуальною є розробка ефективних екологічно безпечних схем контролю, які будуть спрямовані на зниження шкідливості хвороб, не призводячи до пестицидного навантаження на довкілля [21, 22]. Постає необхідність удосконалення схеми захисту насаджень яблуні шляхом включення інноваційних препаратів, які дозволять не лише підвищити продуктивність та поліпшити якість плодів, але й сприятимуть подальшому розвитку екологічно безпечних ресурсозберігаючих технологій вирощування плодової продукції [23-25].

Слід відзначити, що в Україні розроблено групу ерозійно-вибухових нанотехнологій — фізичного методу переведення твердої фази металів у колоїдний стан, де розміри твердої фази не перевищують розміри 10^{-9} м [26]. Отримані на основі цих методів хелатовані комплекси перехідних та біогенних металів мають високу хімічну активність. Аквахелати цікаві тим, що вода в гідратних оболонках може заміщуватися молекулами карбонових кислот чи інших комплексоутворювачів. Це дає можливість їм проникати через мембрани клітин і там

«розкриватися», що забезпечує біологічну ефективність та екологічну чистоту. Попередніми дослідженнями доведено їхню високу активність, стійкість в широкому діапазоні рН, сумісність з багатьма мінеральними добривами та засобами захисту рослин (ЗЗР), економічну ефективність, низьку токсичність для ґрунту та рослин, що відкриває нові практичні напрями застосування, в тому числі і у садівництві, зокрема в схемі захисту яблуні [27—30]. Окрім цього, вищезазначені препарати є джерелом мікроелементів, необхідних для нормального росту, розвитку, підвищення продуктивності, особливо за сучасних інтенсивних технологій вирощування плодкових культур [30]. Також, вони посилюють посухостійкість, морозостійкість, резистентність до хвороб [27].

Метою роботи була оцінка ефективності застосування суміші наноаквахелатів Cu, Zn, Fe в схемі захисту промислових насаджень яблуні від парші в умовах півдня Вінницької області.

Умови проведення досліджень. Дослідження проводили на базі лабораторії мікробіологічного методу захисту рослин Інституту захисту рослин НААН та фермерського господарства «Трипілля» у с. Бронниця, Могилів-Подільського р-ну, Вінницької обл. в 2022—2023 рр. Культур — яблуня сорту «Чемпіон» на підщепі ММ106, схема садіння дерев — $4,5 \times 2$ м, висаджені у 2016 р. Система формування кропи — веретено. Перед закладанням досліджень захист насаджень проводили за загальноприйнятою схемою, що рекомендована у даній зоні садівництва [42].

За вегетаційний період 2022 р. у районі проведення досліджень випало 462 мм опадів, у 2023 р. — 431 мм, що характеризується як досить посушливі періоди, порівняно з багаторічними показниками (620 мм), проте вони були достатніми для формування урожайності яблуні на рівні середньорічних показників. Важливою особливістю 2022 р. була посушлива зима з досить вологими

серпневим і вересневим періодами (220 мм), що значною мірою мало вплив на збереженість плодів. Березень та квітень 2022 р. характеризувався прохолодною весняною погодою та пізнім відновленням вегетації. Особливістю 2023 року була значна кількість опадів (90 мм), що зафіксована у квітні перед цвітінням яблуні. Найвища температура повітря за період спостережень спостерігалась у липні ($38,8^{\circ}\text{C}$ у 2022 та $36,8^{\circ}\text{C}$ у 2023 р.), що спричинило зниження тургору листків яблуні сорту Чемпіон, проте не зафіксовано впливу даних чинників на отримання врожаю.

Ґрунтові умови фермерського господарства — суглинок із середнім вмістом гумусу $1,51$ мг/кг (визначено згідно з ДСТУ 4289:2004), та слабкокислою реакцією рН сольове — $5,16$ (ДСТУ ISO 10390:2007 (ISO 10390:2005, IDT)). Також характерною особливістю ґрунту є високий вміст обмінного кальцію — 2685 мг/кг (ДСТУ 7861:2015). Удобрення насаджень проводили згідно із загальноприйнятою схемою: за 3 тижні до цвітіння за наявності опадів вносили азотні добрива в кількості $40\text{—}50$ кг д.р./га, а за місяць до збирання плодів вносили фосфорно-калійні добрива у водорозчинній формі (з врахуванням кількості опадів та ґрунтової діагностики) [31].

У насадженнях відсутнє краплинне зрошення, система утримання ґрунту в ряду — чорний пар, в міжрядді застосовується задерніння сумішшю злакових трав, скошування проводили 2—4 рази за сезон залежно від кількості опадів. Норми витрати робочого розчину для обприскування препаратами становила 600 л/га.

Матеріали і методи досліджень. Матеріали — суміш наноаквахелатів Cu, Zn, Fe, виготовлених ТОВ «Наноматеріали і нанотехнології» (м. Київ) за методом ерозійно-вибухової нанотехнології [26], наданих ТОВ «Майбутнє будемо разом» (ТМ «ДоброДій»).

Оскільки в роботі матеріалами дослідження є сполуки, які до

цього часу не використовувалися в садівництві, то на першому лабораторному етапі було досліджено видовий склад мікозів, та антагоністичну дію наноаквахелатів на них. *In vitro* проведено скринінг видового складу мікозів та оцінено фунгіцидну дію досліджуваної суміші на фітопатогенні мікроміцети — *Venturia inaequalis* (Cooke) G. Winter, *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl, *Monilinia fructigena* (Pers.) Honey. Досліди проводили методом дисків у чашках Петрі з використанням картопляно-глюкозного середовища. Фітопатогенні гриби засівали змивом з пробірок, в кількості 1 мл, і змішували з розплавленим агаризованим середовищем. У чашки вміщували попередньо простерилізовані кружечки з фільтрувального паперу діаметром 1 см, змочені у суміші досліджуваних розчинів. Чашки утримували за температури +27°C. Повторність в дослідах — триразова. Фунгіцидну дію оцінювали за розмірами зон відсутності росту грибів навколо дисків.

Досліди другого етапу — вегетаційні — проводили виключно щодо парші, в агроценозі насаджень яблуні. Схема лабораторно-польового дослідження включала 3 дослідних варіанти, по 10 дерев у кожному, в триразовій повторності. Облікові дерева різних повторень одного й того ж варіанту розміщували на дослідній ділянці рендомізовано (в різних місцях). Обробку проводили ранцевим обприскувачем.

Схеми захисту від парші:

Хімічна базувалася на використанні пестицидів хімічного походження. У фазу ВВСН 10—19 — контактного фунгіциду на основі міді Нордокс 75, ВГ (оксид міді, 860 г/кг, еквівалент 750 г/кг Cu, Br), 1,5 кг/га, об'єм розчину 600 л/га; у фазу ВВСН 56 — контактного фунгіциду Делан, ВГ (дитіанон, 700 г/кг) — 0,5 кг/га, об'єм розчину 600 л/га; у фазу ВВСН 57 — системного препарату Флінт Стар 520 SC, КС (піриметаніл, 400 г/л + трифлороксістробін, 120 г/л) — 0,5 л/га, об'єм розчину 600 л/га; у фазу ВВСН 72—74 — контактний-сис-

темного препарату Малахіт КС (дитіанон, 250 г/л + піриметаніл, 250 г/л) — 1,5 л/га, об'єм розчину 600 л/га; у фазу ВВСН 75 системного препарату Скор 250 ЕС, КЕ (дифеноконазол, 250 г/л) — 0,2 л/га, об'єм розчину 600 л/га; у ВВСН 81—87 — системного препарату Топсін-М 500, КС (тіофанат-метил, 500 г/л) — 1,5 л/га, об'єм розчину 600 л/га. Всього — 6 обробок.

Удосконалена схема включала обробку хімічними засобами захисту з додаванням суміші наноаквахелатів Cu (1 г/л), Zn (1 г/л), Fe (1 г/л) в.р. 0,1; 0,2; 0,3 л/га, об'єм розчину 600 л/га, у фазі ВВСН 56, 72—74, 75 та 81—87. У фазу ВВСН 10—19 застосовували контактний препарат на основі міді Нордокс 75, ВГ — 1,5 кг/га, об'єм розчину 600 л/га; у фазу ВВСН 57 застосовували системний препарат Хорус 75 WG, ВГ (ципродиніл, 750 г/кг) — 0,2 кг/га, об'єм розчину — 600 л/га. Всього 6 обробок.

Контроль — обробка водою.

Фенологічні спостереження проводили за загальноприйнятими методиками [34]. В дослідженні виокремлювали наступні фенологічні фази — початок розпускання бруньок, початок і закінчення цвітіння, опадання зав'язі після цвітіння, друге опадання зав'язі, завершення росту пагонів, плоди придатні для збору [35]. Обліки поширення та розвитку хвороб проводили за загальноприйнятими методиками відповідно до фаз рослини-живителя: ВВСН 10 (набухання бруньок), ВВСН 19 (зелений конус), ВВСН 56 (зелений бутон), ВВСН 57 (рожевий бутон), ВВСН 72—74 (діаметр плодів 20—40 мм), ВВСН 75 (плоди приблизно половини кінцевого розміру) та ВВСН 81—87 (початок досягання — плоди придатні для збору) [35]. Ефективність дії фунгіцидів (Рх, %) визначали за офіційними методиками через 5—7 діб після обробки, за формулою:

$$P_x = \frac{100 \sum (a \times b)}{n \times B}$$

де $\sum (a \times b)$ — сума добутків кількості рослин (a) на відповідний

бал ураження (b); n — загальна кількість рослин у пробі, шт.; B — найвищий бал ураження (за прийнятою шкалою) [6].

Урожайність визначали за сумою зірваних плодів та падалиці. Розраховували загальну масу врожаю з кожної ділянки. Величина урожаю виражена за показником урожаю з ділянки, т/га [35].

Якість урожаю оцінювали за показниками середньої маси та виходу товарних плодів. При цьому відбирали нормально розвинені плоди, не пошкоджені шкідниками та не уражені хворобами [36]. Вихід товарних плодів визначали відповідно до нормативів ДСТУ ЄС ООН FFV 50:2007 та ДСТУ ЄК ООН FFV 51:2009 [37]. Загальну вартість схеми захисту розраховували за сумою вартості окремих препаратів за рік. Збережений урожай розраховували за різницею фактичної урожайності хімічної та удосконаленої схем від контролю. Вартість продукції розраховували як суму вартості плодів у 2022—2023 рр. першого сорту (8 грн/кг) та падалиці (4 грн/кг). Статистичну обробку результатів досліджень проведено методом дисперсійного аналізу [38]. Для розрахунків використовували пакети програм Statistica, Microsoft Excel-365

Результати та обговорення.

В лабораторних умовах оцінено фунгіцидну дію суміші наноаквахелатів Cu, Zn, Fe в.р. на збудників хвороб яблуні *V. inaequalis*, *A. alternata*, *M. fructigena*. Результати наведено в таблиці 1.

В умовах *in vitro* суміш наноаквахелатів металів Cu, Zn, Fe інгібувала ріст усіх випробуваних фітопатогенних мікроміцетів протягом перших чотирьох діб дослідження. Зона затримки росту для *V. inaequalis* становила $15 \pm 1,5$ мм, для *A. alternata* — $35 \pm 3,61$ мм. Найвищу фунгіцидну дію досліджуваний препарат проявив щодо *M. fructigena* (зафіксовано 100% затримку росту патогену), але в подальшому зони інгібування росту навколо дисків заростали грибами, і через 7 діб лише на варіанті з *A. alternata* спостерігалось незначне пригнічення росту гриба (13 мм).

Таким чином, лабораторними дослідженнями підтверджено, що суміш наноаквахелатів металів Cu, Zn, Fe в.р. має фунгіцидну дію проти збудників хвороб яблуні і може застосовуватися як альтернатива хімічним пестицидам.

Наступним етапом була оцінка впливу різних схем захисту на розвиток парші яблук, яку проводили на насадженнях яблуні сорту Чемпіон у Вінницькій області в 2022—2023 рр. Обробки виконували по фазах розвитку яблуні та згідно із фітосанітарними прогнозами поширення хвороб. Результати дослідження дії різних схем захисту наведено в таблиці 2.

Відповідно до показників НІР, хімічна і удосконалена схеми захисту достовірно відрізняються від контролю (обробка водою). Разом з тим, незважаючи на те, що удосконалена схема пригнічує розвиток парші, хімічна схема захисту є достовірно ефективною.

Оцінюючи різні концентрації суміші наноаквахелатів металів Cu, Zn, Fe в.р., слід зазначити, що достовірна різниця спостері-



1. Вплив суміші наноаквахелатів Cu, Zn, Fe в.р. на фітопатогенні мікроміцети (лабораторні дослідження проведено на базі лабораторії Інституту захисту рослин НААН у 2022—2023 рр.)

	Діаметр зони затримки росту грибів, мм					
	<i>V. inaequalis</i> (парша яблуні)		<i>A. alternata</i> (альтернаріоз)		<i>M. fructigena</i> (моніліальна гниль)	
	4-та доба	7-ма доба	4-та доба	7-ма доба	4-та доба	7-ма доба
Суміш наноаквахелатів	15 ± 1,5	10 ± 2,37	35 ± 3,61	13 ± 1,0	>50 (повна відсутність росту)	0

2. Ефективність досліджуваних схем захисту за обприскування насаджень проти парші яблуні сорту Чемпіон, 2022—2023 рр.

Фаза розвитку яблуні	Схема захисту	Варіанти	Норма витрати препаратів, кг/га, л/га	Розвиток парші на листі в роки досліджень, %		Ефективність препаратів, %	
				2022	2023	2022	2023
ВВСН 10—19 Стадія мишачого вушка — Перші листки повністю розгорнуті	Контроль	Обробка водою	—	2,7	5,3	0	0
	Хімічна схема захисту	Нордокс 75, ВГ	1,5	2,1	3,8	95	92
	Удосконалена схема захисту	Нордокс 75, ВГ	1,5	2,3	3,4	94	90
НІР	—	—	—	0,51	0,16	—	—
ВВСН 56 Стадія зеленого бутону: окремі квіти відокремлюються (ще закриті)	Контроль	Вода	—	5,9	9,2	0	0
	Хімічна схема захисту	Делан, ВГ	0,5	2,1	3,2	87	92
	Удосконалена схема захисту	Суміш наноаквахелатів металів Cu, Zn, Fe в.р.	0,1 0,2 0,3	3,5 3,3 3,0	6,7 6,2 6,7	47 54 52	55 66 69
НІР	—	—	—	0,22	0,47	—	—
ВВСН 57 Стадія рожевого бутону	Контроль	Вода	—	10,7	22,9	0	0
	Хімічна схема захисту	Флінт Стар 520 SC, KC	0,5	3,5	3,9	91	88
	Удосконалена схема захисту	Хорус 75 WG, ВГ	0,2	7,1	8,3	80	73
НІР	—	—	—	0,35	0,65	—	—
ВВСН 72—74 Діаметр плодів 20—40 мм	Контроль	Вода	—	15,2	25	0	0
	Хімічна схема захисту	Малахіт KC	1,5	5,7	6,3	92	95
	Удосконалена схема захисту	Суміш наноаквахелатів металів Cu, Zn, Fe в.р.	0,1	7,8	16,6	42	51
			0,2	7,1	14,2	52	48
0,3			7,2	14,9	57	60	
НІР	—	—	—	0,90	1,30	—	—
ВВСН 75 Плоди приблизно половини кінцевого розміру	Контроль	Вода	—	17,4	26,5	0	0
	Хімічна схема захисту	Скор 250 EC, KE	0,2	8,2	11,2	89	64
	Удосконалена схема захисту	Суміш наноаквахелатів металів Cu, Zn, Fe в.р.	0,1	12,1	21,3	43	54
			0,2	11,4	19,2	56	67
0,3			11,1	18,5	55	63	
НІР	—	—	—	2,22	1,14	—	—
ВВСН 81—87 Плоди придатні для збирання	Контроль	Вода	—	17,2	28,7	0	0
	Хімічна схема захисту	Топсін-М 500, KC	1,5	10,8	14,4	93	91
	Удосконалена схема захисту	Суміш наноаквахелатів металів Cu, Zn, Fe в.р.	0,1	13,2	22,5	49	55
			0,2	12,3	19,1	56	71
0,3			12,1	20,1	62	73	
НІР	—	—	—	2,00	1,90	—	—

гальась у 2022 р. на стадії зеленого бутона, а в 2023 р. — на стадії плодів приблизно половини кінцевого розміру та на стадії придатних для збору плодів. Ці періоди характеризувались відсутністю опадів, що дозволяє зробити висновок про вплив вологи на ефективність використання суміші досліджуваних препаратів. Результати засвідчують, що наноаквахелати металів Cu, Zn, Fe в.р. забезпечили ефективність в межах 42—73%. За мінімальної кількості опадів суміш доцільно застосовувати у нормі витрати 0,2—0,3 л/га проти парші яблуні.

Найбільшу ефективність проти збудника парші яблуні проявили комбінований препарат Малахіт, КС (92—95%), що має як контактну, так і системну дію, а також системний препарат Флінт Стар, 520 SC, КС (88—91%). Ефективність препарату Скор 250 ЕС, КЕ на 2-й рік досліджень знижувалась (64%), що пов'язано з виникненням резистентності у збудника парші (оскільки застосовували в схемі захисту до закладання дослідів), як і до інших системних фунгіцидів [10, 25].

Незважаючи на те, що удосконалена схема показала нижчу

ефективність, застосування наноаквахелатів є перспективним напрямом в органічних технологіях вирощування, а також в сировинних садах, що в нинішніх реаліях є все більш актуальними [11, 39—41].

У таблиці 3 наведено аналіз урожайності насаджень та товарної якості плодів сорту Чемпіон. Варто зазначити, що урожайність, середня маса та товарна якість плодів у варіантах з різними концентраціями наноаквахелатів перехідних металів досто-

вірно не відрізнялась між собою, тому вартість удосконаленої схеми захисту розраховано для варіанту препарату 0,3 л/га.

Виявлено позитивну тенденцію впливу схеми позакореневого підживлення біогенними металами Cu, Zn, Fe на урожайність яблуні, а також на показники товарної якості плодів — підвищення врожайності на 46,6% у 2022 р. та 106,0% у 2023 р. В той же час, застосування хімічної схеми захисту забезпечило отримання приросту врожаю яблуні

3. Господарська та економічна ефективність досліджуваних схем захисту в Могилів-Подільському р-ні, Вінницької обл. за 2022—2023 рр., сорт яблуні Чемпіон

Показники урожайності та якості плодів	2022 р.			2023 р.		
	Контроль	Хімічна схема захисту	Удосконалена схема захисту	Контроль	Хімічна схема захисту	Удосконалена схема захисту
Загальна урожайність, т/га	19,5	31,2	28,6	15,8	37,4	32,7
Товарність плодів, %	15	88	72	11	72	65
Середня маса плодів, г	138	151	167	122	155	134
Збережений врожай, т/га	–	11,7	9,1	–	21,6	16,9
Вартість схеми захисту від парші, грн/га	–	9080	3870	–	10036	4660
Вартість продукції за цінами реалізації, грн/га	89700	234600	196700	70150	257310	215820



на рівні 9,0—14,3% порівняно з удосконаленою та на 60,0—136,0% відповідно до контролю, що свідчить про доцільність проведення обробок.

Також, за удосконаленої схеми середня маса плодів у 2022 р. перевищувала параметри, отримані за хімічної схеми захисту та у контролі на 10,5 та 21,0% відповідно. Проте, стимулююча дія та вплив на зростання кількості зав'язі у посушливий 2023 р. вплинули на зменшення розміру плодів при зниженні показника урожайності.

Варто зазначити, що вартість хімічної схеми захисту від парші, становлячи 9080 грн/га у 2022 р. та 10036 грн/га у 2023 р., забезпечила збереженість врожаю на рівні 11,7 т/га у 2022 р. та 21,6 т/га у 2023 р. відповідно. Вартість удосконаленої схеми становила 3780 грн/га у 2022 р. і 4660 грн/га в 2023 р., що забезпечило збереження 9,1 т/га у 2022 р. та 16,9 т/га у 2023 р.

Порівнюючи показники урожайності та вартість продукції за цінами реалізації хімічної та удосконаленої схем захисту від парші яблуні у порівнянні з контролем, можемо зробити висновок, що застосування препаратів є економічно доцільним для отримання більшої сумарної вартості продукції, оскільки врожайність та товарність плодів мають значний вплив на її формування.

ВИСНОВКИ

Встановлено фунгіцидну дію суміші наноаквахелатів Cu, Zn, Fe в.р. в умовах *in vitro* щодо збудників протягом перших 96 год дослідю. Зона затримки росту для *V. inaequalis* становила $15 \pm 1,5$ для *A. alternata* — $35 \pm 3,61$ мм. Найвищу фунгіцидну дію препарат проявив до *M. fructigena* — затримка росту патогену 100%.

Використання суміші наноаквахелатів металів Cu, Zn, Fe в.р. в удосконаленій схемі захисту насаджень яблуні від парші забезпечило ефективність 48—73% за норм витрати 0,2—0,3 л/га.

Доведено, що найбільш ефективною в захисті від парші яблуні була хімічна схема, що базу-

валась на контактних, системних та комбінованих хімічних препаратах, рекомендованих для контролю даного збудника.

Незважаючи на те, що удосконалена схема захисту виявилась менш ефективною проти парші, її застосування виправдовується меншим пестицидним навантаженням на довкілля, вищою екологічною безпечністю та придатністю для використання в органічних технологіях вирощування.

Відзначено позитивну тенденцію впливу удосконаленої схеми захисту у 2022 р. на показники товарної якості плодів за достатнього зволоження. Проте посушливі умови 2023 р. призвели до зниження урожайності, зменшення діаметра плодів та погіршення їхньої товарності порівняно з хімічною схемою захисту.

Фінансування: дослідження виконані в межах робочої програми аспіранта кафедри аналітичної і біонеорганічної хімії та якості води Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Конфлікт інтересів: автори декларують про відсутність конфлікту інтересів.

ЛІТЕРАТУРА

1. WHO. Advancing Food Safety Initiative: Strategic Plan for Food Safety Including Foodborne Zoonoses 2013–2022. 2014. accessed November 30, 2018. Available URL: www.who.int/foodsafety/publications/strategic-plan/en
2. Konopačka D., Jesionkowska K., Kruczyńska D. et al. Apple and peach consumption habits across European countries. *Appetite*. 2010. 55(3). 478–483. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2010.08.011>
3. Некоп А.Н., Бодак І.В., Магомедова М.Б. Екологічна безпека фруктових сировини та продуктів її переробки. Екологія — шляхи гармонізації відносин природи та суспільства: збірник тез IV Міжвузівської наук.-практ. Конференції, м. Умань, 2014. С. 38–39.
4. Галат Л.М. Плодоовочева складова у формуванні продовольчої безпеки України. 2020. Т. 2. С. 89–100. <https://doi.org/10.32702/23066792.2020.2.89>
5. Державна служба статистики України. URL: [https://stat.gov.ua/uk/explorer?Urn=SSU:DF_AREA_HARVESTS_CROP_YIELD\(10.0\)](https://stat.gov.ua/uk/explorer?Urn=SSU:DF_AREA_HARVESTS_CROP_YIELD(10.0))
6. Трибель С.О., Сігарьова Д.Д., Секун М.П. та ін. Методики випробування і застосування пестицидів; за ред. С.О. Трибеля. Київ: Світ, 2001. 448 с.
7. Rancâne, Regîna, Alma Valiūškaitė, and Arne Stensvand. «Primary inoculum of *Venturia*

inaequalis (Cooke) Wint. Inits asexual form in apple—a review. *Frontiers in Horticulture*. 2. 2023. <https://doi.org/10.3389/fhort.2023.1175956>

8. Horst R.K. Plant In: Westcott's Plant Disease Handbook. Boston, Massachusetts: Springer, 2001:65–530.

9. Belete T., Boyraz N. Critical review on apple scab (*Venturiainaequalis*) biology, epidemiology, economic importance, management and defense mechanisms to the causal agent. *J. PlantPhysiol. Pathol.* Vol. 5. Issue 2. 2017. 2. <https://doi.org/10.4172/2329-955X.1000166>

10. Скорейко А.М. Захист яблуні від парші у Західному Лісостепу України. Захист і карантин рослин. 2017. №63. 151–155. <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2017.63.151-155>

11. Кондратенко Т.Є., Барабаш Л.О., Кондратенко П.В. Стан і перспективи виробництва яблук у сировинних садах України. Садівництво: міжвідомчий тематичний науковий збірник. Київ. 2023. №78. С. 144–160. DOI: 10.35205/0558-1125-2023-78-144-160

12. Славгородская-Куприева Л.Е., Славгородский В.Е., Попов П.Г. Защита сельскохозяйственных культур от вредителей и болезней. Симферополь: Бизнес-Информ, 2001. 344 с.

13. Geiger F., Bengtsson J., Berendse F. et al. Persistent Negative Effects of Pesticides on Biodiversity and Biological Control Potential on European Farmland. *Basic and Applied Ecology*. 2010. 11. 97–105. <https://doi.org/10.1016/j.baec.2009.12.001>

14. Silva V., Mol H.G.J., Zomer P. et al. Pesticide residues in European agricultural soils — A hidden Reality Unfolded. *Science of the Total Environment*. 2019. 653. 1532–1545. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.441>

15. ISPR (Italian Institute for Environmental Protection and Research). Rapporto on azionale pesticidi in ellecacque. Dati 2017–2018. Edizione 2018. URL: <https://www.isprambiente.gov.it/it/publicazioni/rapporti/rapporto-nazionale-pesticidi-nelle-acque-dati-2017-2018>

16. Anastassiadou M., Arena M., Auteri D. et al. Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance chloropicrin. *EFSA Journal*, 18(3). 2020. e06028. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6028>

17. Donley, Nathan. Toxic Hangover: How the EPA Is Approving New Products With Dangerous Pesticides It Committed to Phasing Out. 2020. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18734.66885>

18. Hawkins Nichola J., Bass Chris, Dixon Andrea, Paul Neve. The evolutionary origins of pesticide resistance. *Biological Reviews*. 2019. 94.1. 135–155. <https://doi.org/10.1111/brv.12440>

19. Singh A., Singh V.K., Dwivedy A.K. et al. Biological control of plant diseases: opportunities and limitations. *Plant microbiome paradigm*. 2020. 121–146. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50395-6_7

20. Stenberg J.A., Sundh I., Becher P.G. et al. When is it biological control? A framework of definitions, mechanisms, and classifications. *Journal of Pest Science*. 2021. 94.3. 665–676. <https://doi.org/10.1007/s10340-021-01354-7>

21. Каленич Ф.С. Агроекологічні основи інтегрованого захисту яблуні від парші та інших хвороб. Київ: Аграрна наука. 2005. 248 с.

22. Lahlali R., Ezrari S., Radouane N. et al. Biological control of plant pathogens: A global perspective. *Microorganisms*. 2022. 10. 3. 596 p. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10030596>

23. Сметана О.Ю. Сільськогосподарська біотехнологія. Миколаїв: МНАУ, 2017. 132 с.

24. Лапа О.М., Дрозда В.Ф., Мельничук С.Д. Технологія вирощування та захисту саду. Київ: Універсал-Друк, 2006. 96 с.

25. Kareem Kh.A., Alojany Z.O.O., Al-Janaobi A.S.A. Marine algae extracts, and nano fertilizer with zinc and copper effects on growth, and macro-and micronutrients composition of apple trees. 2022. 389-396. <http://doi.org/10.54910/sabrao2022.54.2.14>

26. Патент на корисну модель №35582 Україна, МПК В01J 13/00, В32В 5/00, А61N 1/40, Н01J 19/00. Спосіб отримання гідратованих і карботованих наночастинок «Електроімпульсна нанотехнологія отримання гідратованих і карботованих наночастинок». В.Г. Каплуненко, М.В. Косінов; заявник та патентовласник Каплуненко В.Г., Косінов М.В. — u200805496; заявл. 29.04.08; опубл. 25.09.08, Бюл. № 18.

27. Mykhaylenko Natalia F., Zolotareva Elena K. The effect of copper and selenium nanocarboxylates on biomass accumulation and photosynthetic energy transduction efficiency of the green algae *Chlorella vulgaris*. *Nanoscale research letters*. 2017. 12(147). 1-8. <https://doi.org/10.1186/s11671-017-1914-2>

28. Al-Maali G., Bisko N., Mustafin K. et al. The influence of the manganese citrates, obtained using aquanotechnology, on the biomass production of medicinal mushroom *Trametes versicolor* (L.) Lloyd. *Int J EngResAppl*. 2014. Vol. 4. Issue 9. Pp. 22-25. URL: <https://www.researchgate.net/publication/301647425>

29. Hnatiuk T., Kravchenko O., Abarbarchuk L. et al. Influence of drugs produced by electropulse ablation methods on the development of soybean phytopathogenic bacteria. *Plant & Soil Science*, 2023. 14(3). <https://doi.org/10.31548/plant3.2023.22>

30. Patyka V., Hulciaeva H., Tokovenko I. et al. Physiological effect of citrate chelate nanoparticles on plants of wheat. *Agricultural Science and Practice*, 2017. 4(2). 28-36. <https://doi.org/10.15407/agrisp4.02.028>

31. Методика визначення забезпеченості ґрунтів мікроелементами для потреб плодкових насаджень та заходи із усунення їх нестачі в мінеральному живленні; за ред. Фатєєва А.І. Харків: Міськдрук, 2013. 62 с.

32. Bramhanwade K., Shende S., Bonde S. et al. Fungicidal activity of Cu nanoparticles against *Fusarium* causing crop diseases. *Environmental chemistry letters*. 2016. 14. 229-235. URL: <https://www.researchgate.net/publication/284359853>

33. Al-Dhabaan F.A., Shoala T., Ali A.A. et al. Chemically-Produced Copper, Zinc Nanoparticles and Chitosan-Bimetallic Nanocomposites and Their Antifungal Activity against Three Phytopathogenic Fungi. *Int J Agric Technol*. 2017.13. 753. URL: <https://www.researchgate.net/publication/327557851>

34. Кондратенко Т.Є. Сорти яблуні для промислових і аматорських садів України. Київ: Манускрипт-АСВ, 2010. 400 с.

35. Кондратенко Т.Є., Андрусик Ю.Ю. Загальна та часткова помологія. Київ: Компринт, 2017. 252 с.

36. Кондратенко Т.Є., Кузьмінець О.М. Помологія. Поширені та перспективні сорти зерняткових культур. Київ, 2018. 226 с.

37. ДСТУ, ЕФV-50: 2007. Яблука. Настанови щодо постачання і контролювання якості (ЕЖ ООН FFV-50: 2003, IDT). [Чинний від 2008-10-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2009.

38. Меженський В.М. Основи наукових досліджень у садівництві. Розрахунки в Microsoft Excel: Навчальний посібник. Київ: Видавництво Ліра-К, 2018. 212 с.

39. Гречковський Д.І. Ефективність застосування комплексного добрива «Аватар» в плодоносних насадженнях яблуні. Аграрна освіта та наука: досягнення і перспективи розвитку: матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції. Біла Церква: БНАУ, 2021. 261 с.

40. Садовська В.А., Максін В.І. Екологічно безпечне використання мікроелементного комплексу «Аватар-1» при вирощуванні яблунь. Ужгородський національний університет, протокол № 3 від 22 березня 2018 р. 2018. 249.

41. Rao K. J., Paria S. Use of sulfur nanoparticles as a green pesticide on *Fusarium solani* and *Venturia inaequalis* phytopathogens. *RSC advances*. 2013. 3(26). <https://doi.org/10471-10478>

42. Шевчук І.В., Гриник І.В., Каленич Ф.С. та ін. Агроекологічні системи інтегрованого захисту плодкових і ягідних культур від шкідників і хвороб: рекомендації. Київ, 2021. 185 с.

¹Chobotar V.,

ORCID: 0000-0003-2604-2121

¹Kravchenko O.,

ORCID: 0000-0002-2836-8646

²Tkalenko H.,

ORCID: 0000-0001-9448-6600

¹*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15, Heroiv Oborony Str. Kyiv, 03041, Ukraine*

²*Institute of Plant Protection of NAAS, 33, Vasylykivska str, Kyiv, 03022, Ukraine*

Effectiveness of nanoaquachelates of transition metals against scab in industrial apple plantations

Goal. To compare the effectiveness of chemical and improved protection schemes and to determine the effectiveness of using different concentrations of a mixture of nano-aquachelates of transition metals Cu, Zn, Fe in the scheme of protection of apple plantations against scab in the south of Vinnytsia region. To evaluate the effect of the mixture of these compounds on the yield and marketability of fruits in apple trees of the Champion variety. **Methods.** Laboratory — the sensitivity of micromycetes *Venturia inaequalis* (Cooke) G. Winter, *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl, *Monilinia fructigena* (Pers.) Honey to the studied mixture of metals. Field — 2 schemes of protection of plantations from apple scab were studied. 1 — chemical, based on the use of pesticides of chemical origin: Nordox 75, WG (copper oxide, 860 g/kg, equivalent to 750 g/kg Cu, Br), Delan, WG (dithianone, 700 g/kg), Flint Star 520 SC, CS (pyrimethanil, 400 g/l + trifloxystrobin, 120 g/l), Malachite

CS (dithianone, 250 g/l + pyrimethanil, 250 g/l), Skor 250 ES, CE (difencozazole, 250 g/l), Topsin-M 500, CS (thiophanate-methyl, 500 g/l). 2 — improved, which included treatments with chemical protection agents (Nordox 75, WG, Horus 75 WG, WG (cyprodinil, 750 g/kg)) with the addition of a mixture of nano-aquachelates Cu, Zn, Fe in w.p. (0.1, 0.2, 0.3 l per 600 l of water/ha) in the phases BBCH 56, 72—74, 75, as well as 2—3 weeks before the ripeness of BBCH 81—87 fruits. The control was water treatment. **Results.** The effectiveness of using a mixture of compounds in the scheme of protection of industrial apple plantations was evaluated. Laboratory screenings have confirmed that nanoaquachelates of Cu, Zn, Fe in aqueous form have a fungicidal effect and can be used as an alternative to chemical pesticides. A positive trend of the influence of the improved scheme with the introduction of nanoaquachelates on the yield of apple trees was established — an increase of 46.6% in 2022 and 106% in 2023 compared to the control, as well as indicators of marketable quality of fruits by 60—136% compared to the control. **Conclusions.** The use of an improved scheme of protection of apple trees from scab provided a biological efficiency of 56—73% at a consumption rate of 0.2—0.3 l/ha of aqua chelates on the 5th—7th day after treatment. The effectiveness of the chemical protection scheme based on Nordox 75, WG, Delan, WG, Flint Star 520 SC, KS, Malachite KS, Skor 250 ES, KE, Topsin-M 500, KS, recommended for the control of this pathogen, was 64—95% on the 5th—7th day after application. There was a positive trend of influence of the improved protection scheme in 2022 on the indicators of marketable quality of fruits with sufficient moisture. However, dry conditions in 2023 led to a decrease in yield, a decrease in fruit diameter and a deterioration in their marketability compared to the chemical protection scheme. It was found that the most effective against apple scab was a chemical protection scheme based on traditional contact, systemic and combined chemicals recommended for the control of this pathogen, while the scheme was characterized by higher cost and lower environmental safety.

apple tree; chemical protection; scab; nanoaquachelates; efficiency of fungicide application

Надійшла до редакції: 03.06.2024

Прийнята до друку: 21.11.2024

Надруковано й опубліковано онлайн: грудень 2024