Quarantine and Plant Protection ISSN 2312-0614; ISSN 2786-4979

Карантин і захист рослин

№4
Грудень
2024 р.

Ендопаразити каштанової мінуючої молі
(стор. 3)

Яйця ЗКЖ у ґрунті
(стор. 8)

Віруси на сої та картоплі
(стор. 12)

Науково-виробничий журнал

Карантин і захист рослин

Виходить з липня 1996 р.

Журнал — фаховий, категорія Б

Наказ МОН України №886 від 02.07.2020 р. (сільськогосподарські науки, спеціальності 101, 201, 202).

Наказ МОН України №1188 від 24.09.2020 р. (біологічні науки, спеціальність 091).

Індексується Google Scholar

Грудень 2024 №4 (279)

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор

О.І. Борзих, *д-р с.-г. наук, акад. НААН України*

Заступник головного редактора

Н.О. Козуб, *д-р. біол. наук*

Редакційна колегія

Л.Ф. Волощук, *д-р біол. наук, проф.* (Республіка Молдова)

А.Г. Зеля, *канд. біол. наук*

Я.М. Гадзало, *д-р с.-г. наук, проф., акад. НААН України*

Л.Л. Гаврилюк, *канд. с.-г. наук*

Б. Гасюв-Ярошевска, *професор* (Польща)

О.О. Іващенко, *д-р с.-г. наук*

М.М. Кирик, *д-р біол. наук, проф., акад. НААН України*

Ю.Е. Клечковський, *д-р с.-г. наук, проф.*

М.Г. Костюківський, *канд. с.-г. наук* (Ізраїль)

М.В. Круть, *канд. біол. наук*

В.І. Крутякова, *канд. екон. наук*

Г.М. Лісова, *канд. біол. наук*

Л.Т. Міщенко, *д-р біол. наук, проф.*

Д. Новотний, *д-р філософії, д-р природних наук* (Чеська Республіка)

Д.Д. Сігарьова, *д-р біол. наук, проф., чл.-кор. НААН України*

Д. Сосновська, *д-р біол. наук, проф.* (Польща)

О.О. Стригун, *д-р с.-г. наук*

Г.М. Ткаленко, *д-р с.-г. наук*

В.П. Федоренко, *д-р біол. наук, проф., акад. НААН України*

Я. Хрпова, *канд. наук, інж.* (Чеська Республіка)

В.М. Чайка, *д-р с.-г. наук, проф.*

Ю.П. Яновський, *д-р с.-г. наук, проф.*

Л.А. Янсе, *д-р біол. наук, чл.-кор. НААН України*

Я.Д. Янсе, *PhD, Ir, MSc* (Нідерланди)

Науковий редактор О.В. Шевчук, *канд. с.-г. наук*

Редактор *Т.І. Волянська*

Комп'ютерна верстка і дизайн *Н.І. Гончарук*

Редактор текстів англійською мовою *М.О. Власова*

EDITORIAL BOARD

Chief editor

O. Borzykh, *Doctor of Agricultural Sciences, Academician of NAAS of Ukraine*

Deputy Editor-in-Chief

N. Kozub, *Doctor of Biological Sciences*

Editorial board

L. Volosciuc, *Doctor habilitatus, Professor* (Republic of Moldova)

A. Zelya, *Candidate of Biological Sciences*

Ya. Hadzalo, *Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of NAAS of Ukraine*

L. Havryliuk, *Candidate of Agricultural Sciences*

B. Hasiów-Jaroszewska, *Professor* (Poland)

O. Ivashchenko, *Doctor of Agricultural Sciences*

M. Kyryk, *Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of NAAS*

Yu. Klechkovskyi, *Doctor of Agricultural Sciences, Professor*

M. Kostyukovsky, *Candidate of Agricultural Sciences* (Israel)

M. Krut, *Candidate of Biological Sciences*

V. Krutiakova, *Candidate of Economics Sciences*

G. Lisova, *Candidate of Biological Sciences*

L. Mishchenko, *Doctor of Biological Sciences, Professor*

D. Novotný, *Ph.D, RNDr* (Czech Republic)

D. Siharova, *Doctor of Biological Sciences, Professor, Corresponding Member of NAAS of Ukraine*

D. Sosnovska, *Doctor of Biological Sciences, Professor* (Poland)

O. Stryhun, *Doctor of Agricultural Sciences*

H. Tkalenko, *Doctor of Agricultural Sciences*

V. Fedorenko, *Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of NAAS of Ukraine*

Ja. Chrpova, *Candidate of Science, Engineer* (Czech Republic)

V. Chaika, *Doctor of Agricultural Sciences, Professor*

Yu. Yanovskyi, *Doctor of Agricultural Sciences, Professor*

L. Janse, *Doctor of Biological Sciences, Corresponding Member of NAAS of Ukraine*

J. Janse, *PhD, Ir, MSc* (The Netherlands)

Scientific editor O. Shevchuk, *Cand. of Agricultural Sciences*

Editor *T. Volianska*

Computer layout and design *N. Honcharuk*

Editor of English texts *M. Vlasova*

Київ 2024

У номері

Ентомологія

3 Ендопаразити лялечок каштанової мінуючої молі
Борзих О.І., Бащенко М.М., Федоренко А.В., Федоренко В.П., Шита О.В., Чайка В.М.

8 Зараженість ґрунту яйцями західного кукурудзяного жука та терміни відродження личинок у Правобережному Лісостепу України
Салієнко В.О., Ременюк С.О.

Фітопатологія

12 Діагностика найнебезпечніших вірусів картоплі та сої у 2024 р. — як перший етап пошуку донорів генів стійкості до вірусів
Дуніч А.А., Кириченко С.О., Міщенко І.А., Молодченкова О.О., Бондус Р.О., Дащенко А.В., Міщенко Л.Т.

18 Шкідлива мікофлора рослин роду ломиніс в Лісостепу України
Шевчук О.В., Афанасьєва О.Г., Макаренко Н.В., Голосна Л.М., Зленко Д.С., Кривошеєв С.П.

Фітопатологія

22 Прояв комплексу видів *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. за проростання насіння зернових, бобових, олійної та круп'яної культур
Рожкова Т.О., Білявська Л.О., Іутинська Г.О., Титова Л.О., Леонова Н.О., Лобода М.І., Сильчук А.А., Рожкова Є.Р.

Засоби і методи

29 Ефективність наноаквахелатів перехідних металів проти парші у промислових насадженнях яблуні
Чоботар В.В., Кравченко О.О., Ткаленко Г.М.

Агротехніка

36 Вплив норм висіву на ураження рослин ячменю озимого збудником *Pyrenophora teres* Drechsler в умовах Степу України
Титов І.О.

Наукові дослідження

40 Визначення залишків атразину в рослинній матриці люцерни методом надвисокоефективної рідинної хроматографії та тандемної мас-спектрометрії
Іньхуей Чжу, Рожкова Т.О.

CONTENTS

ENTOMOLOGY

Endoparasite of pupae of the chestnut transient moth
Borzykh O., Bashchenko M., Fedorenko A., Fedorenko V., Shita O., Chaika V. 3

Soil Infestation with Western Corn Rootworm Eggs and Larval Emergence Timing in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine
Saliienko V., Remeniuk S. 8

PHYTOPATHOLOGY

Diagnostics of the most dangerous potato and soybean viruses in 2024 as the first stage in the search for donors of genes responsible for resistance to viruses
Dunich A., Kyrychenko S., Mishchenko I., Molodchenkova O., Bondus R., Dashenko A., Mishchenko L. 12

Pathogenic mycoflora of clematis plants in Forest-Steppe of Ukraine
Shevchuk O., Afanasieva O., Makarenko N., Golosna L., Zlenko D., Kryvosheiev S. 18

Manifestation of a complex of *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. species on seeds and seedlings of cereals, legumes, oilseeds and cereals
Rozhkova T., Biliavska L., Iutynska H., Tytova L., Leonova N., Loboda M., Sylchuk A., Rozhkova Ye. 22

EANS AND METHODS

Effectiveness of nanoaquachelates of transition metals against scab in industrial apple plantations
Chobotar V., Kravchenko O., Tkalenko H. 29

AGRICULTURAL TECHNOLOGY

The influence of sowing rates on winter barley infection by *Pyrenophora teres* Drechsler under conditions of Steppe of Ukraine
Titov I. 36

SCIENTIFIC RESEARCH

Determination of atrazine residues in alfalfa plant matrix by ultra-high-performance liquid chromatography and tandem mass spectrometry
Zhu Yinghui, Rozhkova T. 40

Рекомендовано до друку
Вченою радою Інституту захисту рослин НААН України,
Протокол № 18 від 28.11.2024 р.

При передруку обов'язкове посилання на «Карантин і захист рослин».

За достовірність інформації та реклами відповідають автори і рекламодавці. Редакція може публікувати матеріали, не поділяючи думки автора.

Журнал виходить чотири рази на рік
Заснований 1996 р.

Карантин і захист рослин

Засновник і видавець:
Інститут захисту рослин НААН України

Ідентифікатор медіа R30-03215
Рішення № 698 від 07.03.2024
Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення

Передплатний індекс видання — 74668

Підп. до друку 11.12.2024 р.
Формат 60 × 84/8. Папір крейд.
Друк офсет. Умовн. друк. арк. 4. Тираж 200.

Друкарня ТОВ «Лазурит-Поліграф»

Адреса редакції:
03022, Київ-22, вул. Васильківська, 33

Тел.: (044) 257-11-24

E-mail: karantun.z.r.2017@gmail.com
http://kr.ipp.gov.ua

© «Карантин і захист рослин», 2024

УДК 632.7.04.08
DOI: https://doi.org/10.36495/2312-0614.2024.4.3-7
© О.І. Борзих, М.М. Бащенко, А.В. Федоренко, В.П. Федоренко, О.В. Шита, В.М. Чайка, 2024.

ЕНДОПАРАЗИТИ ЛЯЛЕЧОК КАШТАНОВОЇ МІНУЮЧОЇ МОЛІ

Мета. Провести пошук ендопаразитів лялечок каштанової мінуючої молі в природних умовах, визначити видовий склад, біологічні та екологічні особливості. **Методи**. Лабораторні. Дослідження здійснено у 2022—2023 рр. в лабораторії технології застосування пестицидів Інституту захисту рослин НААН. Листя збирали в Київській області (Обухівський р-н) та місті Києві (Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України). **Результати.** Із 1 кг зібраного опалого листя гіркокаштану звичайного на першій локації (Київська обл., Обухівський р-н) було вилучено 1676 лялечок каштанової мінуючої молі, з яких 57,8% були самиці, та 42,2% самці. Всього вилетіло 1544 метеликів (92,2% загальної кількості). Щодо лялечок, з яких не відродилися імаго каштанової мінуючої молі, 3,4% були заражені ентомопатогенним грибом *B. bassiana* V. (зазвичай уражує рослини, в яких знаходяться лялечки), а з решти (4,4%) вилетіли імаго ендопаразита *Pediobius saulius* W. (самиць — 2,6%, самців — 1,8%). На другій локації (Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України) було відібрано 1569 лялечок (самиць — 56,2%, самців — 43,8%). З них вилетіло 1498 метеликів (95,5%), решта лялечок були уражені ентомопатогенним грибом *B. bassiona* V. — 1,7% і ендопаразитом *Pediobius saulius* W. — 2,8% (самиці — 1,5%, самці — 1,3%). Отже, *Pediobius saulius* W. є природним регулятором популяцій каштанової мінуючої молі. **Висновки.** За результатами обліків на 1 кг опалого листя гіркокаштану звичайного середня кількість лялечок каштанової мінуючої молі становила — 1622,0 екз., з яких 57% — самиці, та 43% — самці. Ураження лялечок ентомопатогенним грибом *B. bassiona* V. досягало 2,55%, а зараження ендопаразитом *Pediobius saulius* W. — 3,6%. Ендопаразит належить до виду *Pediobius saulius* (Walker, 1839), а його виліт в лабораторних умовах на 10 діб випередив виліт імаго каштанової мінуючої молі.

О.І. БОРЗИХ,
доктор сільськогосподарських наук
М.М. БАЩЕНКО
А.В. ФЕДОРЕНКО,
кандидат сільськогосподарських наук
В.П. ФЕДОРЕНКО,
доктор біологічних наук
О.В. ШИТА,
кандидат сільськогосподарських наук
В.М. ЧАЙКА,
доктор сільськогосподарських наук
Інститут захисту рослин НААН, вул. Васильківська, 33, м. Київ, 03022, Україна

каштанова мінуюча міль; *Cameraria ohridella* D.; ендопаразит; *Pediobius saulius* W.; *Beauveria bassiona* V.

Поширення в Україні інвазійного виду *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic, 1986 (Lepidoptera: Gracillariidae) впродовж 1998—2015 рр. спричинило потенційну небезпеку, завдавши серйозної загрози насадженням гіркокаштану звичайного (*Aesculus hippocastanum* Lihnaus, 1753) [1—7]. З'явилася нова актуальна проблема, що потребувала найретельнішого вивчення. За даними наукових видань, серед природних регулюючих чинників велику роль відіграють ендопаразити (Trichogrammatidae), та хижі комахи (Coccinellidae, Chrysopidae), які знищують даного шкідника на стадії яйця [8—9]. Проте, М.М. Бащенко було експериментально доведено, що *Trichogrammatidae* (*T. pintoi* та *T. evanescens*) не паразитує на яйцях каштанової мінуючої молі [10], а Coccinellidae (*A. bipunctata* L.), здебільшого, не живляться ними [11].

Проведено аналіз літературних джерел щодо ендопаразитів на лялечках мінуючих молей. За даними В.П. Васильєва на території України ендопаразити мінуючих лускокрилих шкідників мешкають на деревах (в садах та у лісовому господарстві), мають характерний яскравий металево-зелений колір і відносяться до родини Eulophidae [12]. Інші ентомологи в Україні також зафіксували наявність ендопаразитів з даної родини, які в свою чергу діляться на три підродини Euloghinae (*Sympiesis dolichogaster* Ashm., *S. gordius* Walk, *S. notata* Zet, *S. sericeicornis* Nees), Entedontinae (*Chrysocharis entedonides* Walk, *C. laomedon* Walk, *C. phryne* Walk, *C. pubens* Del., *C. pubicornis* Zett, *Pediobius alcaeus* Walk, *P. cassidae* Erdös, *P. pyrgo* Walk, *P. routensis* Erdös, *P. saulius* Walk, 1839) та Tetrastichinae (*Tetrastichus amethystinus* Ratz, *T. ecus* Walk, *T. galactopus* Ratz, *T. platanellus* Mercet) [13].

В інших країнах Європи (Австрія, Чехія, Румунія, Німеччина, Словенія, Болгарія, Франція, Італія, Словаччина, Польща та Сербія) зафіксовано 19 видів ендопаразитів на лялечках каштанової мінуючої молі. В Австрії зафіксовано 10 видів (*Pnigalio agraules* Walk, *P. pectinicornis* L., *Minotetraastichus frontalis* Nees, *Cirrospilus vittatus* Walker, *Closterocerus trifasciatus* Westwood, *Chrysocharis nephereus* Walker, *Eupelmus urozonus* Dalman, *Pteromalus cf. semotus* Walker, *Colastes braconius* Haliday, *Itoplectis alternans* Gravenhorst), які можуть знешкодити до 25,7% лялечок фітофага. Серед них домінує *Minotetraastichus frontalis* Nees [14]. В Болгарії виявлено 11 видів (*Pnigalio agraules* W., *P. Pectinicornis* L., *Sympiesis sericeicornis*

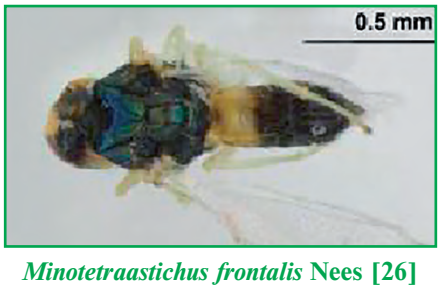
Nees, *Minotetraastichus frontalis* N., *Cirrospilus vittatus* Walker, *Closterocerus frifasciatus* Westw, *Chrysocharis nephereus* Walker, *Pediobius saulius* Walker, *Colastes braconius* Haliday, *Itoplectis alternans* Gravenhorst, *Baryscapus nigroviolaceus* Ness), що можуть знешкодити 1,7—45,0% лялечок [15]. В Румунії — 10 видів (*Pnigalio agraules* W., *P. pectinicornis* L., *Sympiesis sericeicornis* Nees, *Minotetraastichus frontalis* N., *Closterocerus trifasciatus* Westwood, *C. frifasciatus* Westw, *C. lyonetial* Ferr, *Pediobius saulius* Walker, *Pteromalus cf. semotus* Walker, *Baryscapus nigroviolaceus* Ness), що можуть знешкодити 6,1—10,4% лялечок [16]. У Словенії та Словаччині — 3 види (*Minotetraastichus frontalis* Nees, *Closterocerus trifasciatus* Westwood, *Pediobius saulius* Walker), з яких домінує *Pediobius saulius* Walker, що можуть знешкодити 5,0—9,8% лялечок [17]. У Німеччині — 13 видів (*Pnigalio agraules* W., *P. pectinicornis* L., *Sympiesis sericeicornis* Nees, *Minotetraastichus frontalis* Nees, *Meconema meridionale* Costa, *Cirrospilus vittatus* Walker, *Closterocerus frifasciatus* Westw, *Chrysocharis nephereus* Walker, *Pediobius saulius* Walker, *Colastes braconius* Haliday, *Itoplectis alternans* Gravenhorst, *Scambus annulatus* Kiss, *Baryscapus nigroviolaceus* Nees), з яких домінує *Minotetraastichus frontalis* Nees, що можуть знешкодити до 57,1% лялечок [18]. У Чехії — 10 видів (*Pnigalio agraules* W., P. *Minotetraastichus frontalis* N., *Cirrospilus vittatus* Walker, *Closterocerus trifasciatus* Westwood, *Chrysocharis nitetis* Walker, *Epelmus urozonus* Dalman, *Pediobius salius* Walker, *Itoplectis alternans* Gravenhorst, *Scambus annulatus* Kiss), з яких домінують *Pnigalio agraules* W. (4,9% загальної кількості) та *Minotetraastichus frontalis* N. (20,82% загальної кількості), що можуть знешкодити 28% лялечок [19—20]. У Франції — 2 види (*Cirrospilus ellgantissims* Westwood, *Baryscapus nigroviolaceus* Nees), що можуть знешкодити 1—20% лялечок [21]. В Італії — 7 видів (*Minotetraastichus frontalis* N., *Closterocerus frifasciatus* Westw, *Pnigalio pectinicornis* L., *P. agraules* Walker, *Pediobius saulius* Walker, *Sympiesis sericecornis* Nees, *Baryscapus nigroviolaceus* Nees, *Itoplectis alternans* Grav), з яких домінує *Pnigalio agraules* W., що можуть знешкодити 1,7% лялечок [22]. У Сербії — 3 види (*Pnigalio agraules* W., *Minotetraastichus frontalis* N., *Pediobius salius* Walker), з яких домінує *Minotetraastichus frontalis* N. — 16%, що можуть знешкодити 2—16% лялечок [23—24]. У Польщі — 3 види (*Pnigalio soemius* Walker, *Closterocerus trifasciatus* Wastw, *Itoplectis alternans* Gravenhorst), що можуть знешкодити 2—3% лялечок [25].

Загалом, в Європі домінують 5 видів — *Pnigalio agraules* W., *Minotetraastichus frontalis* N., *Closterocerus frifasciatus* Westw, *Pediobius saulius* Walker, *Itoplectis alternans* Grav) (рис. 1).

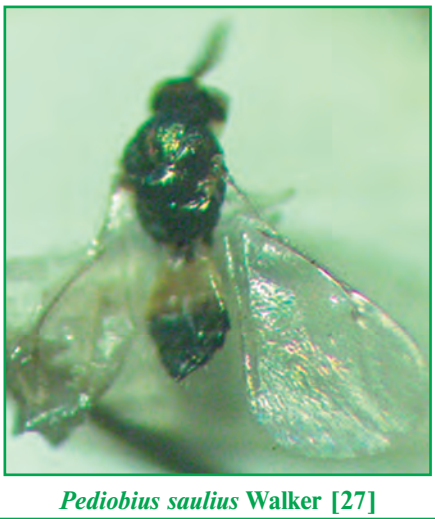
Проведеними дослідженнями з наявних ендопаразитів каштанової мінуючої молі виявлено *Pediobius saulius* (Walker, 1839), тому було проаналізовано опубліковані дані щодо даного виду. В Ізраїлі науковець Андрій Рудовий досліджував «шлюбну» поведінку цих комах в природних

***Pnigalio agraules* Walk**
https://artsandculture.google.com/asset/pnigalio-agraules-walker-1839/SwG0v4dWFotOQw

***Closterocerus frifasciatus* Westw**
https://www.researchgate.net/publication/261731343_Indagini_preliminari_sui_limitatori_di_Cameraria_ohridella_Deschka_Dimic_Lepidoptera_Gracillariidae_in_Lombardia



***Minotetraastichus frontalis* Nees [26]**



***Pediobius saulius* Walker [27]**

***Itoplectis alternans* Grav**
https://waarneming.nl/media/photo/23077950.jpg

Рис. 1. Домінуючі в Європі види ендопаразитів на лялечках каштанової мінуючої молі

умовах [28], а в Європі було проаналізовано генетичну структуру за допомогою мітохондріального гена СОІ [28—29]. Інші європейські ентомологи в публікаціях також зазначають, що вид *Pediobius saulius* (Walker, 1839) є первинним екто-, ендо- і гіперпаразитом личинок і лялечок для понад 107 різних видів, з трьох рядів комах (Coleoptera (11 видів); Lepidoptera (76 видів) і Hymenoptera (20 видів)) і широко поширений по всій Палеарктиці [24, 30—31]. Його головними господарями здебільшого є лускокрилі, переважно — листомінуючі совки Gracillariidae (59 видів), а в Центральній та Західній Європі — й інші родини, зокрема листокрутки (Tortricidae) [32—33].

Дослідженнями ефективності *Pediobius saulius* W. у природних умовах безпосередньо проти каштанової мінуючої молі, зафіксовано ураження у Словаччині 5,0—9,8% лялечок цього шкідника, в Болгарії — 79,2%; Румунії — 6,1—10,4, Чехії — 7,4, Сербії — 9,0, в Німеччині — до 1,0%. Порівнявши дані з різних країн Європи можна зазначити, що *Pediobius saulius* W. домінує в Словаччині та Болгарії.

З наукових вітчизняних публікацій відомо, що в Україні *Pediobius saulius* (Walker) є первинним ендопаразитом лялечок лускокрилих, в яких і зимує. Має від 2 до 3 генерацій за рік, а початок його льоту в садах зазвичай спостерігається з травня по вересень [13, 34].

Мета. Пошук ендопаразитів лялечок каштанової мінуючої молі в природних умовах, визначення видового складу, біологічних та екологічних особливостей.

Методики. Дослідження здійснено впродовж 2022—2023 рр. в лабораторії технології застосування пестицидів Інституту захисту рослин НААН. Збір листя проводили в Київській області (Обухівський р-н) та місті Києві (Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України). Зібране листя гіркокаштану звичайного (*Aesculus hippocastanum* L.) зважували, діставали з них лялечки каштанової мінуючої молі та підраховували кількість з подальшим визначенням співвідношення самиць і самців [9]. Потім лялечок розміщували в скляні ємності, для доступу повітря закривали верх тканиною, підтримуючи температурний режим 22—23°С упродовж місяця. Спостереження проводили до повної загибелі метеликів після їх вильоту з незаражених лялечок. Ендопаразитів із заражених лялечок визначали, використовуючи «Атлас європейських комах-ентомофагів» [34], монографії «Ентомофаги шкідників яблуні південного-заходу СРСР» [13] та «Chinese species of *Pedibius* Walker (Hymenoptera: Eulophidae)» [35]. Обробляли дані статистичними методами.

Результати та обговорення. На першій локації (Київська обл., Обухівський р-н) з 1,0 кг опалого листя гіркокаштану звичайного було вилучено 1676,0 лялечок каштанової мінуючої молі, з яких 57,8% були самиці, а 42,2% — самці. На другій локації (м. Київ, Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України) з 1,0 кг листя було вилучено 1569,0 лялечок, з яких 56,2% — самиці, 43,8% — самці.

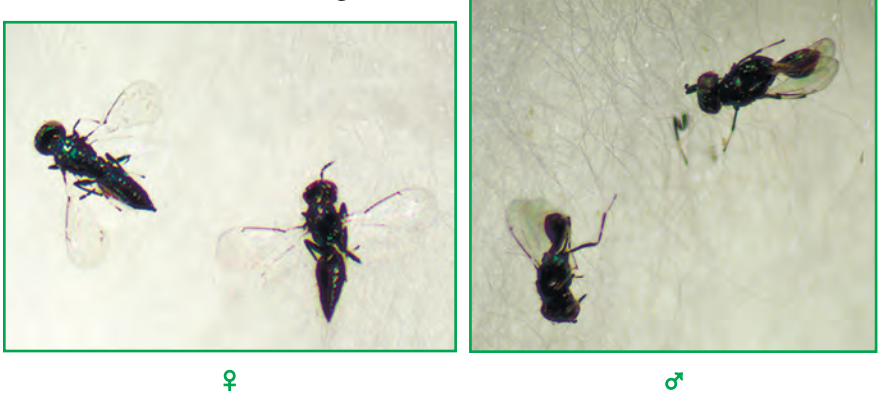
З лялечок, що були зібрані на першій локації, вилетіло 1544,0 метелика (92,2% загальної кількості). Тож ці лялечки не були заражені ендопаразитами, та не були уражені хворобами. Решта 3,4% виявилися ураженими ентомопатагенним грибом *B. bassiona* V. (рис. 2). З відібраних на другій локації лялечок вилетіло 1498,0 метеликів (95,5%), а ентомопотагенним грибом

Рис. 2. Ентомопатогенний гриб *Beauveria bassiana* Vull (фото М.М. Бащенко)

B. bassiana V. було уражено 1,7%. (ентомопатогенного гриба визначив кандидат сільськогосподарських наук С.В. Гораль)

На думку І.Д. Авраменка, наявності і поширенню даної хвороби сприяє волога погода. *B. bassiana* Vull належить до природної грибної інфекції, що зазвичай спочатку уражує рослини, в яких знаходяться лялечки, а вже потім, проростаючи, спори міцно прикріплюються до кутикули комахи. Гриб пронизує покриви останньої і, розгалужуючись через гемоцель, заповнює її. У подальшому гіфи проростають крізь тканини назовні і утворюють спори на поверхні лялечки, що й призводить до загибелі [36].

Після закладання досліду, на четверту добу спостережень, розпочався виліт ендопаразиту, якого було визначено як *P. saulius* (Walker) (визначив систематик, доктор наук, професор О.В. Гумовський). Дещо пізніше (на де-



♀ ♂

Рис. 3. *Pediobius saulius* (Walker, 1839): ♀ — самиці; ♂ — самці (Фото М.М. Бащенко)

сяту добу) відбувся виліт імаго каштанової мінуючої молі.

Від загальної кількості лялечок, що були вилучені з листя, зібраного на першій локації, ендопаразитом заражені 4,4%, з яких зафіксовано виліт імаго *P. saulius* W., з них самиць — 2,6%, самців — 1,8% (рис. 3). Щодо другої локації, ендопаразитом було заражено 2,8% лялечок. За вильоту імаго самиці становили — 1,5, самці — 1,3%.

Проведені в Європі генетичні дослідження виду *P. saulius* W., підтверджені за аналізу комплексу паразитуючої ентомофауни Балкан, підтвердили, що *P. saulius* W. є природним ендопаразитом для різних видів лускокрилих, зокрема *Cameraria ohridella* D. [29]. Тому було припущено, що *P. saulius* W. може бути повноцінним природним регулятором чисельності каштанової мінуючої молі.

За даними літератури мінуюча каштанова міль у зоні Степу України дає 4 генерації, а в Лісостепу — 3. У зв'язку з глобальним потеплінням клімату в останні роки є прогноз, що в зоні Лісостепу кількість її генерацій в найближчому часі може збільшитися до 4, а в Степу — до 5 [8]. *Pediobius saulius* (Walker) в Умовах України дає 2—3 покоління, тому, враховуючи ймовірність збільшення кількості поколінь каштанової молі в зв'язку з кліматичними умовами, можемо припустити, що за подальшого потепління даний ендопаразит теж збільшить кількість генерацій до 3—4.

Обліки, проведені в 2013—2014 рр. у ботанічному саду ім. акад. О.В. Фоміна (м. Київ), показали, що початок льоту каштанової мінуючої молі припав на першу декаду травня. Температура повітря в цей час становила в 2013 р. — 13,4°С, а в 2014 р. — 18,4°С, відносна вологість — 49,0 та 12%, сума опадів — 0,0—23,0 мм відповідно. ГТК першої декади травня у 2013 р. — 0,5; а в 2014 р. — 3,1.

Аналогічні обліки 2023—2024 років у Національному ботанічному саду ім. М.М. Гришка НАН України (м. Київ) показали, що початок льоту даного шкідника був на місяць раніше (в першій декаді квітня). Температура повітря в цей період становила у 2023 р. — 8,0°С, в 2024 р. — 14,6°С. Відносна вологість — 85 та 59%, а сума опадів — 58,8 та 1,4 мм відповідно. ГТК першої декади квітня у 2023 р. — 5,9, а у 2024 р. — 0,3. Тож можемо зазначити, що в урбанізованому середовищі за зміни кліматичних умов початок льоту каштанової мінуючої молі змістився на місяць.

Дослідженнями в лабораторних умовах встановлено, що за температурного режиму 22—23°С спочатку розпочинався літ *P. saulius* (Walker), і лише через 10 діб — каштанової мінуючої молі. Тому можемо зробити припущення, що в природних умовах впродовж 2023—2024 рр. поява ендопаразитів *Pediobius saulius* (Walker) розпочалася наприкінці березня.

ВИСНОВКИ

З відібраних на обох локаціях лялечок каштанової мінуючої молі відродилася значна більшість (92,2—95,5%), із яких переважали самиці (56,2—57,8%). Ураження ентомопатогенним грибом (*B. bassiana* V.) зафіксовано у 1,7 та 3,4% лялечок. Ендопаразитом було заражено — 2,8 та 4,4%, з яких при відродженні імаго незначною мірою також переважали самиці.

В лабораторних умовах виліт ендопаразиту було відзначено на четверту добу спостережень, що на 10 діб випередило виліт імаго каштанової мінуючої молі. Визначено, що ендопарозит належить до виду — *Pediobius saulius* (Walker, 1839).

Фінансування: дослідження проведено за рахунок бюджетної тематики Інституту захисту рослин НААН в рамках ПНД 24 Фітосанітарна безпека, захист і карантин рослин (Захист рослин). Підпрограма 04. «Регулятори чисельності шкідливих організмів в агроценозах і способи їх використання» («Біологічний метод захисту рослин»). ДР № 0124U001566.

Конфлікт інтересів: автори декларують про відсутність конфлікту інтересів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Іванців В.В., Іванців О.Я. Екологічні чинники погіршення стану деревних насаджень міста Луцька. Природа Західного Полісся та прилеглих територій. 2014. № 11. С. 231-235. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pzp_2014_11_42

2. Кичак О.О., Кавун Е.М. Чужорідний для України вид мінуючої молі каштанів *Cameraria ohridella*. Вісник студентського наукового товариства Донецького національного університету Василя Стуса. 2018. Вип. 10. Том 2. С. 145-148. URL: https://jvestnik-sss.donnu.edu.ua/article/view/6181

3. Коваль І.М., Мікуліна І.М. Дендрохронологічні дослідження кінського каштана звичайного, пошкодженого каштановою мінуючою міллю в Лісостепу. Науковий вісник НЛТУ України. 2012. Вип. 22.10. С. 40-45. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnltu_2012_22.10_9

4. Колаус О.Ю., Орлава-Гудім К.С. До питання фенології *Cameraria ohridella* в умовах міста Херсона. Rixerche scientifche e metodi della loro realizzazione: esperinza mondiall e realte domestict. 2021. Tomo 1. С. 79-80. doi 10.36074/logos – 14.05.2021 n.24

5. Голобородько К.К., Рябка К.О., Зайцева І.А., Кондратьєва К.В. Поширення та сучасний стан каштанової мінуючої молі (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimič, 1986) у м. Дніпропетровськ. Питання біоіндикації та екології. Запоріжжя: ЗНУ. 2019. (14)2. С. 163-168. URL:https://sites.znu.edu.ua/bioindication/issues/2009-14- 2/goloborod_ko_ryabka_zajtseva.pdf

6. Сараненко І.І. Аналіз стійкості представників роду *Aesculus* L. до забруднення довкілля в умовах Херсона. Екологічні науки. 2018. 3(22). С. 53-56 http://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2018/3/12.pdf

7. Кардаш Є.С., Соколова І.М. Структура комплексів комах-філофагів листяних насаджень м. Харків. Біорізноманіття, екологія та експериментальна біологія. 2020. Том. 22 № 1. С. 70-83. https://doi.org/10.34142/2708-5848.2020.22.1.07

8. Лісовий М.М., Чайка В.М., Григорюк І.П. Інвазійні види молей України (Моніторинг, екологія, контроль чисельності). Монографія. Київ. 2019. 282 с.

9. Трибель О.С., Гаманова О.М., Свєнтославскі Я. Каштанова мінуючи міль. Київ: Колобіг. 2008. 69 с.

10. Бащенко М.М., Худолій А.І., Чайка В.М. Лабораторна оцінка можливості використання яєць каштанової молі *Cameraria ohridella* Desckha&Dimic, 1986 (Lepidoptera: Gracillariidae) для живлення трихограми *Trichogramma pintoi* Voeg. та *Trichogramma evanescens* Westw. Карантин і захист рослин. 2021. №2. С. 19-22. https://doi.org/10.36495/2312-0614.2021.2.19-22

11. Бащенко М.М. Дослідження можливості використання ентомофага — сонечка двокрапкового для контролю чисельності каштанової молі. Карантин і захист рослин. 2024. № 3. С. 7-10. https://doi.org/10.36495/2312-0614.2024.3.28-31

12. Васильев В.П. Вредители сельскохозяйственных культур и лесных насаждений. Киев: Урожай. 1989. Т. 3. С. 42.

13. Зерова М.Д., Толканец В.И., Котенко А.Г. и др. Энтомофаги вредителей ябло-

ни юго-запада СССР. Киев: Наукова думка. 1991. 276 с.

14. Griselhez Grabenweger. Poor control of the horse chestnut leafminer, *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae), by native European parasitoids a synchronizations problem. Eur. J. Entomol. 2004. 101. P. 189-192. DOI: 10.14411/eje.2004.023

15. Tomov R., Hristov B. Parasitosds of *Cameraria ohridella* Deschka et Dimic (Lep. Gracillariidae) in Artiricial stands of horse-chestnut of Bulgaria. Alien Arthropods in South East Europe-crossroad of three continents. 2007. P. 77.

16. Floricel M., Mitrea I., Oltean I. et. al. The testing of some products in order to monitor the *Cameraria ohridella* Deschka – Dimic species (Lepidoptera: Gracilariidae). Agrolife Scientific Journal. 2018. 7(2). P 53-60.

17. Lubomir Volter, Marc Kenis. Parasitoid complex and parasitism rates of the horse chestnut leafminer, *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in the Czech Republic, Slovakia and Slovenia. Eur. J. Entomol. 2006. 103. P. 365-370.

18. Giselher Grabenweger, Hildegard Hopp, Barbara Jäckel et. al. Impact of poor host-parasitoid synchronisatoin on the parasitism of *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae). Eur. J. Entomol. 2007. 104. P. 153-158.

19. Michal Kopacka, Rostislav Zamek. Spatial variability in the level of infectation of horse chestnut leaf miner, *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracilariidae) and in the number of adult moths and parasitoids emergins from leaf litter in an urban environment. European Journal of entomology. 2017. 114. P. 42-52. doi:10.14411/eje.2017.007

20. Volter L., Prenerova E., Weyda F., Zemek R. Changes in the Parasitism Rate and Parasitoid Community Structure of the Horse Chestnut Leafminer, *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae), in the Czech Republuc. Forest. 2022. 13.6. 885. doi.org/10.3390/f13060885

21. Stemmelen Alex, Jactel Herve, Castagneyrol Bastien Tree diversity and density affect damage caused by the invasive pest *Cameraria ohridella* in urban areas. 2022. https://doi.org/10.1101/2022.04.30.490133

22. Lupi D. A 3 year field survey of the natural enemies of the horse-chestnut leaf miner *Cameraria ohridella* in Lombardy, Italy. Springer. Bio Control. 2005. 50. P. 113-126.

23. Stojanovic A., Markovic C. Parasitoid Complex of *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in Serbia. Entomology. Phytoparasitica. 2004. 32(2). P. 132-140.

24. Cedomir Markovic, Aleksandar Stojanovic. Parasitoids of Phyllonorycter platani (Staudinger) (Lepidoptera, Gracillariidae) in Serbia. Journal of Plant Studies. 2012. Vol. 1. No. 1. P. 79-84. DOI:10.5539/jps.v1n1p79

25. Cezary Bystrowski, Katarzyna Celmer-Warda, Grzegorz Tarwacki. Wpływ stanowiska kasztanowca (*Aesculus hippocastanum* L.) na wystepowanie I liczebnosc parazytoidow szrotowka Kasztanowcowiaczka (*Cameraria ohridella* Deschka&Dimic) w centralnej Polsce. Lesne Prace Badawcze (Forest Research Papers). 2008. Vol. 69(1). P. 49-55.

26. Timus Asea, Manic Gheorghe, Mihailov Irina, Valeriu Derjanschi, Teodosie Perju. Speciile de paraziti care se dezvolta pe molia miniera a costanului *Cameraria ohridella* Desh. and Schif. In r. Moldova. Realizări şi perspective în horticultură, viticultură, vinificaţie şi silvicultură. 2007. Vol. 15. P. 265-268.

27. Kosheleva O.V., Belokobylskij S.A., Kirichenko N.I. The Hymenopterous Parasitoids of the lime leaf miner *Phyllonoryter issikii* (Kumata) (Lepidoptera: Gracillariidae) from Its Native and Invaded Regions in Asian Russia. Diversity. 2022. 14.(9). P. 1-34. doi.org/10.3390/d1490707

28. Rudoy A. Courtstip and mating behavior in two species of Pediobius (Eulophidae, Hymenoptera) with comparison with other Chalcidodea in Israel. Research Square. 2022. P. 1-13. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs2181795/vi

29. Anton Hernander-Lopez, Rodolphe Rougerie, Sylvie Augustin, et. al. Host tracking or cryptic adaptation? Phylogeography of *Pediobius saulius* (Hymenoptera, Eulophidae), a parasitoid of the highly invasive horse-chestnut leafminer. Evolutionary Applications. 2012. 5(3). P. 256-269. doi.org/10.1111/j.1752-4571.2011.00220.x

30. Viggini C. Morpho-biologia di. *Pediobius saulius* Walker. (Hym. Eulophidae) e considerazioni sulle alter specie congeneri europee. Bollettino del Laboratorio di Entomologia Agraria «Filipo Silvestri» di Portici XXI. 1964. P. 205-244.

31. Noyes J.S. Universal Chalcidoidea Database World Wide Web electronic publication. 2003.

32. Noyes J.S. Interactive Catalogue of World Chalcidoidea Pages Electronic Publication (CD-ROM), Taxapad 2002.

33. Girardor S., Volter R., Tomov D., Quicke J., Kenis M. Variations in parasitism in sympatric populations of three invasive leaf miner. Journal of Applied Entomology. 131. 2007. P. 603-612.

34. Зерова М.Д., Котенко А.Г., Толканиц В.И. и др. Атлас европейских насекомых-энтомофагов. Киев. 2010. 56 с.

35. Huan-xi Cao, John la Salle, Chao-dong Zhu. Chinese species of *Pedibius* Walker (Hymenoptera: Eulophidae). Copyringht. Magnolia Press. Zootaxa. 2017. 4240(1). 71 p. https://doi.org/10.11646/zootaxa.4240.1.1

36. Дрозда В.Ф., Карпович М.С. Експериментальне обгрунтування перспектив використання ентомопатогенного препарату боверин для захисту соснових насаджень. Сільськогосподарська мікробіологія. 2020. Вип. 31. С. 83-91. doi.org/10.35868/1997-3004.31.83-91

Borzykh O.,
ORCID: 0000-0002-9802-5622
Bashchenko M.,
ORCID: 0000-0001-9844-3608
Fedorenko A.,
ORCID: 0000-0002-4398-7330
Fedorenko V.,
ORCID: 0000-0002-7783-1617
Shita O.,
ORCID: 0000-0002-0795-5120
Chaika V.,
ORCID: 0000-0002-5025-0863
Institute of Plant Protection of the NAAS, str. 33, Vasylkivska, Kyiv, 03022, Ukraine

Endoparasite of pupae of the chestnut transient moth

Goal. To conduct a search for endoparasites of pupae of the chestnut transient moth in natural conditions, to determine their species composition, biological and ecological features. **Methods**. Laboratories. Research was carried out during 2022—2023 in the pesticide application laboratory of the Institute of Plant Protection of the National Academy of Sciences. Collection of leaves was carried out in the Kyiv region (Obuhiv district) and the city of Kyiv (Gryshka botanical garden). **Results.** In the course of the study, it was established that from 1.0 kg of collected fallen leaves of common bitter chestnut at the first location (Kyiv region, Obukhivskyi district), 1.676 chestnut moth pupae were removed, of which 57.8% were females, and 42.2% were males. A total of 1.544 butterflies flew out (92.2% of the total number). As for the pupae from which the imagos of the chestnut transient moth did not emerge, 3.4% were infected with the entopathogenic fungus *Beauveria bassiona* V. (which usually affects the plants in which the pupae are located), and from the rest (4.4%) the imagoes of the endoparasite *Pediobius saulius* W. (females — 2.6%, males — 1.8%). At the second location (Gryshko Botanical Garden), 1.569 pupae were selected (females — 56.2%, males — 43.8%), from which 1.498 butterflies (95.5%) fledged as a result, and the remaining 1.7% are infected with the entopathogenic fungus *Beauveria bassiona* V. — 2.8% are infected with the endoparasite *Pediobius saulius* W. (females — 1.5%, males — 1.3%). Therefore, Pediobius saulius W. is a natural regulator of chestnut transient moth populations. **Conclusions.** According to the results of the calculations, per 1.0 kg of fallen leaves of common bitter chestnut, the average number of pupae of the chestnut transient moth was 1622.0 individuals, of which 57% were females and 43% were males. Infection of pupae with the entopathogenic fungus *Beauveria bassiona* V. — 2.55%, and infection with the endoparasite *Pediobius saulius* W. — 3.6%. The edoparosite belonged to the species Pediobius saulius (Walker, 1839), and its emergence in laboratory conditions was 10 days ahead of the emergence of the imago of the chestnut transient moth.

chestnut transient moth; *Cameraria ohridella* D.; endoparasite; *Pediobius saulius* W.; *Beauveria bassiona* V.

Надійшла до редакції: *12.08.2024*
Прийнята до друку: *19.09.2024*
Надруковано й опубліковано онлайн: *грудень 2024*

УДК 632.7:633.15
© В.О. Салієнко, С.О. Ременюк, 2024
DOI: https://doi.org/10.36495/2312-0614.2024.4.8-11

ЗАРАЖЕНІСТЬ ҐРУНТУ ЯЙЦЯМИ

західного кукурудзяного жука та терміни відродження личинок у Правобережному Лісостепу України

В.О. САЛІЄНКО
С.О. РЕМЕНЮК,
кандидат сільськогосподарських наук
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН,
вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03141, Україна

Мета. Визначення зараженості ґрунту яйцями західного кукурудзяного жука (ЗКЖ) залежно від тривалості вирощування кукурудзи на одній площі, а також вивчення термінів проходження стадій розвитку личинок з урахуванням суми ефективних температур (СЕТ) у Правобережному Лісостепу України. **Методи**. Дослідження проводили у 2021—2023 рр. на полях Хмільницького р-ну, Вінницької обл. Методологія включала відбір проб ґрунту для аналізу кількості яєць у пробах розміром 10 × 10 см і глибиною 15 см. Проби досліджували методом промивання та флотації з використанням розчинів сульфату магнію, після чого кількість яєць визначали під мікроскопом. Для ідентифікації яєць використовували морфологічну оцінку поверхні хоріону. Додатково здійснювали фенологічні спостереження за проходженням стадій розвитку личинок та накопиченням СЕТ. **Результати.** Чисельність яєць ЗКЖ варіювала від 11,3 до 47,6 шт. на пробу (1130—4760 шт./м²). Найнижчі показники спостерігали на полях із дворічним вирощуванням кукурудзи, а максимальні значення зафіксовано на полях із чотирирічним вирощуванням культури. Залежність чисельності яєць від погодних умов також виявилася значною: найбільш посушливий 2022 р. характеризувався зниженим рівнем зараженості ґрунту порівняно з іншими роками. Середні терміни відродження личинок першого віку фіксували у другій декаді червня при СЕТ 150—160°С, другого віку — у межах 6—9 діб після появи личинок першого віку, третього віку — у третій декаді червня. Заляльковування відбувалося наприкінці червня — на початку липня. **Висновки.** Отримані дані свідчать, що інтенсивність зараження ґрунту залежить від тривалості вирощування кукурудзи на одному полі та погодних умов. Використання методу СЕТ виявилося ефективним для прогнозування стадій розвитку шкідника. Результати можуть бути використані для вдосконалення системи моніторингу та оптимізації строків застосування захисних заходів.

СЕТ; *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte; кукурудза; інсектициди; Coleoptera; Insecta

Західний кукурудзяний жук (ЗКЖ) — відносно новий шкідник кукурудзи в Україні, який нині стрімко поширюється в різних регіонах нашої держави. Посівам кукурудзи шкодять різні стадії розвитку комахи. Імаго шкідника пошкоджують на рослинах кукурудзи пиляки на волоті, нитки приймочок маточок качанів, зерно у фазі молочної стиглості на верхівках качана і під обгорткою та іноді вигризають паренхіму між жилками листків. Самиці ЗКЖ відкладають яйця в ґрунт [1—3], де після зимової діапаузи, за настання сприятливих умов (температур, які дозволяють прогрітися ґрунту вище біологічного мінімуму, достатньої вологості) з них відроджуються личинки, які розвиваються в 3-х віках, живлячись коренями кукурудзи [4, 5]. Зазвичай вони пошкоджують корінці молодих рослин, зовні перегризаючи їх, а згодом вгризаються в паренхіму основного кореня, іноді й в підземну частину стебел, утворюючи в них ходи. Пошкоджені корені відмирають, рослини в'януть, вилягають, вигинаючись у вигляді «гусячої шиї», не формують качанів, а частина з них гине [6, 7].

Відомо, що вилягання і відмирання рослин спостерігається за пошкодження понад 50% кореневої системи. Визначено, що заселення личинками ЗКЖ в кількості 1,08 осіб на рослину призводить до пошкодження останньої на рівні 0,75 бала за шкалою «non-injury scale» 0—3 (що відповідає обгризанню одного ярусу коренів на 75%) і зниження урожайності зерна кукурудзи на 10,9% [8]. Повне знищення одного ярусу коренів (1 бал за шкалою «non-injury scale» 0—3) зумовлює зниження урожайності на 15—17%. Також, пошкоджене коріння — це ворота для проникнення збудників кореневих гнилей родів *Pythium*, *Fusarium* і *Rhizoctonia*.

Мета роботи — визначення зараженості ґрунту яйцями ЗКЖ, залежно від тривалості вирощування кукурудзи на певній площі, та дослідження термінів проходження стадій розвитку личинок, залежно від сум ефективних температур (СЕТ), у Правобережному Лісостепу України для планування захисних заходів.

Матеріали та методи досліджень. Припущення про зараження ґрунту яйцями ЗКЖ можна зробити за зібраними зразками ґрунту з посівів, де спостерігалися імаго ЗКЖ, інкубованими в теплому приміщенні [9]. Кількість і розмір проб потрібен для розрахунку кількості яєць на одиницю площі. Методика екстрагування яєць ЗКЖ зі зразків ґрунту вперше описана у США [10]. Згідно з нею зразки ґрунту промивають від мінеральних решток, після чого яйця відділяють від органічного осаду методом флотації розчинами сульфату

магнію або інших речовин. Використання флотації, як метод, не є новим. Раніше застосовували розчин $MgSO_4$ для флотації ґрунтових членистоногих. Відтоді різні дослідники використовували кілька типів апаратури та розчинів, більшість з яких передбачає складне поєднання сит і лійок. Зазвичай ці методи розроблені для обстежень, де життєздатність зразків після вилучення не має значення. Для флотації найчастіше застосовують сольові розчини з вмістом сульфату магнію, хлориду натрію або броміду калію.

Також описано систему, що складається з апарата для промивання ґрунту та методів диференційної флотації для вилучення личинок роду *Diabrotica* другого та третього віків з ґрунтових зразків. Тести показали, що ця система має загальну ефективність вилучення 93,4%, до того ж двоє осіб можуть обробляти приблизно 100 ґрунтових зразків об'ємом 1,4 л на день [11].

Апарат для промивання ґрунту сконструйований і протестований науковцями з Австрії та Румунії [12]. Він базується на подібному апараті, що використовується в США, але даний агрегат може обробляти велику кількість зразків. Апарат транспортабельний і придатний для швидкого аналізування великої кількості зразків. Екстракція зразків відбувається промиванням ґрунту через сито спершу з діаметром чарунок 550 мкм, потім з розміром 250 мкм. Яйця екстрагуються перенесенням осаду на сита, заповнені розчином магнію $MgSO_4$ (2 моль/л), де вони осідають. Обрахунок яєць робили під мікроскопом. Яйця інших жуків або комах, які не були відділені через промивання тому що вони мають той самий розмір і форму як і яйця ЗКЖ, були ідентифіковані за перевірки поверхні хоріону. Цей метод був протестований в полях. Імаго ЗКЖ були зібрані на полях Австрії, Румунії навесні і влітку 2011 р. Дуже невелика кількість яєць була на кутах поля, отже там не було хороших умов для яйцекладки.

Спостереження проводили в 2021—2023 рр. в Правобережному Лісостепу України, на посівах кукурудзи, яку вирощували на тому ж полі два, три і чотири роки поспіль в Хмільницькому р-ні, Вінницької обл. Кількість яєць шкідника в ґрунті визначали за допомогою проб ґрунту, відібраних на полі, де попередником була кукурудза, саме навесні, при досягненні ґрунтом фізичної стиглості, оскільки більша частина яєць не перезимовує. Відбирали проби ґрунту пробовідбірником розміром 10 × 10 см із глибини 15 см (саме на цій глибині зосереджена основна кількість яєць). Такий розмір пробовідбірника дає можливість легко перерахувати кількість яєць на пробу на одиницю площі. Проби на полі відбирали за П-подібним маршрутом (1 проба на 5 га), пакували в мішечки з тканини і маркували за номером поля та датою (рис. 1). У подальшому з них формували середні проби для кожного поля. Використовували лабораторні сита з діаметрами чарунок 3,500, 1,000 та 0,315 мм. Потім яйця екстрагували з осаду методом флотації та ідентифіковували під мікроскопом (рис. 2—4).

Яйця ЗКЖ розміром 0,4—0,5 та 0,5—0,6 мм не пройшли через останнє сито, звідки їх було екстраговано методом флотації. На стінки сита прикріплювали фільтрувальний папір, сито наполовину занурювали в ємність з

Рис. 1. Відбір проб ґрунту для визначення наявності яєць ЗКЖ у ґрунті. Вінницька обл., квітень 2021 р. (фото автора)

Рис. 2. Вміст сита (розмір чарунок 0,315 мм) після промивання проб ґрунту, 2021 р. (фото автора)

Рис. 3. Промивання відібраних проб ґрунту, 2021 р. (фото автора)

Рис. 4. Органічний фільтрат на фільтрувальному папері, 2023 р. (фото автора)

водним розчином цукру. Вся органічна частина фільтрату піднімалася на поверхню та при додаванні крапель мильного розчину прикріплювалась до фільтрувального паперу.

Органічні частинки, що приклеїлись до паперу, оглядали під бінокуляром. Схожі на яйця за розміром та формою частинки поміщали в спиртовий розчин та в подальшому ідентифіковували під мікроскопом, залежно від поверхні хоріону, згідно з описаними методами (рис. 5, 6). Їхню кількість підраховували, і, знаючи кількість проб, визначали кількість яєць діабротики на 1 м². Слід зазначити, що такий метод не є досконалим, тому що точно виокремити яйця лише ЗКЖ неможливо із великої кількості органічних частинок, що містяться у ґрунті.

Результати та обговорення. Згідно з отриманими результатами, за роки досліджень чисельність яєць діабротики становила 11,3—47,6 шт. яєць/пробу, що в перерахунку становить 1130—4760 шт. яєць/м² (рис. 7). Чисельність варіювала залежно від року спостережень та тривалості вирощування кукурудзи на тій же площі. 2021 та 2023 роки були більш сприятливими як для посівів кукурудзи, так і для ЗКЖ. 2021 року на другому році вирощування кукурудзи чисельність яєць становила 30, на 3-му — 36,1, на 4-му році вирощування — 39,4 шт./пробу. 2023 рік — 32,5 шт. яєць на пробу на другому році, 44,1 — на третьому, 47,6 — на четвертому році вирощування кукурудзи. 2022 року — 11,3 на другому році вирощування, 21,8 — на третьому та 23,5 шт. яєць/пробу — на четвертому році вирощування культури на тому ж полі.

Також, після висіву кукурудзи проводили фенологічні спостереження за розвитком діабротики на полях господарства. Для цього після сівби, за накопичення СЕТ понад 100°С, здійснювали ґрунтові розкопки молодих рослин кукурудзи для визначення початку відродження личинок та проходження їхніх стадій. Паралельно підраховували СЕТ для визначення фактичних середньорічних строків появи шкідника та середніх дат. Через те що генерація однорічна, та середньодобові температури відповідали середнім багаторічним, поправочних коефіцієнтів не застосовували. Результати наведено в таблиці.

Личинки 1-го віку відроджувались у другій декаді червня за СЕТ 150—160°С, найпізніше — 18 червня прохолодного 2021 р., за виключенням 2023 р., коли відродження відбулося дещо раніше. Личинки 2-го віку з'являлися в другій декаді червня через 6—9

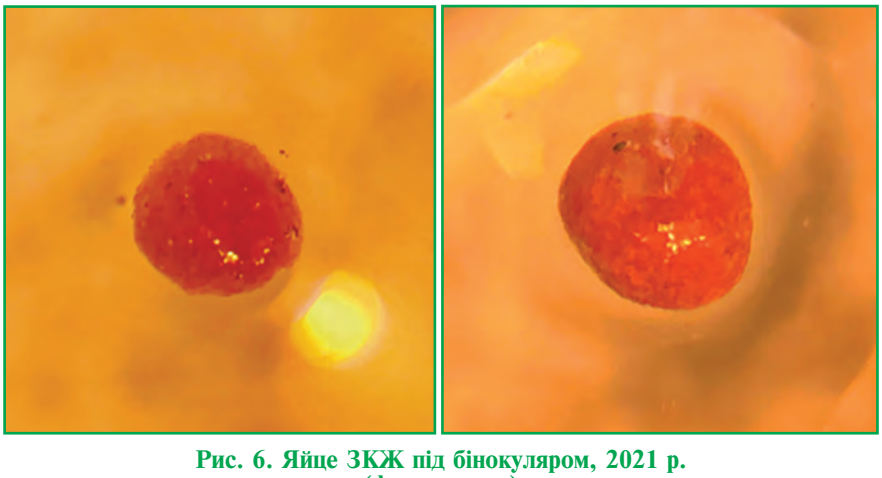


Рис. 6. Яйце ЗКЖ під бінокуляром, 2021 р. (фото автора)

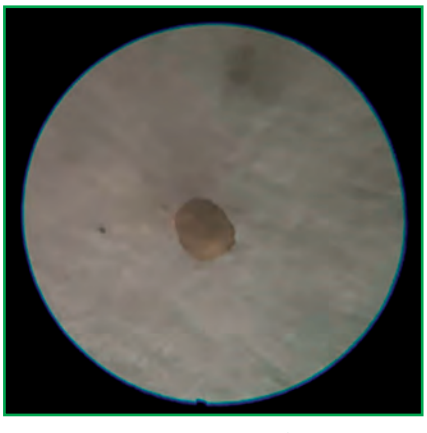
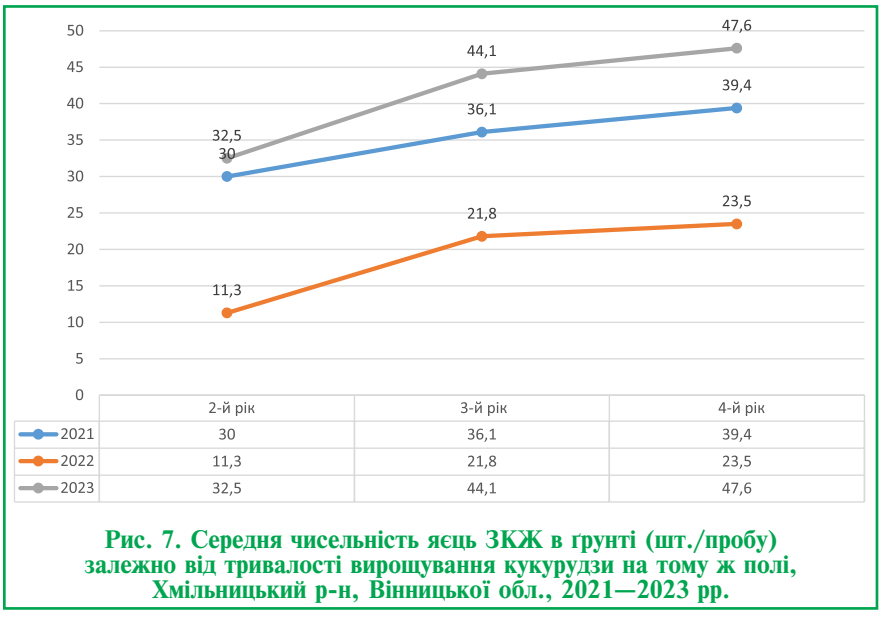


Рис. 5. Частинки, подібні на яйця ЗКЖ, під бінокуляром, 2021 р. (фото автора)



	2-й рік	3-й рік	4-й рік
2021	30	36,1	39,4
2022	11,3	21,8	23,5
2023	32,5	44,1	47,6

Рис. 7. Середня чисельність яєць ЗКЖ в ґрунті (шт./пробу) залежно від тривалості вирощування кукурудзи на тому ж полі, Хмільницький р-н, Вінницької обл., 2021—2023 рр.

Терміни виявлення ґрунтових стадій ЗКЖ на посівах у роки досліджень

Рік	2021		2022		2023	
Стадія розвитку	Дата виявлення	СЕТ понад 12,7°С	Дата виявлення	СЕТ понад 12,7°С	Дата виявлення	СЕТ понад 12,7°С
Личинка 1-го віку	18.06	163,5	14.06	154,5	10.06	160,7
Личинка 2-го віку	24.06	223,8	23.06	202,3	18.06	217,3
Личинка 3-го віку	27.06	256,6	29.06	257,9	22.06	254,3
Лялечка	05.07	326,5	04.07	310,5	07.01	328,2

діб після появи 1-го віку. Личинки 3-го віку переважно з'являлися у третій декаді червня. Заляльковування відбувалося наприкінці червня — початок липня.

ВИСНОВКИ

На основі використаної методики можна робити припущення про присутність у ґрунті личинок ЗКЖ. Чисельність становила 11,3—47,6 шт. яєць на пробу (1130—4760 шт. яєць/м²), залежно від тривалості вирощування кукурудзи на тому ж полі та року. Найменша чисельність спостерігалась на полях другого року вирощування кукурудзи, найбільша — на полях четвертого року вирощування кукурудзи. 2022 р. був більш посушливим, тому кількість яєць у ґрунті, а в подальшому й личинок та імаго, була найменшою за роки досліджень.

Середні строки відродження личинок ЗКЖ варіюють в межах 5—7 діб залежно від року. Метод СЕТ можна використовувати для прогнозування проходження стадій.

Фінансування: дослідження виконані в межах робочої програми аспіранта лабораторії ентомології та стійкості сільськогосподарських культур проти шкідників ІЗР НААН.

Конфлікт інтересів: автори декларують про відсутність конфлікту інтересів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Bergman M.K., Tollefson J.J., Hinz P.N. Spatial dispersion of corn rootworm larvae (Coleoptera: Chrysomelidae) in Iowa cornfields. Environmental Entomology. 1983. №12. P. 1443-1446.

2. Park Y., Tollefson J.J. Spatial distributions of corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) eggs and larvae: Implications for sampling. Journal of the Kansas Entomological Society. 2006. №79. P. 129-135.

3. Pierce C.M.F., Gray M.E. Western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae), oviposition: A variant's response to maize phenology. Environmental Entomology. 2006. №35. C. 423-434.

4. Baca F. Novi clan štetne entomofaune u Jugoslaviji *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera, Chrysomelidae). Zaštita bilja. 1994. T. 45, №2. P. 125-131.

5. Kos T., Bažok R., Varga B., Igrc Barčić J. Estimation of western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) egg abundance based on the previous year adult capture. Journal of Central European Agriculture. 2013. T. 14, №4. DOI: 10.5513/JCEA01/14.4.1384.

6. Ferracini C., Blandino M., Rigamonti I.E. et al. Chemical-based strategies to control the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte. Crop Protection. 2021. №139. Article ID: 105306. DOI: 10.1016/j.cropro.2020.105306

7. Sammons A.E., Edwards C.R., Bledsoe L.W. et al. Behavioral and feeding assays reveal a western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) variant that is attracted to soybean. Environmental Entomology. 1997. T. 26, №6. P. 1336-1342. DOI: 10.1093/ee/26.6.1336

8. Neal J.J. Strategies for monitoring and managing corn rootworm. Purdue University, 1999.

9. Matterson J.W. Flotation technique for extracting eggs of *Diabrotica* spp. and other organisms from soil. Journal of Economic Entomology. 1966. T. 59, №1. P. 223-224.

10. Fisher J.R. System for Extracting Corn Rootworm Larvae from Soil Samples. Journal of Economic Entomology. 1981. T. 74, №1. P. 103-105. DOI: 10.1093/jee/74.1.103

11. Szalai M., Komaromi J.P., Bazok R. et al. Generational growth rate estimates of *Diabrotica virgifera virgifera* populations (Coleoptera: Chrysomelidae). Journal of Pest Science. 2011. T. 84. P. 133-142. DOI: 10.1007/s10340-010-0336-z

12. Imrei Z., Tóth M. A review of different trapping methods and purposes for *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte. Proceedings of the International Conference on the German Diabrotica Research Program. November 14-16. 2012. Berlin. Germany. DOI: 10.5073/jka.2014.444.008

Saliienko V.,
ORCID: 0000-0002-9065-343X
Remeniuk S.,
ORCID: 0000-0002-4407-4293

Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, 25, Klinichna str., Kyiv, 03110, Ukraine

Soil Infestation with Western Corn Rootworm Eggs and Larval Emergence Timing in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine

Goal. To determine the soil infestation with western corn rootworm (WCR) eggs depending on the duration of corn cultivation in one area, as well as to study the timing of larval development stages taking into account the sum of effective temperatures (SET) in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** The study was conducted in 2021—2023 in the fields of Khmilnyk district, Vinnytsia region. The methodology included soil sampling to analyze the number of eggs in samples measuring 10 × 10 cm and 15 cm deep. The samples were examined by washing and flotation using magnesium sulfate solutions, after which the number of eggs was determined under a microscope. Morphological assessment of the chorion surface was used to identify eggs. Additionally, phenological observations of the larval developmental stages based on the accumulation of SET were performed. **Results.** The number of eggs of the WCR varied from 11.3 to 47.6 per sample (1130—4760 pcs./m²). The lowest values were observed in the fields with two years of corn cultivation, and the maximum values were recorded in the fields with four years of crop cultivation. The dependence of the number of eggs on weather conditions was also significant: the driest year, 2022, was characterized by a reduced level of soil infestation compared to other years. The average time of hatching of the first instar larvae was recorded in the second decade of June at 150—160°C, the second instar — within 6—9 days after the emergence of the first instar larvae, and the third instar — in the third decade of June. Pupation occurred in late June — early July. **Conclusions.** The data obtained indicate that the intensity of soil infestation depends on the duration of corn cultivation in one field and weather conditions. The use of the SET method proved to be effective in predicting the stages of pest development. Results can be used to improve the monitoring system and optimize the timing of protective measures.

SET; *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte; corn; insecticides; Coleoptera; Insecta

Надійшла до редакції: *18.09.2024*
Прийнята до друку: *21.11.2024*
Надруковано й опубліковано онлайн: *грудень 2024*

УДК 578: 633.34:635.21
DOI: https://doi.org/10.36495/2312-0614.2024.4.12-17
© А.А. Дуніч, С.О. Кириченко, І.А. Міщенко, О.О. Молодченкова, Р.О. Бондус, А.В. Дащенко, Л.Т. Міщенко, 2024.

ДІАГНОСТИКА НАЙНЕБЕЗПЕЧНІШИХ

вірусів картоплі та сої у 2024 р. — як перший етап пошуку донорів генів стійкості до вірусів

[1]А.А. ДУНІЧ,
кандидат біологічних наук
[2]С.О. КИРИЧЕНКО
[3]І.А. МІЩЕНКО,
кандидат економічних наук
[4]О.О. МОЛОДЧЕНКОВА,
доктор біологічних наук
[5]Р.О. БОНДУС,
кандидат сільськогосподарських наук
[3]А.В. ДАЩЕНКО,
кандидат сільськогосподарських наук
[1]Л.Т. МІЩЕНКО,
доктор біологічних наук
[1]Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Володимирська, 64/13, м. Київ, 01601, Україна
[2]Інститут захисту рослин НААН, вул. Васильківська, 33, м. Київ, 03022, Україна
[3]Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна
[4]Селекційно-генетичний інститут — Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення, вул. Овідіопольська, 3, м. Одеса, 65036, Україна
[5]Устимівська дослідна станція рослинництва Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, вул. Академіка М.І. Вавилова, 15, п/в Устимівка, 39074, Полтавська обл., Україна

Мета. Провести візуальну, серологічну та молекулярну діагностику вірусів, які уражують сою та картоплю у деяких областях України. **Методи.** У дослідженні застосовували метод візуальної діагностики. Наявність вірусів у рослинних зразках визначали, використовуючи імуноферментний аналіз та полімеразну ланцюгову реакцію зі зворотною транскрипцією. **Результати.** Проведено обстеження рослин картоплі на наявність Y-вірусу картоплі (PVY). Встановлено ураженість рослин в досліджуваному агроценозі — 36,6%. Тестування рослин сої із Київської, Одеської та Полтавської областей на наявність трьох вірусів — вірусу мозаїки сої (SMV), вірусу м'якої плямистості коров'ячого гороху (CPMMV) та вірусу жовтої мозаїки квасолі (BYMV) — показало відсутність ураження рослин CPMMV та BYMV. Серед трьох досліджуваних вірусів виявлено наявність SMV, ураженість рослин вказаним вірусом становила 39,7%. **Висновки.** Дослідження показало, що в обстежених агроценозах на рослинах сої циркулює SMV, а на рослинах картоплі — PVY. За результатами роботи встановлено, що близько 2/3 обстежених сортів та селекційних зразків рослин не інфіковані SMV і PVY, що робить їх у перспективі кандидатами на пошук генів стійкості до зазначених вірусів.

soybean mosaic virus; potato virus Y; соя; картопля; імуноферментний аналіз; ЗТ-ПЛР; діагностика вірусів рослин

Вірусні захворювання рослин є вагомим чинником зниження врожаїв цінних сільськогосподарських культур, до яких належать соя та картопля. Щорічний моніторинг найбільш шкідливих вірусів є обов'язковим елементом та першим етапом у захисті від цих патогенів, розумінні їхніх властивостей, епідемічного потенціалу та у пошуку сортів, що можуть слугувати донорами генів стійкості до вірусів.

Важливою проблемою у виробництві картоплі є деградація насіннєвої картоплі, спричинена, зокрема, вірусними захворюваннями. Вони призводять до зниження врожайності та отримання бульб переважно низької якості. Зазвичай, втрати виробництва картоплі, що спричинюються вірусною інфекцією, можуть сягати 20—30%, а серйозні епіфітотії можуть призводити до скорочення виробництва на понад 80% та суттєвих економічних збитків [1]. Y-вірус картоплі (PVY) є найбільш економічно важливим вірусом, що впливає на виробництво картоплі по всьому світу. Цей вірус був вперше описаний на початку 1930-х років як збудник захворювання картоплі. PVY є типовим представником роду *Potyvirus* (родина *Potyviridae*). Спектр його хазяїв налічує понад 60 видів рослин, серед яких представники родин *Solanaceae, Chenopodiaceae* та *Leguminosae*. Ця хвороба викликає мозаїку, пошкодження та гофрованість листків, крапчастість, некрози або загибель рослин залежно від умов інфікування і штаму вірусу [2].

Вірус мозаїки сої (*Soybean mosaic virus,* SMV) є представником роду *Potyvirus* в родині *Potyviridae*. SMV є найбільш поширеним вірусом і визнаний найсерйознішою і давньою проблемою в багатьох районах виробництва сої в світі. Симптоми SMV на рослинах сої залежать від сорту та штаму вірусу. Основні з них — жовта мозаїка, зморшкуватість листкової поверхні, чітко виражена темно-зелена пухирчастість між жилками. Поява симптомів може бути пов'язана з негативним впливом вірусних білків на фотосинтетичний апарат [3, 4], що призводить до появи мозаїк та хлорозів. Суворість симптомів і поширеність SMV у певній місцевості також залежить від кліматичних умов, оскільки вони мають певний ефект на взаємодію вірусу й хазяїна, можуть чинити додатковий тиск на організм рослини і впливати на комах, що є векторами вірусу [5]. Було показано, що при темпера-

турі, вищій за 30°С, спостерігалося пом'якшення симптомів, яке супроводжувалося зниженням вірусного навантаження [6]. Важливу роль грає і освітлення. За більш інтенсивного освітлення спостерігається зниження накопичення вірусу в рослині [7].

Метою роботи було проведення діагностики SMV та YBK на посівах сої та картоплі у деяких областях України.

Методи. Візуально обстежували посіви картоплі та сої за загальноприйнятою методикою [8]. Зразки картоплі (всього 30) були відібрані на Устимівській дослідній станції рослинництва Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України, зразки рослин сої — у Київській, Полтавській та Одеській областях. Зразки перевіряли на наявність вірусів, які поширені на території України на посівах сої (SMV, вірус жовтої мозаїки квасолі, ВЖМК (bean yellow mosaic virus, BYMV)) та визнані шкідливими для сої у світі (вірус м'якої плямистості коров'ячого гороху (CPMMV)).

Ідентифіковували віруси за допомогою імуноферментного аналізу (ІФА) у модифікації DAS-ELISA з використанням комерційних антитіл для PVY, SMV, BYMV CPMMV, фірми Loewe Biochemica GmbH (Німеччина). Антитіла позначені лужною фосфатазою. Результати ферментативної реакції реєстрували при довжині хвилі 405 нм на спектрофотометрі для ІФА Termo Labsystems Opsis MR (США) із програмним забезпеченням Dynex Revelation Quicklink. Кожен зразок тестували у трьох повторностях. Позитивним (таким, що містить вірус) вважали зразок, оптична густина якого перевищувала негативний контроль у три та більше разів. Для постановки ІФА були включені також контролі — позитивний та негативний, зразки картоплі і сої, що містять шуканий вірус та зразки здорових рослин, відповідно [9].

Тотальну РНК із досліджуваних зразків виділяли із застосуванням комерційного набору GeneJet PlantRNA Puntification K 0801 (Thermo Scientific, США) за рекомендаціями виробника. Зворотню транскрипцію проводили із використанням набору RevertAid Reverse Transcriptase (Thermo Scientific, США, EP0441). Для ампліфікації необхідного фрагменту ДНК було використано набір DreamTaq™ Green PCR Master Mix (Thermo Fisher Scientific, США) та специфічні олігонуклеотидні праймери SMV-CPf: (5'-CAAGCAGCAAAGATGTAAATG-3') та SMVCPr: (5'-GTCCATATCTAGGCATATACG-3'), очікуваний розмір продукту 469 п.н. [10]. Режим ампліфікації для SMV: 95°С — 3 хв, далі 30 циклів: 95°С — 30 с, 55°С — 30 с, 72°С — 45 с, 72°С — 5 хв. Для виявлення PVY методом ЗТ-ПЛР застосовували праймери до фрагмента гена капсидного білка вірусу: PVY1, 5' CGGAGTTTGGGTTATGATGG 3' та PVY2, 5' TGGTGTGCCTCTCTGTGTTC 3' [11], очікуваний розмір продукту — 365 п.н. Режим ампліфікації: 95°С — 30 с, 60°С — 30 с, 72°С — 45 с, 72°С — 5 хв. Наявність продуктів ампліфікації перевіряли за допомогою горизонтального електрофорезу в 1,5% агарозному гелі та подальшим переглядом під УФ-опроміненням.

У процесі досліджень відбирали як рослини з симптомами, характерними до таких, що спричинені вірусними інфекціями, так і візуально здорові рослини. Ураженість рослин вираховували за формулою:

$$P = (n / N)\cdot 100\%,$$

де n — кількість уражених рослин, що підтверджено ІФА та ЗТ-ПЛР, шт.; N — загальна кількість протестованих рослин, шт.

У таблицях і діаграмах наведено середні арифметичні значення трьох повторностей в ІФА та їхні стандартні похибки.

Результати та обговорення. Найпоширенішим симптомом на рослинах картоплі була зморшкуватість на листках, рідше мозаїка, також на багатьох сортах фіксували комбінацію цих двох симптомів (рис. 1).

Серед 30-ти протестованих зразків картоплі вірус PVY виявили у 11-ти (табл. 1).

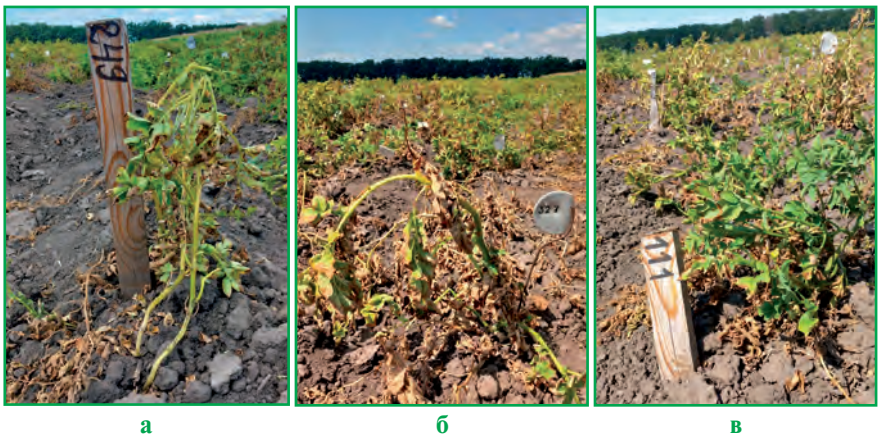
PVY виявлено у сортах Берегиня, Hermes, Мрія, Луговська, Мавка, Kondor, Lady Rosetta, Karin, Satina, Бородянська рожева та зразка № 989.

У дослідженні всього було відібрано 32 зразки сої із Київської області, 18 зразків із Одеської та 6 зразків із Полтавської. Симптоматика на рослинах варіювала, починаючи від ледь виражених симптомів зморшкуватості та закінчуючи суворою плямистістю й деформацією листкових пластинок (рис. 2, 3).

Перевіряли наявність вірусів за допомогою ІФА. Серед 32-ох зразків із Київської області SMV виявили у 9-ти зразках (табл. 2).

У ході тестування виявлено, що жоден зразок не містив антигенів CPMMV та BYMV (рис. 4).

Тестування зразків сої із



а б в

Рис. 1. Симптоми вірусної інфекції на рослинах картоплі: а — зморшкуватість та мозаїка на листках картоплі сорту Берегиня; б — зморшкуватість та мозаїка на листках картоплі сорту Hermes; в — мозаїка на листках картоплі сорту Мрія

1. Результати тестування зразків картоплі методом ІФА на наявність антигенів PVY

Номер зразка	Назва/номер ділянки	Назва сорту	Країна походження сорту	Результат ІФА: наявність (+), відсутність (-)	Значення оптичної густини при 405 нм
1	№988	Без назви	Україна	-	0,060±0,002
2	№ 989	Без назви	Україна	+	0,239±0,005
3	№ 970	Без назви	Україна	-	0,030±0,001
4	249	Берегиня	Україна	+	0,619±0,008
5	112	Незабудка	Україна	-	0,055±0,002
6	42	Фактор	Україна	-	0,064±0,002
7	34	Karlena	Німеччина	-	0,040±0,001
8	281	Радич	Україна	-	0,022±0,001
9	1	Бородянська рожева	Україна	+	0,174±0,002
10	290	Satina	Німеччина	+	0,296±0,003
11	200	Karin	Чеська Республіка	+	0,378±0,003
12	105	Краса	Чеська Республіка	-	0,028±0,001
13	102	Kristi	Велика Британія	-	0,099±0,002
14	327	Hermes	Велика Британія	+	0,554±0,006
15	41	Latona	Нідерланди	-	0,077±0,003
16	75	Asterix	Нідерланди	-	0,036±0,001
17	203	Lady Rosetta	Нідерланди	+	0,315±0,004
18	335	Kondor	Нідерланди	+	0,597±0,007
19	342	Marfona	Нідерланди	-	0,019±0,001
20	348	Obelix	Нідерланди	-	0,044±0,001
21	353	Sante	Нідерланди	-	0,022±0,001
22	272	Мавка	Україна	+	0,126±0,002
23	273	Малич	Україна	-	0,022±0,001
24	279	Поляна	Україна	-	0,052±0,003
25	298	Луговська	Україна	+	0,331±0,005
26	386	Горлиця	Україна	-	0,023±0,002
27	371	Дзвін	Україна	-	0,020±0,001
28	99	Кобза	Україна	-	0,023±0,002
29	104	Косень 95	Україна	-	0,023±0,001
30	111	Мрія	Україна	+	0,445±0,008
Позитивний контроль			-		0,650±0,007
Негативний контроль			-		0,035±0,001

2. Результати ІФА на наявність SMV у рослинах сої із Київської області

№ зразка	Назва сорту	Оптична густина при 405 нм*	Наявність (+), відсутність (-) антигенів вірусу
1	Командор	0,045±0,003	-
2	Апіка	0,117±0,003	-
3	Мерлін	0,062±0,002	-
4	Ніагара	0,567±0,005	+
5	Гладіатор	0,068±0,002	-
6	Прип'ять	0,040±0,001	-
7	Спонсор	0,653±0,007	+
8	Муза	0,059±0,001	-
9	Лісабон	0,047±0,001	-
10	Джентльмен	0,650±0,006	+
11	Падуа	0,653±0,003	+
12	Сопано	0,652±0,003	+
13	Вільшанка	0,150±0,002	-
14	Елена	0,149±0,003	-
15	Ясочка	0,217±0,004	+
16	Хвиля	0,677±0,005	+
17	Арніка (пізній посів)	0,096±0,003	-
18	Арніка (ранній посів)	0,040±0,002	-
19	Арніка (ранній посів)	0,142±0,002	-
20	№ 146/15	0,088±0,002	-
21	Актор	0,096±0,002	-
22	Султана	0,042±0,001	-
23	Муза	0,048±0,001	-
24	Селекційний № 10/16	0,373±0,007	+
25	Діона	0,074±0,003	-
26	Аніта	0,195±0,005	-
27	Легенда	0,075±0,002	-
28	Вишиванка	0,159±0,002	-
29	Галі	0,062±0,002	-
30	Селекційний № 105/23	0,091±0,003	-
31	Арніка (пізній посів)	0,065±0,002	-
32	Селекційний зразок	0,263±0,005	+
Позитивний контроль		0,713±0,008	
Негативний контроль		0,081±0,003	

Рис. 2. Рослини сої, відібрані для досліджень: а — слабка зморшкуватість листкових пластинок рослин сої сорту Елена, Київська область; б — сувора деформація листків «намисто» на сої селекційний номер 10/16, Київська область; в — зморшкуватість та «бронзова засмага» на листках сої сорту Одеситка, Одеська область; г — зморшкуватість та жовта плямистість на листках сої № 4, Полтавська область

Рис. 3. Рослини сої сортів Хвиля та Джентльмен з симптомами вірусних інфекцій. Локальний агроекологічний моніторинг, Київська обл., 5 серпня 2024 р.

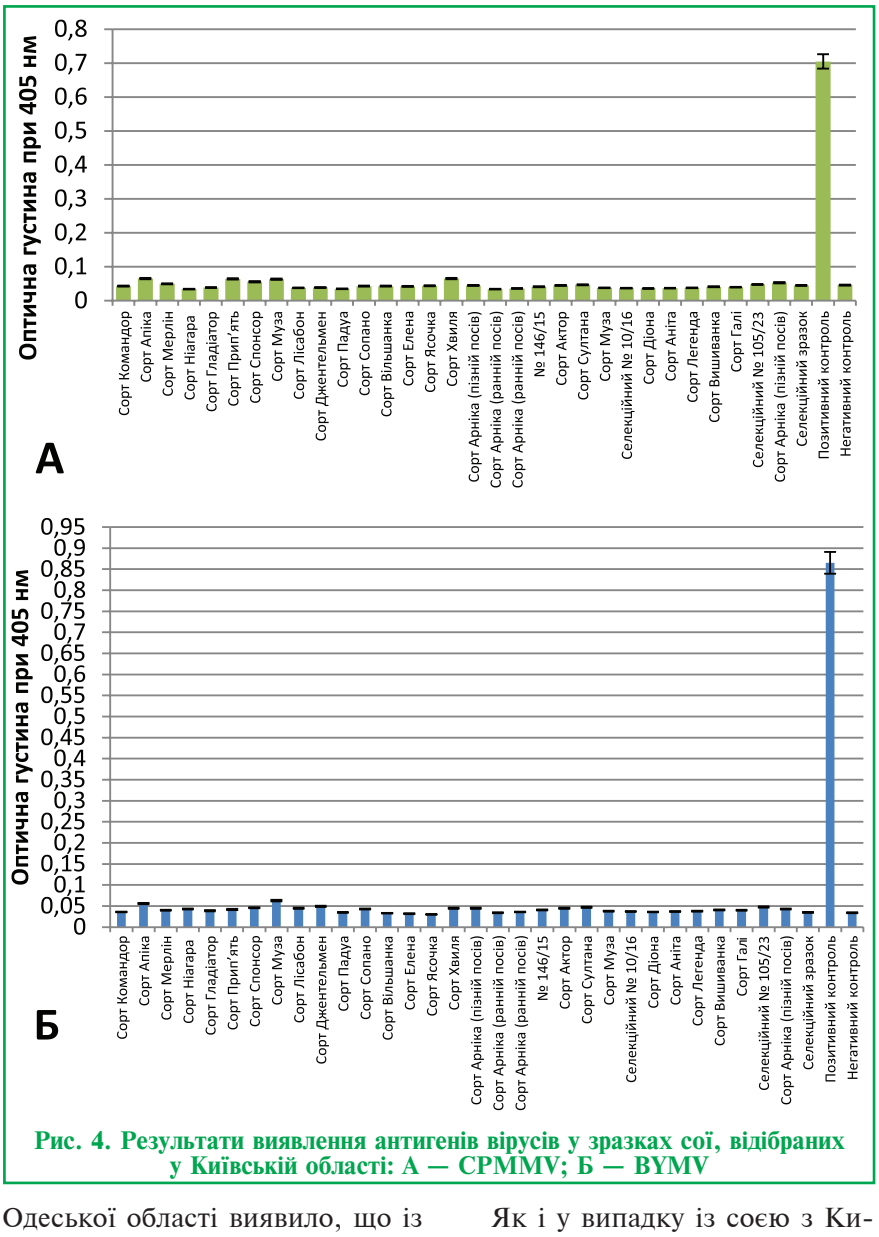


Рис. 4. Результати виявлення антигенів вірусів у зразках сої, відібраних у Київській області: А — CPMMV; Б — BYMV

Одеської області виявило, що із 18-ти досліджуваних зразків 13 були уражені SMV. П'ять позитивних зразків були безсимптомними (табл. 3).

Як і у випадку із соєю з Київської області, жоден зразок не містив антигенів CPMMV та BYMV (рис. 5).

Імуноферментний аналіз показав, що з 6-ти зразків сої, відібраних у Полтавській області, один уражений SMV, а CPMMV та BYMV не виявлено (рис. 6).

3. Результати ІФА на наявність SMV у рослинах сої із Одеської області

№ зразка	Назва сорту	Оптична густина при 405 нм	Наявність (+), відсутність (–) антигенів вірусу
33	Одеситка	0,646±0,008	+
34	Одеситка	0,635±0,009	+
35	Еврідіка	0,046±0,002	–
36	Еврідіка	0,630±0,007	+
37	Васильківська	0,656±0,007	+
38	Васильківська	0,648±0,006	+
39	Зміна	0,088±0,003	–
40	Зміна	0,648±0,007	+
41	Серенада	0,647±0,008	+
42	Серенада	0,115±0,003	–
43	Аврора	0,237±0,004	+
44	Аврора	0,092±0,003	–
45	Сяйво	0,055±0,001	–
46	Сяйво	0,666±0,005	+
47	Фенікс	0,063±0,002	–
48	Фенікс	0,648±0,004	+
49	Аріадна	0,628±0,005	+
50	Аріадна	0,627±0,005	+
51	Таверна	0,640±0,005	+
52	Таверна	0,082±0,003	–
Позитивний контроль		0,638±0,006	
Негативний контроль		0,043±0,001	

Присутність SMV у досліджуваних зразках була підтверджена методом ЗТ-ПЛР, яка виявила наявність продукту розміром близько 469 п.н., що відповідає ділянці гена капсидного білка цього вірусу (рис. 7).

Аналіз результатів ПЛР з праймерами до ділянки капсидного білка PVY показав наявність продуктів ампліфікації розміром 365 п.н., що свідчить про ураження рослин зазначеним вірусом (рис. 8).

Проведене дослідження показало, що у обстежених областях у посівах сої циркулює SMV, а віруси CPMMV та BYMV відсутні; у рослинах картоплі виявлено вірус PVY.

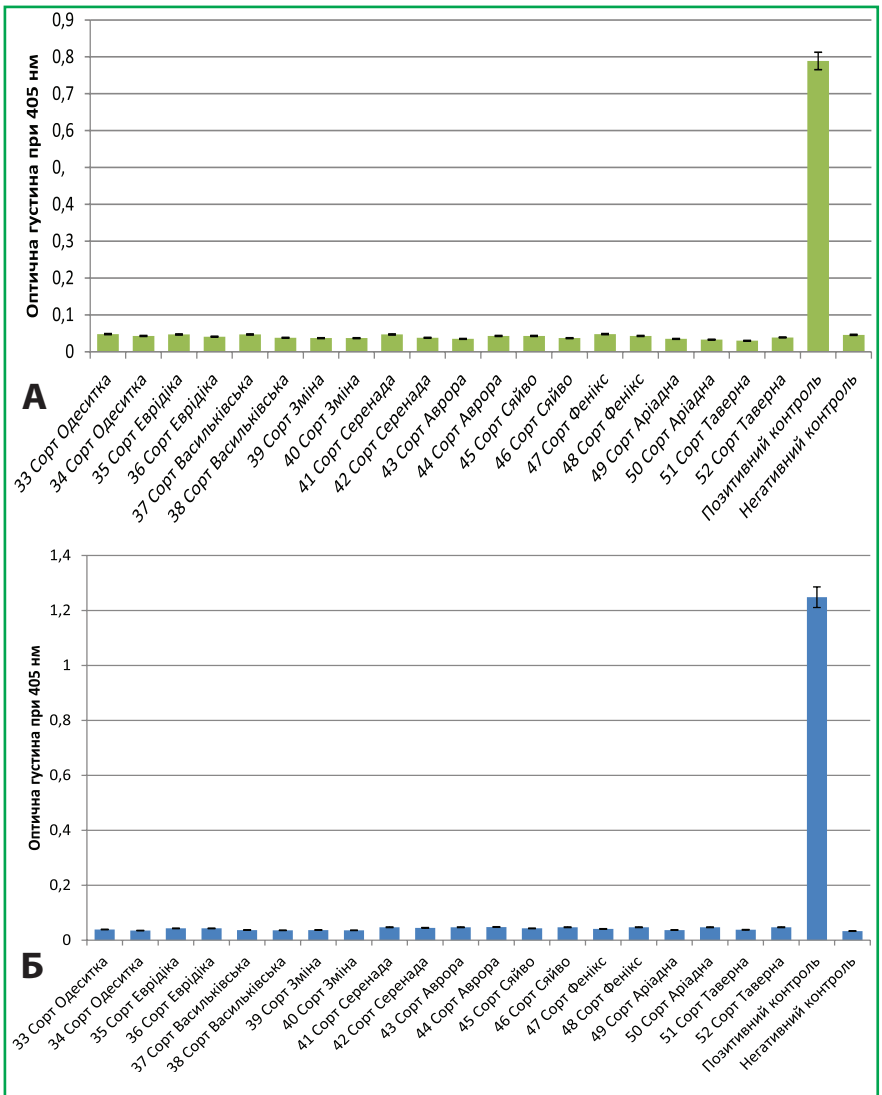


Рис. 5. Результати виявлення антигенів вірусів у зразках сої, відібраних у Одеській області: А — CPMMV; Б — BYMV

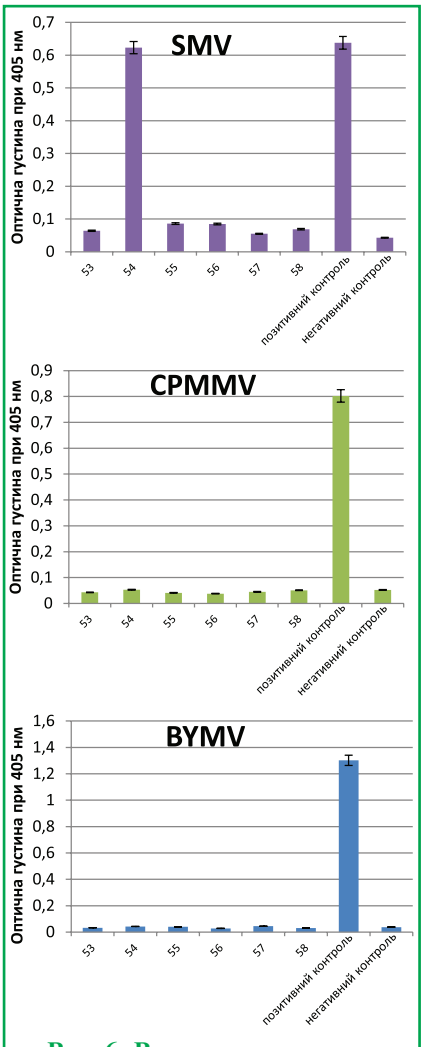


Рис. 6. Результати виявлення антигенів SMV, CPMMV та BYMV у зразках сої із Полтавської області

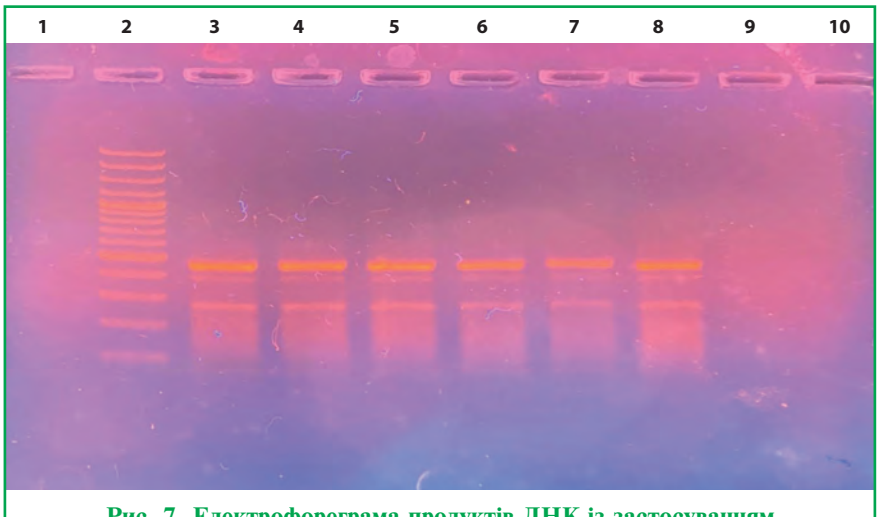


Рис. 7. Електрофореграма продуктів ДНК із застосуванням праймерів до ділянки гена капсидного білка (очікуваний продукт 469 п.н.): 1 — негативний контроль; 2 — маркер ДНК MassRuler DNA Ladder Mix ready-to-use (Thermo Scientific, США); 3 — позитивний контроль; 4 — сорт Спонсор, Київська обл.; 5 — сорт Фенікс, Одеська область; 6 — сорт Падуа, Київська обл.; 7 — сорт Хвиля, Київська обл.; 8 — сорт Джентльмен, Київська обл.; 9 — сорт Вишиванка, Київська обл.; 10 — сорт Таверна, Одеська обл

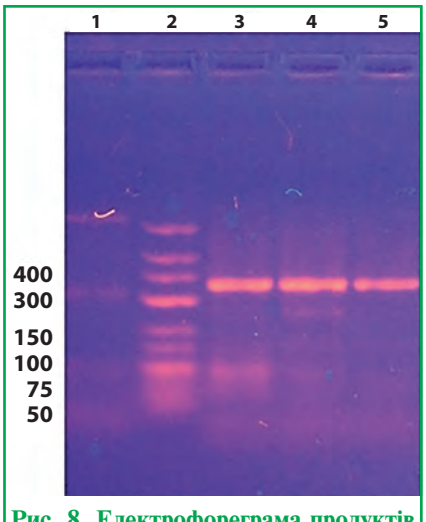


Рис. 8. Електрофореграма продуктів ЗТ-ПЛР визначення PVY в рослинах картоплі: 1 — негативний контроль; 2 — маркер ДНК 25, 50, 75, 100, 150, 300, 400, 500, 700 (п.н.); 3 — позитивний контроль; 4 — картопля сорту Берегиня, 5 — картопля сорту Kondor

ВИСНОВКИ

Обстеженнями рослин картоплі з Полтавської області виявлено рослини із симптомами зморшкуватості та мозаїки на листкових пластинках. Тестування рослин картоплі (всього 30 зразків) на наявність Y-вірусу картоплі методом імуноферментного аналізу показало наявність PVY у 11-ти досліджуваних зразках, що становить 36,6%. Тестування рослин сої із Київської, Одеської та Полтавської областей (всього 58 зразків) на наявність трьох вірусів SMV, CPMMV та BYMV показало відсутність ураження рослин CPMMV та BYMV. Серед трьох досліджуваних вірусів виявлено наявність вірусу мозаїки сої у 23-х досліджуваних зразках, що становить 39,7%. Сорти та селекційні лінії картоплі та сої, які не інфіковані PVY і SMV, були відібрані для подальших досліджень з пошуку генів природної стійкості до зазначених вірусів.

Фінансування: робота виконана за фінансової підтримки Національного фонду досліджень України (грант № 2023.03/0244 «Механізми стійкості економічно важливих культур до вірусних хвороб за умов воєнного стану і глобального потепління»), конкурс «Передова наука в Україні».

Конфлікт інтересів: автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів. Спонсори не брали участі в розробленні досліджень; у зборі, аналізі чи інтерпретації даних; у написанні рукопису; в рішенні про публікацію результатів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Dupuis B., Nkuriyingoma P., Ballmer T. Economic impact of potato virus Y (PVY) in Europe. *Potato Res.* 2024. 67. 55-72. https://doi.org/10.1007/s11540-023-09623-x

2. Lacomme C., Jacquot E. General characteristics of potato virus Y (PVY) and its impact on potato production: an overview. ; eds Lacomme C., Glais L., Bellstedt D.U., Dupuis B., Karasev A.V., Jacquot E. Potato virus Y: biodiversity, pathogenicity, epidemiology and management. Springer International Publishing, Cham. 2017. 1-19. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58860-5_1

3. Shi Y., Chen J., Hong X. et.al. A potyvirus P1 protein interacts with the Rieske Fe/S protein of its host. Molecular plant pathology. 2007. 8(6). 785-790. doi:https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2007.00426.x

4. Lin L., Luo Z., Yan, F., et.al. Interaction between potyvirus P3 and ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase (RubisCO) of host plants. Virus genes. 2011. 43(1). 90-92. doi:https://doi.org/10.1007/s11262-011-0596-6

5. Mishchenko L., Dunich A., Mishchenko I., Molodchenkova O. Molecular and biological properties of Soybean mosaic virus and its influence on the yield and quality of soybean under climate change conditions. Agriculture and Forestry. 2018. 64(4). 39. doi:https//doi.org/10.17707/AgricultForest.64.4.05

6. Li D., Chen P., Shi A. et.al. Temperature Affects Expression of Symptoms Induced by Soybean Mosaic Virus in Homozygous and Heterozygous Plants. Journal of Heredity. (2009. 100(3). 348-354. doi:https://doi.org/10.1093/jhered/esn109

7. Shang J., Zhao L., Yang X.-M. et.al. Soybean balanced the growth and defense in response to SMV infection under different light intensities. Frontiers in Plant Science. 2023. 14. doi:https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1150870

8. Міщенко Л.Т. Вірусні хвороби озимої пшениці. Київ: Фітосоціоцентр, 2009. 352 с.

9. Crowther J.R. ELISA. Theory and Practice. Hamana Press. 1995.

10. Sherepitko D.V., Budzanivska I.G., Polischuk V.P., Boyko A.L. Sequencing and phylogenetic analysis of Soybean mosaic virus isolated in Ukraine. Biopolymers and Cell. 2011. 27(6). 472-479. doi: 10.7124/bc.00011A

11. Антіпов І.О., Спиридонов В.Г., Мельничук М.Д. Філогенетичний аналіз генів капсидних білків українських ізолятів вірусів картоплі. Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія. 2007. 20. 220-225.

[1]Dunich A.,
ORCID: 0000-0001-9614-3441
[2]Kyrychenko S.,
ORCID: 0000-0002-4325-4022
[3]Mishchenko I.,
ORCID: 0000-0002-2919-8546
[4]Molodchenkova O.,
ORCID: 0000-0003-2511-0866
[5]Bondus R.,
ORCID: 0000-0002-2367-5225
[3]Dashenko A.,
ORCID 0009-0000-9943-0710
[1]Mishchenko L.,
ORCID: 0000-0003-0697-6971
[1]Taras Shevchenko National University of Kyiv, 64/13 Volodymyrska str., Kyiv, 01601, Ukraine
[2]Institute of Plant Protection of NAASU, 33, Vasylkivska str., Kyiv, 03022, Ukraine
[3]National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15, Heroiv oborony, Kyiv, 03041, Ukraine
[4]Plant Breeding&Genetics Institute-National Center of Seed and Cultivar Investigation, 3, Ovidiopolska str.,Odesa, 65036, Ukraine
[5]Ustymivka experimental station of Yuriev Plant production Institute of NAASU, 15 Acad. Vavylova, Ustymivka, Poltava region, 39074, Ukraine

Diagnostics of the most dangerous potato and soybean viruses in 2024 as the first stage in the search for donors of genes responsible for resistance to viruses

Goal. Visual, serological and molecular diagnostics of viruses affecting soybean and potato in some regions of Ukraine were carried out in this work. **Methods.** The study used the method of visual diagnosis, the presence of viruses in plant samples was carried out using enzyme-linked immunosorbent assay and polymerase chain reaction with reverse transcription. **Results.** Potato plants were observed for the presence of potato virus Y (PVY). Damage to plants in the investigated agrocenosis was established as 36.6%. Testing of soybean plants from Kyiv, Odesa, and Poltava regions for the presence of three viruses (soybean mosaic virus (SMV), cowpea soft spot virus (CPMMV), and bean yellow mosaic virus (BYMV)) showed no infection with CPMMV and BYMV. Among the three investigated viruses, the presence of SMV was detected; the damage of plants by this virus is 39.7%. **Conclusions.** Our study showed that SMV circulates on soybean plants and PVY on potato plants in the studied agrocenosis. According to the results of the work, it was established that about 2/3 of the examined varieties and plant breeding samples are not infected with SMV and PVY, which makes them prospective candidates for the search for genes responsible for resistance to these viruses.

soybean mosaic virus; potato virus Y; soybean; potato; enzyme immunoassay; RT-PCR; diagnosis of plant viruses

Надійшла до редакції: *21.10.2024*
Прийнята до друку: *25.11.2024*
Надруковано й опубліковано онлайн: *грудень 2024*

УДК 632.4:635.92
DOI: https://doi.org/10.36495/2312-0614.2024.4.18-21
© О.В. Шевчук, О.Г. Афанасьєва, Н.В. Макаренко, Л.М. Голосна, Д.С. Зленко, С.П. Кривошеєв, 2024.

ШКІДЛИВА МІКОФЛОРА РОСЛИН РОДУ ЛОМИНІС В ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

[1]О.В. ШЕВЧУК,
кандидат сільськогосподарських наук
[1]О.Г. АФАНАСЬЄВА,
кандидат сільськогосподарських наук
[2]Н.В. МАКАРЕНКО,
кандидат біологічних наук
[1]Л.М. ГОЛОСНА,
кандидат сільськогосподарських наук
[1]Д.С. ЗЛЕНКО
[1]С.П. КРИВОШЕЄВ,
кандидат сільськогосподарських наук
[1]Інститут захисту рослин НААН, вул. Васильківська, 33, м. Київ, 03022, Україна
[2]Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка НАН України, вул. Садово-Ботанічна, 1, м. Київ, 01014, Україна

Мета. Ідентифікація грибів, присутніх у тканинах рослин та ризосфері ломиносів, оцінка частоти їхньої ізоляції. **Методи**. Лабораторні — зразки рослин, відібрані протягом вегетаційного періоду 2023—2024 рр. на трьох сортах, аналізували в лабораторних умовах з використанням макроскопічного та біологічного методів. Виділяли гриби із ризосферного ґрунту методом серійних розведень на агаризованому середовищі. Збудників ідентифіковували за культурально-морфологічними властивостями колоній та морфометричними ознаками спороношення. **Результати**. Із тканин листя та стебла ломиноса виділено 9 видів грибів, з кореневої системи та ризосфери — 8 видів. Представники роду *Alternaria* були найбільш поширеними на листках і стеблах, їх спостерігали протягом усього вегетаційного періоду та виділяли з 91% проб. *Cladosporium* spp. і *Fusarium* spp. траплялися рідше (частота ізоляції 58 і 17% відповідно). Також протягом обох років досліджень зустрічалися *Neopestalotiopsis* spp., *Trichothecium* spp., *Cylindrocarpon* spp., *Epicoccum* spp., *Chaetomium* spp. Серед виділених грибів переважна більшість є патогенними для рослин. У 2024 р. виявлено симптоми іржі, спричиненої збудником *Aecidium clematidis*. З кореневої системи та ризосферного ґрунту найчастіше ізолювали *Rhizoctonia* spp. і *Fusarium* spp. **Висновок**. Отримані результати свідчать, що протягом вегетаційного періоду з листя, стебла, кореневої системи та ризосферного шару ґрунту виділяли патогенні для рослин гриби. *Alternaria* spp. найчастіше виділяли з надземної, а *Rhizoctonia* spp. і *Fusarium* spp. — з підземної частини. Ці види, а також *Neopestalotiopsis* spp. та *Cylindrocarpon* spp., вимагають постійного спостереження, оскільки за сприятливих умов для свого розвитку вони можуть завдавати шкоди рослинам. Моніторинг мікофлори протягом вегетаційного періоду дає можливість встановити оптимальні строки проведення захисних заходів.

ломиніс; мікофлора; видовий склад; частота ізоляції; моніторинг

У період війни та після її завершення однією з ключових проблем для країни є відновлення зруйнованих міст. Важливим аспектом цього процесу є озеленення відновлених населених пунктів, що передбачає гармонійне поєднання урбаністичних ландшафтів з природними.

Озеленення має кілька важливих аспектів.

Психологічне відновлення — зелені зони сприяють зниженню стресу та покращенню психічного здоров'я мешканців, що особливо важливо після пережитих травматичних подій [1, 2].

Екологічна стабільність — рослини допомагають очищувати повітря, знижують рівень пилу та забруднення, що покращує загальну екологічну ситуацію в містах. Крім того, зелені зони створюють середовище проживання для різних видів тварин і рослин, підтримуючи екологічну рівновагу, коріння рослин зміцнює ґрунт, запобігаючи ерозійним процесам [2].

Соціальна інтеграція — парки та сквери перетворюються на місця зустрічей та спілкування, що допомагає зміцнити соціальні зв'язки у громадах. [1]

Естетичне покращення — зелені насадження роблять міста привабливішими та комфортнішими для життя, можуть інтегруватися з архітектурними елементами міста, підкреслюючи та доповнюючи будівлі, скульптури та інші споруди [3].

Економічний розвиток — озеленені території можуть приваблювати туристів, створювати робочі місця в сфері обслуговування та догляду за насадженнями [1].

Значно покращити структуру та декоративність існуючих та нових озеленюваних об'єктів можна шляхом розширення асортименту вирощуваних рослин. Однак при цьому виникають проблеми, пов'язані з ураженням рослин хворобами, що негативно відображається на їхніх декоративних властивостях.

Ломиніс (*Clematis* L.) — це рід рослин родини жовтецевих. До нього належать близько 300 видів рослин, які зустрічаються на всіх континентах [4]. Їх батьківщиною вважають Центральну та Східну Азію, де зростає близько 100 видів ломиносів, тобто третина з дикорослих видів [4]. В Україні в природних умовах поширені ломиніс виткий і ломиніс альпійський.

Ломиноси широко використовуються в якості декоративних рослин. Зокрема в Європі згадки про їх культивування сягають 16 сторіччя [5]. Загалом у світі виве-

дено близько 200 сортів та гібридів ломиносів. Крім того рослини цього роду багаті на ароматичні й ефірні масла, дубильні речовини, фітонциди і вітамін С. Вони володіють лікарськими властивостями і є медоносами [6, 7].

На ломиносах налічується близько 30 патогенних видів, а загалом у світі на рослинах цього роду зустрічаються понад 560 видів грибів [8].

Найбільш розповсюдженою в світі хворобою ломиноса вважається в'янення (збудник *Calophoma clematidina* (Thüm.) Qian Chen & L. Cai) [9—13]. Також рослини уражуються плямистостями листя (збудники гриби родів *Alternaria* Nees, *Neopestalotiopsis* Maharachch, K.D. Hyde & Crous) [8, 9, 14], борошнистою росою (збудники *Leveillula ranunculacearum* f. *clematidis* (Jacz.) Golovin, *Erysiphe communis* f. *clematidis* Jacz., *Erysiphe aquilegiae* DC., *Erysiphe polygoni* DC.) [8, 15—17], іржастими хворобами (Aecidium clematidis DC, *Coleosporium clematidis* Barclay [18, 19], антракнозом (*Colletotrichum actuatum* Simmonds ex Simmonds, *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz) Penz and Sacc.) [8, 9], сірою гниллю (*Botrytis cinerea* Pers.), аскохітозом (*Ascochyta dolomitica* Kabát & Bubák, *A. vitalbicola* Maire) та іншими хворобами [8].

Ураження рослин призводить до псування їхнього зовнішнього вигляду, втрати декоративності, зниження виходу садивного матеріалу.

Метою досліджень була ідентифікація грибів, присутніх в тканинах рослин і ризосфері ломиносів, та оцінка частоти їх ізоляції.

Методика досліджень. Обстеження насаджень ломиносів у Правобережному Лісостепу України (Київ, Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка НАН України) проводили у 2023—2024 рр. на сортах Альпініст, Comtesse de Bouchaud, Superba. Зразки рослин відбирали протягом вегетаційного періоду, маркували та доставляли в паперових пакетах до лабораторії, де їх аналізували з використанням макроскопічного та біологічного методів. Перш за все рослини візуально оглядали й обстежували з використанням мікроскопа. На другому етапі використовували вологу камеру та живильне середовище для стимуляції росту міцелію та покращення спороношення. Сегменти тканин із симптомами ураження промивали водопровідною водою, потім стерилізували 96% етиловим спиртом протягом 1 хв і двічі промивали стерильною водою. Підготовлений таким чином матеріал поміщали у вологу камеру та в чашки Петрі з картопляно-глюкозним агаром (КГА) і витримували в термостаті при температурі 24°С. Виділяли гриби з ризосферного шару ґрунту методом серійних ґрунтових розведень на агаризованому середовищі (КГА). Ідентифіковували гриби за культурально-морфологічними властивостями колоній та морфометричними ознаками спороношення [20].

Для розрахунку частоти ізоляції (*IF*) використовували формулу

$$IF = (n/N) \times 100,$$

де *n* — кількість зразків, з яких було виділено даний рід чи вид; *N* — загальна кількість зразків.

Результати досліджень та обговорення. За період досліджень із уражених тканин листя та стебел ломиносів виділено гриби 9-ти родів (рис. 1). Найпоширенішими були представники роду *Alternaria*, які спостерігалися протягом усього вегетаційного періоду та виділені з 91% проб. Рідше траплялися гриби родів *Cladosporium* Link і *Fusarium* Link (частота ізоляції 58 і 17% відповідно). Також протягом обох років дослідження виділяли представників родів *Neopestalotiopsis*, *Trichothecium* Link, *Cylindrocarpon* Wollenw., *Epicoccum* Link. Частота ізоляції була в межах 4—8%.

Поряд із збудниками хвороб, з 4% зразків з тканин листя було ізольовано гриб роду *Chaetomium* Kunze. Крім того, у 8% випадків спостерігали бактеріальну інфекцію.

Серед виявлених грибів переважна більшість є патогенними для рослин. *Alternaria* spp. відомі як збудники плямистості листя, яка зустрічається в країнах Азії та Європи [21—23]. Вони спочатку викликають на верхівці та краях листя хлорози, які згодом набувають вигляду еліптичних, круглих або неправильної форми коричневих чи чорних некротичних уражень [23]. Відомо також, що гриби цього роду є вторин-

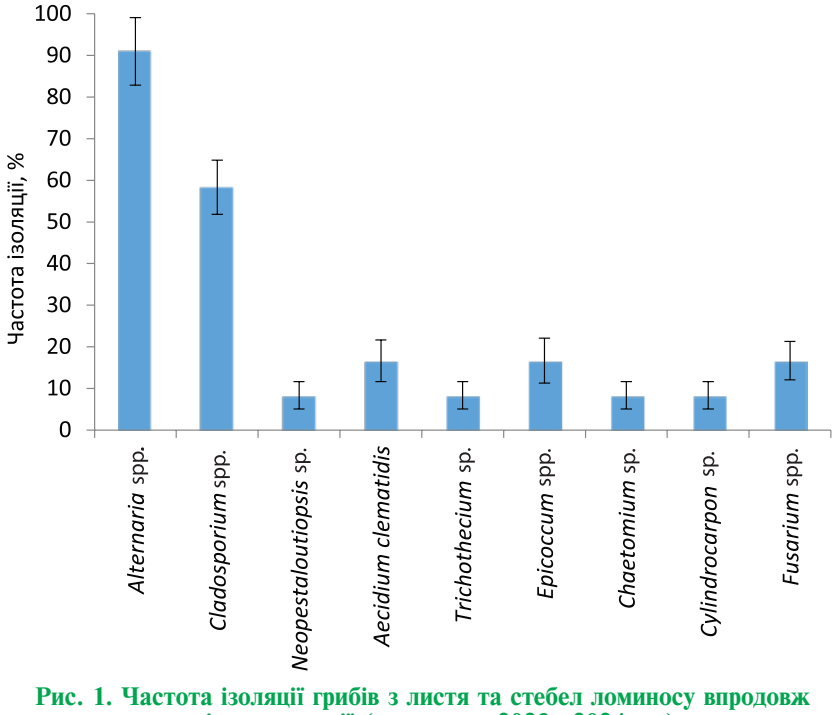


Рис. 1. Частота ізоляції грибів з листя та стебел ломиносу впродовж періоду вегетації (середнє за 2023—2024 рр.)

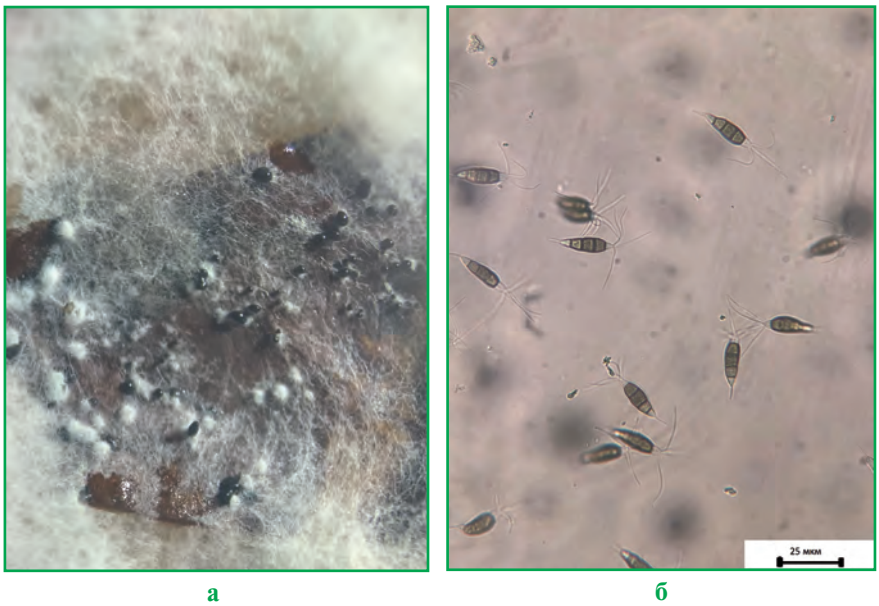
ною інфекцією, що уражує вже пошкоджені тканини. За результатами досліджень польських вчених *Alternaria* spp. домінують у філосфері ломиносів [21].

Гриби роду *Neopestalotiopsis* sp. (рис. 2) можуть викликати плямистість листя. Першими ознаками інфекції є плями з сірим або білим центром та темно-коричневим краєм. З часом вони збільшуються, займаючи велику площу [21, 24, 25].

Fusarium spp. здатні завдати значної шкоди рослинам, оскільки викликають фузаріозне в'янення та кореневу гниль. Повідомляється, що комплекс грибів даного виду на ломиносі представлений такими видами: *Fusarium oxysporum* Schlecht., *F. sporotrichioides* Sherb., *F. celtidicola* Shang, Camporesi & K.D. Hyde, *F. lateritium* Nees, *F. tricinctum* (Corda) Sacc. [8, 21].

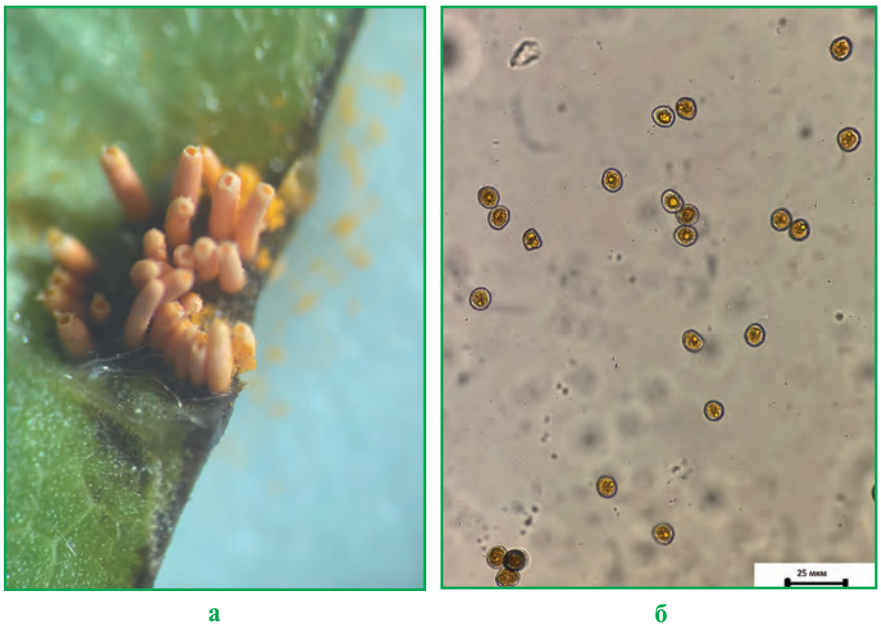
У 2024 р. виявлено симптоми іржі, спричиненої *Aecidium clematidis* DC (синонім *Puccinia clematidis* (DC.) Lagerh.), на сортах Альпініст і Superba (рис. 3). Ломиніс для даного збудника є проміжним господарем, на якому формується ецідіальна стадія. Основними рослинами-живителями є зернові колосові культури та злакові трави.

Під час аналізу кореневої системи та ризосферного шару ґрунту виявлено гриби 8-ми родів: *Rhizoctonia* DC, *Alternaria, Fusarium, Cylindrocarpon* Wollenw., *Rhizopus* Ehrenb., *Trichoderma* Pers., *Penicillium* Link, *Zygorhynchus* Vuill. Найвищу частоту ізоляції мали *Rhizoctonia* spp. і *Fusarium* spp. — 83 та 67% відповідно. Також часто (в 50% зразків) виявляли представників роду *Rhizopus*. Ці гриби є патогенними для рослин і викликають кореневі гнилі. Щодо *Cylindrocarpon* spp., які також можуть викликати хвороби кореневої системи, то частота ізоляції їх за роками досліджень була в межах 17—33%.



а б

Рис. 2. *Neopestalotiopsis* sp.:
а — плодові тіла (конідіомати); б — конідії



а б

Рис. 3. *Aecidium clematidis* DC:
а — симптоми ураження; б — еціоспори

ВИСНОВКИ

Одержані результати демонструють, що впродовж вегетаційного періоду найчастіше з тканин листків та стебел ломиносу було виділено гриби родів *Alternaria*, *Cladosporium* і *Fusarium*. В складі ризосферної мікофлори домінували *Rhizoctonia* spp., *Fusarium* spp., *Rhizopus* spp.

Крім зазначених видів, гриби родів *Neopestalopsis* та *Cylindrocarpon* вимагають контролю поширення, оскільки за сприятливих умов для їхнього розвитку можуть спричинити ураження рослин та втрату ними декоративності.

Моніторинг мікофлори ломиносу протягом вегетаційного періоду дає можливість для розробки захисних заходів.

Фінансування: дослідження виконували в рамках ПНД «Захист рослин», завдання 24.01.02.22.Пк.

Конфлікт інтересів: автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Douglas O., Lennon M., Scott M. Green space benefits for health and well-being: A life-course approach for urban planning, design and management. Cities. 2017. V. 66. P. 53-62. https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.03.011

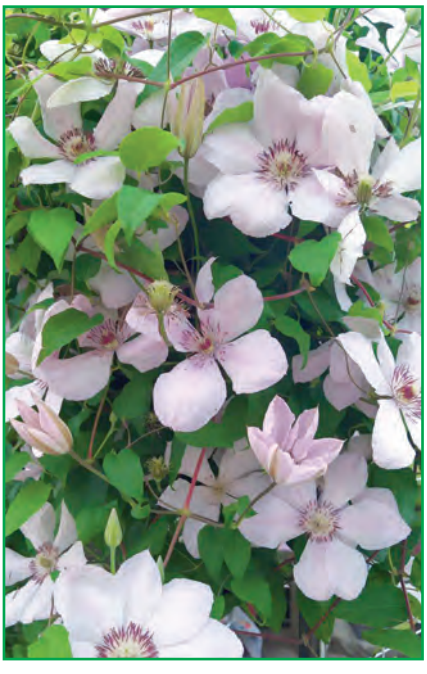
2. Hunter R., Cleland C., Cleary A. et al. Environmental, health, wellbeing, social and equity effects of urban green space interventions: A meta-narrative evidence synthesis. Environment In-

ternational. 2019. V.130. Article 104923. https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.104923
3. Mihalakakou G., Souliotis M., Papadaki M. et al. Green roofs as a nature-based solution for improving urban sustainability: Progress and perspectives. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2023. V. 180, 113306. https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113306
4. Lindgren D.T. Clematis. In: Anderson N.O. (eds). Flower Breeding and Genetics. Dordrecht: Springer. 2007. P. 781-799. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4428-1_29
5. Lehtonen S., Christenhusz M.J.M., Falck D. Sensitive phylogenetics of Clematis and its position in Ranunculaceae. Botanical Journal of the Linnean Society. 2016. V. 182. 825867. https://doi.org/10.1111/boj.12477
6. Берідзе О.І., Ковальчук І.О. Класифікація роду *Clematis* L. та інтродукція в Кременецькому ботанічному саду. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Біологія. 2020. Вип. 3/4(80). С. 8-13. http://dx.doi.org/10.25128/2078-2357.20.3-4.1
7. Thapliyal S., Sati H., Sati B. A Comprehensive insight into the phytoconstituents and health benefits of Clematis species. Environment Conservation Journal. 2024. V. 25. N 1. P. 297-302. https://doi.org/10.36953/ECJ.24482653
8. Phukhamsakda C., McKenzie E.H.C., Phillips A.J.L. et al. Microfungi associated with Clematis (Ranunculaceae) with an integrated approach to delimiting species boundaries. Fungal Diversity. 2020. V. 102: P. 1-203. https://doi.org/10.1007/s13225-020-00448-4
9. Špetík M., Eichmeier A., Burgová J. et al. Calophoma clematidina causing leaf spot and wilt on Clematis plants in the Czech Republic. Plant Disease. 2023. V. 107. N 6. P. 1649-1958. https://doi.org/10.1094/PDIS-09-22-2142-PDN
10. Van De Graaf P., Joseph M.E., Chartier-Hollis J.M., O'Neill T.M. Prepenetration stages in infection of clematis by Phoma clematidina. Plant Pathology. 2002. V. 51. P. 331-337. https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.2002.00727.x
11. Golzar H., Wang C., Willyams D. First report of Phoma clematidina the cause of leaf spot-wilt disease of Clematis pubescens in Australia. Australasian Plant Dis. Notes. 2011. V. 6. P. 87-90. https://doi.org/10.1007/s13314-011-0030-x
12. Gourlay A.H., Wittenberg R., Hill R.L. et al. The biological control programme against Clematis vitalba in New Zealand. Proceedings of the X International Symposium on Biological Control of Weeds. 2000. P. 709-718.
13. Deb D., Khan A., Dey N. Phoma diseases. Epidemiology and control. Plant Pathol. 2020. V. 69. P. 1203-1217. https://doi.org/10.1111/ppa.13221
14. Fu J.F., Su W.N., Zhou R.J. et al. The pathogen identification and biological characteristics of Clematis chinensis spot blotch. Journal of Shenyang Agricultural University. 2013. V. 44. N 1. P. 26-31
15. Liu T., Wen J. Golovinomyces clematidis sp. nov. from China. Mycotaxon. 2013. V. 125. P. 107-110. http://dx.doi.org/10.5248/125.107
16. Talgo V., Sundheim L., Gjaerum H.B. et al. Powdery Mildews on Ornamental Trees and Shrubs in Norway. European Journal of Plant Science and Biotechnology. 2011. V. 5, N 1. P. 86-92.
17. Zhou R., Xu H., Ou Y. et al. Morphological and molecular identification of powdery mildew of Clematis manshurica caused by Erysiphe aquilegiae in China. Phytoparasitica. 2015. V. 43, № 1. P. 15-19. http://dx.doi.org/10.1007/s12600-014-0412-7
18. Lee J.S., Choi Y.J., Shin H.D. First Report of Coleosporium clematidis Causing Rust Disease on Clematis patens in Korea. Plant Disease. 2022. V. 106. N 9. P. 2525. https://doi.org/10.1094/PDIS-01-22-0071-PDN
19. Sun J.E., Fu L., Norphanphoun C. et al. Study on the diversity of rust pathogens from different hosts in Guizhou Province, China. Mycosphere. 2024. V. 15. N 1. P. 473-653. https://doi.org/10.5943/mycosphere/15/1/4
20. Методы экспериментальной микологии. Под ред В.И. Билай. Справочник. Київ: Наукова думка, 1982. 550 с.
21. Kowalik M., Duda K. Causal agents of dieback of clematis (Clematis L.) leaves. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin, 2014. V. 54. P. 389-393 https://doi.org/10.14199/ppp-2014-065
22. Sun H.F., Li N., Yan Y. et al. First Report of Alternaria alternata Causing Leaf Blight on Clematis terniflora var. mandshurica in China. Plant Disease. 2022. V. 106, N 8, P. 2264 https://doi.org/10.1094/PDIS-10-21-2139-PDN
23. Sun H.F., Wang H., Yang H.Y. et al. First Report of Leaf Spot on Clematis brevicaudata Caused by Alternaria alternata in China. Plant Disease. 2023. V. 107. N 3. P. 947. https://doi.org/10.1094/PDIS-04-22-0902-PDN
24. Sun Y.R., Jayawardena R.S., Sun J.E., Wang Y. Pestalotioid Species associated with medicinal plants in southwest China and Thailand. Microbiol. Spectr. 2023. V. 11. e0398722. http://dx.doi.org/10.1128/spectrum.03987-22
25. Maharachchikumbura S.S.N., Hyde K.D., Groenewald J.Z. et al. Pestalotiopsis revisited. Studies in Mycology. 2014. V. 79. N 1. P. 121-186. https://doi.org/10.1016/j.simyco.2014.09.005

[1]Shevchuk O.,
ORCID: 0000-0003-0954-1922
[1]Afanasieva O.,
ORCID: 0000-0002-2724-2080
[2]Makarenko N.,
ORCID: 0009-0005-1841-6148
[1]Golosna L.,
ORCID:0000-0002-6276-8256
[1]Zlenko D.,
ORCID: 0009-0007-1450-5308
[1]Kryvosheiev S.,
ORCID: 0009-0000-7921-4754
[1]Institute of Plant Protection of the NAAS, Vasylkivska st., 33, Kyiv, 03022, Ukraine
[2]M.M. Gryshko National Botanical Garden of the NAS of Ukraine, Sadovo-Botanichna st., 1, Kyiv, 01014, Ukraine

Pathogenic mycoflora of clematis plants in Forest-Steppe of Ukraine

Goal. Identification of the fungi present in the plant tissues and rhizosphere of clematis and evaluation of their isolation frequency. **Methods**. Laboratory — plant samples collected in 2023—2024 throughout the growing season on three varieties were analyzed in the laboratory using macroscopic and biological methods. Isolation of fungi from the rhizosphere soil was carried out by the method of serial soil dilutions on agarized medium. The pathogens were identified by the cultural and morphological characteristics of the colonies and morphometric features of sporulation. **Results**. Nine species of fungi were isolated from



the tissues of clematis leaves and stems, and eight species — from the root system and rhizosphere. The genus *Alternaria* was the most prevalent on leaves and stems, being observed throughout the entire growing season and isolated from 91% of the samples. *Cladosporium* spp. and *Fusarium* spp. were less common (isolation rate 58% and 17%, respectively). *Neopestalotiopsis* spp., *Trichothecium* spp., *Cylindrocarpon* spp., *Epicoccum* spp., and *Chaetomium* spp. were also found during both years of the study. Among the isolated fungi vast majority are pathogenic to plants. In 2024, symptoms of rust caused by *Aecidium clematidis* were detected. *Rhizoctonia* spp. and *Fusarium* spp. were most often isolated from the root system and rhizosphere soil. **Conclusion**. The results obtained indicate that throughout the growing season, plant pathogenic fungi were isolated from the leaves, stems, root systems, and rhizosphere soil. *Alternaria* spp. were predominantly found in the aboveground parts of the plants, while *Rhizoctonia* spp. and *Fusarium* spp. were primarily associated with the underground parts. These species, along with *Neopestalotiopsis* spp. and *Cylindrocarpon* spp., require constant monitoring, as they can cause damage on plants under favorable conditions for their development. Monitoring of mycoflora during the growing season makes it possible to establish the optimal periods for disease management.

clematis; mycoflora; species composition; isolation frequency; monitoring

Надійшла до редакції: *06.09.2024*
Прийнята до друку: *14.11.2024*
Надруковано й опубліковано онлайн: *грудень 2024*

УДК: 582.282:581.48
DOI: https://doi.org/10.36495/2312-0614.2024.4.22-28
© Т.О. Рожкова, Л.О. Білявська, Г.О. Іутинська, Л.О. Титова, Н.О. Леонова, М.І. Лобода, А.А. Сильчук, Є.Р. Рожкова, 2024

ПРОЯВ КОМПЛЕКСУ ВИДІВ *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. за проростання насіння зернових, бобових, олійної та круп'яної культур

[1, 2]Т.О. РОЖКОВА,
кандидат біологічних наук
[1]Л.О. БІЛЯВСЬКА,
доктор біологічних наук
[1]Г.О. ІУТИНСЬКА,
доктор біологічних наук
[1]Л.О. ТИТОВА,
кандидат біологічних наук
[1]Н.О. ЛЕОНОВА,
кандидат біологічних наук
[1]М.І. ЛОБОДА,
кандидат біологічних наук
[1]А.А. СИЛЬЧУК
[3]Є.Р. РОЖКОВА
[1]Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, вул. Академіка Заболотного, 154, м. Київ, 03143, Україна
[2]Сумський національний аграрний університет, вул. г. Кондратьєва, 160, м. Суми, 40021, Україна
[3]Київський національний лінгвістичний університет, вул. Велика Васильківська, 73, м. Київ, 03150, Україна

Мета. Встановити особливості зараження комплексом видів FSSC насіння і проростків зернових, бобових, олійної та круп'яної культур, визначити фактори впливу на поширення патогена. **Методи.** Лабораторні — пророщування насіння сільськогосподарських культур у різних зразках ґрунту та дослідження особливостей розвитку проростків; визначення видів грибів, які утворювали нальоти за проростання насіння; аналіз мікобіоти ґрунтів; визначення ефективності препаратів. **Результати**. У 2023—2024 рр., за проростання у ґрунті насіння пшениці озимої, ячменю ярого, жита озимого, кукурудзи, соняшнику, сої, квасолі, гороху, проса та гречки вивчили їхнє зараження FSSC. Пророщували насіння у ґрунтах з різних регіонів України. Вивчили основні симптомом за ураження грибами комплексу видів *F. solani*. Виділили FSSC у чисту культуру для вивчення культурально-морфологічних особливостей. Для пошуку контролю цих фітопатогенів дослідили фактори впливу на їхнє поширення: зразки ґрунту, попередник, генотип культури, обробка насіння, застосування різних видів вибухової зброї. **Висновки.** FSSC викликають утворення пухнастого біло-рожевого нальоту і часто є причиною того, що насіння у ґрунті не проростає, а на проростках утворюються некрози. Виявлено відмінності забарвлення колоній та будови спороношення за ізоляції грибів з непроростого насіння різних культур. Визначено істотний вплив на кількість видів FSSC зразка ґрунту, попередника, генотипу культури, обробки насіння та наслідків застосування різних видів зброї. Найбільшу кількість грибів визначили за пророщування насіння жита у супіщаному ґрунті Київської обл., що пояснило найменшу схожість насіння у порівнюваних зразках ґрунту. За вивчення проростання насіння сої у ґрунтах з Полтавської обл. визначено найкращого попередника для цієї культури — кукурудзу, яка виявилась найстійкішою до розвитку комплексу видів *F. solani*. Показано, що сорт квасолі Наутіка майже у п'ять разів був стійкішим до FSSC, ніж Т9905. Ефективність використання суміші препаратів (Мерівон® Про, КС; 0,3—0,4 л/т; Ековітал, р. та Вітазим, р.; 1 л/т) проти фузаріозно-бактеріальної інфекції насіння сої склала 46,3%. Наслідки застосування вибухової зброї — кількісні та якісні зміни мікобіоти досліджуваних зразків чорноземів із Сумської та Харківської областей.

не проростання насіння; мікобіота ґрунтів; попередник; стійкість рослин; обробка насіння; наслідки воєнних дій

Fusarium solani нині розглядають не як окремий вид, а як видовий комплекс (*Fusarium solani* species complex (FSSC)), до якого входять, за останніми даними, щонайменше 60 філогенетично відмінних видів [1—4]. Представники цього комплексу здатні уражувати насіння та проростки рослин протягом всього періоду їхнього розвитку у ґрунті. На відміну від інших видів роду *Fusarium*, основним місцем існування FSSC є ґрунт. Його представники впливають на схожість насіння та викликають судинне в'янення або кореневу гниль у понад 100 видів рослин [5].

У перше десятиріччя XXI ст. підвищився інтерес до FSSC у зв'язку з відкриттям його негативної дії на здоров'я людини. Ці гриби здатні викликати мікози у людей з пониженим імунітетом. Комплекс видів *F. solani* є найпоширенішою причиною грибного кератиту, який часто виникає в тропічному кліматі після травматичного ушкодження [6]. Також ці патогени спричинили інфекцію очей у всьому світі за використання контактних лінз з 2005 по 2006 рік, яка поширилась за рахунок неефективного фунгістатичного очисного розчину [7—8]. У 2022—2023 рр. був спалах менінгіту, спричинений *F. solani*, пов'язаний з епідуральною анестезією у Мексиці [9].

Останні дослідження фітопатогенних властивостей комплексу видів *Fusarium solani* показують їх значне поширення на рослинах полуниці, огірків, сої, цукрової тростини та тропічних фруктових культурах. В Іспанії було виділено нового збудника для полуниці — *F. solani*, який викликав в'янення та кореневу гниль рослин на розсадниках та полях [10]. FSSC були причиною кореневої гнилі огірків у теплич-

них умовах за вегетаційний період 2018—2019 рр. в Іраку [11]. У США основною хворобою на сої є фузаріозні кореневі гнилі, яких у Північній Дакоті викликають здебільшого *F. solani* та *F. tricinctum* [12]. В Індії на цукровій тростині було виділено нового збудника, здатного спричиняти стеблову гниль — *F. solani* NVS671 [13]. FSSC разом з *F. oxysporum* є збудниками судинного в'янення в екваторіальній зоні Океанії, Азії, Африки, Центральної та Південної Америки та Карибського басейну таких основних тропічних культур як: манго, банан, папая, ананас і авокадо [14].

В Україні дослідження комплексу видів *F. solani* пов'язані здебільшого з ураженням бульб картоплі сухою гниллю [15—16] та хворобами сої [17—18].

Мета роботи — встановити особливості зараження представниками видового комплексу *F. solani* насіння і проростків зернових, бобових, олійної та круп'яної культур, визначити фактори впливу на поширення патогенів.

Матеріали та методи. Досліджували особливості проростання насіння пшениці озимої, ячменю ярого, жита озимого, кукурудзи, соняшнику, сої, квасолі, гороху, проса та гречки врожаю 2023 р. Зразки ґрунту відбирали у Харківській, Сумській, Полтавській, Житомирській, Київській та Львівській областях. У якості контролю, який не містив грибів комплексу видів *F. solani*, застосовано біосуміш (Biohumus (торф + біогумус), ТОВ «Торф Ленд Україна»). Структуру нальотів грибів на насінні досліджували за допомогою мікроскопа. Гриби, що викликали утворення нальотів, визначали за морфологією їхнього спороношення.

Вивчили особливості прояву FSSC за пророщування насіння у різних ґрунтах. Виділяли чисту культуру комплексу видів з нальотів на непроростих насінинах без ознак схожості при вирощуванні в одному зразку ґрунту з Київської області.

Для виділення комплексу видів *F. solani* з ґрунту застосували два методи: метод розведень [19] та пророщування насіння у зразках ґрунту (модифікація методу визначення фітотоксичності ґрунтів [20]). Суспензію грибів з ґрунтів висіяли на середовище Чапека-Докса. Чашки інкубували у термостаті за температури 22—25°С. Насіння пророщували у чашках Петрі у зразках ґрунту по 10 г. Визначали види грибів за морфологією їхньої анаморфи [21—22].

Для встановлення ефективності суміші хімічного та біологічних препаратів насіння сої сорту ЕС Говернор обробили згідно з рекомендаціями у день висіву такими препаратами: хімічним протруйником Мерівон® Про, КС (ксеміум®, 250 г/л + піраклостробін, 250 г/л), з нормою витрати 0,3—0,4 л/т; біостимулятором росту Вітазим, р. (K_2O, 0,8% + Cu, 0,07% + Zn, 0,06% + Fe, 0.20%), 1 л/т, інокулянтом Ековітал, р. (асоціація 3-х штамів бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum* УКМ В-6018, УКМ В-6023 й УКМ В-6035 та фосфатмобілізуючих бактерій *Bacillus megaterium* УКМ В-5724), 1 л/т. Насіння проростили у чашках Петрі у термостаті за температури 22—25°С.

Досліджували мікобіоту ґрунтів із Харківської та Сумської областей. Зразки відібрали у 2023 р. з вирв після обстрілу зі ствольової артилерії та вибуху авіаційної бомби. В якості контролю обрали ділянки, віддалені від місця вибуху на відстані 50 м того ж поля. Для мікробіологічного аналізу відібрали по дві об'єднані проби (вирва та контрольна ділянка) з 10-ти точок, з глибини 5—15 см, масою 200 г згідно з методичними рекомендаціями [19].

Результати та обговорення. У 2023—2024 рр. визначено поширення комплексу видів *F. solani* на пшениці озимій, ячмені ярому, житі озимому, кукурудзі, соняшнику, сої, квасолі, гороху, просі та гречці на проростках насіння в ґрунті. На них утворювався пухнастий наліт від білого до біло-рожевого кольору. Найчастіше насіння з рясним нальотом не проростало (рис. 1). Як правило, фузаріозне зараження поєднувалось з розвитком бактерій. На грибному нальоті могли розвиватись гриби інших родів: *Trichoderma*, *Penicillium*, *Mucor*, *Verticillium* тощо.

Особливості прояву FSSC на проростках насіння різних культур у ґрунті. На пшениці, житі та ячмені виявили характерний прояв зараження — насіння з розвиненим нальотом не проростало. При цьому могли утворюватися корінці. За меншого нашарування міцелію розвивались проростки з некрозами. Дослідження цих некрозів показало присутність бактерій та різних грибів: FSSC, *Penicillium* sp., *Mucor mucedo* L., *Trichoderma harziaum* Rifai з чисельною перевагою першого. Дослідження, проведені раніше іншими вченими, підтверджують негативний вплив FSSC на проростання насіння інших культур. Виділення 17 ізолятів *F. solani* (FsH1-FsH17) показало зниження ними схожості насіння огірка до 3,25—50,25% з 96,50% на контролі [11]. Комплекс видів *Fusarium solani* призвів до зниження схожості насіння розели (*Hibiscus sabdariffa* L.) на 55% [23].

Найбільш непомітний прояв зараження комплексом видів *F. solani* характерний для кукурудзи, оскільки за проростання її насіння активно розвиваються представники порядку *Mucorales*, *Penicillium* sp. та *Aspergillus* sp. Але якщо насінина не проросла, то під різними грибними нальотами ближче до ґрунту знаходився FSSC. Міцелій цих грибів мав рожевий відтінок.

На насінні соняшнику утворювався частіше білий компактний наліт *F. solani*. У випадку проростання насіння на кінчиках корінців спостерігали чисельні некрози. Їх дослідження показало наявність усередині ураженої тканини бактерій, *M. mucedo* та FSSC.

Найпомітніше зараження комплексом видів *F. solani* відзначили на насінні бобових.

Якщо, наприклад, на насінні гороху було добре помітно гриби *Penicillium* sp. та *Aspergillus* sp., то з часом вони ставали малопомітними за рахунок розвитку білого пухнастого нальоту фузарієвих грибів. Насіння не проростало через сумісну бактеріально-грибну інфекцію. За відсутності бактерій на проростках сої спостерігали утворення виразок з темною облямівкою та крапок на сім'ядолях, виразок і некрозів на коренях та гниття рослин.

Дані підтверджуються результатами досліджень В.В. Кириченко та ін. [17], які спостерігали на насінні сої, що сходило, ураження трьох типів: загнивання насіння з нальотом; деформацію проростків і загибель на поверхні грунту; утворення виразок з нальотом на сім'ядолях. З некротичних ділянок кореневої системи цієї культури іншими дослідниками в Україні також виділено *F. solani* [18]. Наведені дані доводять, що гриби цього комплексу є збудниками кореневих гнилей сої в Україні.

На стійкому до FSSC сорті квасолі спочатку не помітили розвитку гриба, але потім на насінні без симптомів спостерігали утворення павутинного, слабко помітного нальоту. У іншому випадку за одночасного зараження насіння бактеріями та грибами цього комплексу спостерігали гниття насіння з утворенням характерного пухнастого нальоту.

Через те, що насіння проса та гречки має менші розміри, то на них утворювались більш компактні нальоти FSSC білого забарвлення. Як і в дослідженнях на інших культурах, насіння, повністю вкрите міцелієм та спороношенням гриба, не проростало.

Для досліджуваних культур провели виділення фузарієвих грибів у чисту культуру на середовище Чапека-Докса з нальотів, що утворились на насінні, яке не проросло. FSSC утворив колонії різного забарвлення: оранжеві, біло-рожеві та білі. Дослідження конідіального спороношення показало деякі відмінності у його

Рис. 1. Утворення нальоту міцелію FSSC на насінні: а — ячменю ярого; б — гороху; в — сої; г — соняшнику

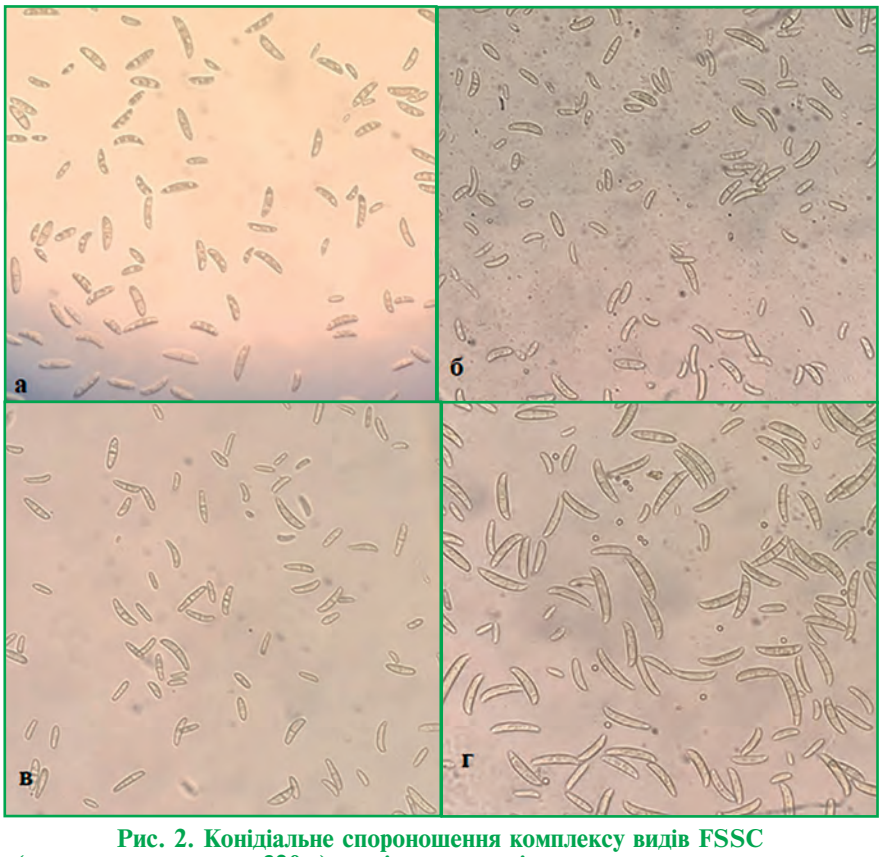


Рис. 2. Конідіальне спороношення комплексу видів FSSC (семиденна культура, 320×), виділених з насіння, що не проросло, культур: а — ячменю ярого; б — гороху; в — сої; г — соняшнику

морфології (розмірі макро- та мікроконідій, кількості перетинок) (рис. 2).

Насіння найчастіше не проростає під дією так званих пліснявих грибів: *Penicillium* sp., *Mucor* sp., *Aspergillus* sp., *Epicoccum* sp., *Rhizopus* sp., *Trichothecium* sp., *Sporotrichum* sp. та ін. Вони розвиваються на середовищах та фільтрувальному папері, які використовують у біологічному методі аналізу мікобіоти насіння. Відсутність досліджень FSSC на насінні пов'язана з тим, що він існує у ґрунті і проявляється лише під час проростання насіння.

Фактори впливу на поширення FSSC

Досліджено вплив різних зразків **ґрунту** на поширення комплексу видів *F. solani* на насінні жита озимого (табл. 1).

Зразки ґрунту істотно вплинули на виявлення чисельності комплексу видів *F. solani*. За пророщування насіння у біосуміші без утворення на ньому грибних нальотів його схожість становила 100%. Дослідження проростання цього насіння в інших ґрунтах з Житомирської та Київської областей показало зниження схожості на фоні розвитку грибів та бактерій, особливо FSSC. Найбільшу кількість насіння з нальотом *F. solani* виявили у ґрунті з Київської обл., де і схожість його була мінімальною. Навіть зразки ґрунтів з одного господарства Житомирської обл. відрізнялись за мікобіотою та кількістю зараженого грибами насіння. Метод розведень не показав наявності FSSC у першому зразку ґрунту з Житомирської обл. Пророщування у ньому зерна жита сприяло утворенню нальоту на 18,3% насінин. У другому зразку з Житомирської обл. у мікобіоті ґрунту відсоток виділення *F. solani* склав 18,4%, ним уразилось 13,3% насіння. Тобто кількість зараженого насіння фузарієвими грибами залежала лише від зразку ґрунту. Методом розведень можна показати потенційну кількість FSSC у ґрунті, але лише пророщування у зразку ґрунту виявляє його справжнє фітопатогенне навантаження.

1. Мікобіота ґрунтів та поширення мікроорганізмів на насінні жита озимого (2023 р.)

Зразок ґрунту	Мікобіота ґрунтів: виділення колоній із загальної кількості, %	Схожість насіння, %	Зовнішній прояв інфікування насіння, %
Біосуміш	-*	100	0
Суглинок (Житомирська обл., 1)	*Penicillium* sp. зелено-білий — 77,1; *Trichoderma* sp. біла — 8,8; *Penicillium* sp. білий — 7,0; *Aspergillus* sp. — 5,3; *Gloicladium* sp. — 1,8	60,0	*Mucor* sp. — 20,0; *F. solani* — 18,3; *Penicillium* sp. — 3,3
Суглинок (Житомирська обл., 2)	Гриби без спороношення — 28,9; *Penicillium* sp. жовтий — 21,1; *F. solani* — 18,4; *Mucor hachijoensis* — 10,5; *Aspergillus* sp. — 7,9; *Fusarium* sp. — 7,9; *Trichoderma* sp. — 5,3	70,0	*F. solani* — 13,3; *Mucor* sp. — 10,0; *бактерії* — 10,0; *Alternaria* sp. — 1,7
Супіщаний ґрунт (Київська обл.)	*Penicillium* sp. зелений — 44,5; *Penicillium* sp. білий — 22,2; *Mucor* sp. — 11,1; *Trichoderma* sp. — 11,1; *F. solani* — 11,1	41,7	*F. solani* — 66,7; бактерії — 46,7
$НІР_{05}$		7,8	*F. solani* — 2,7

Примітка: -* — відсутність зараження насіння при проростанні

Вплив **попередника** на особливості проростання насіння у ґрунті мав істотне значення у прояві фузаріозної інфекції (табл. 2).

Кращим попередником для вирощування сої була кукурудза, яка виявилась стійкішою до розвитку комплексу видів *F. solani*, що визначило кращу схожість сої. За вирощування сої у ґрунті з попередником цієї ж культури накопичилась максимальна кількість FSSC, яка призвела до значного зниження схожості насіння. Середні показники проростання і накопичення комплексу видів FSSC виявлено за умови, що попередником культури є соняшник.

Вивчення особливостей проростання насіння квасолі у ґрунті зі Львівської області показало, що поширення фузаріозної інфекції може визначатись **генотипом культури** (табл. 3).

Відзначили одночасне зараження насіння квасолі FSSC та бактеріями. Сорт Наутіка мав менший відсоток насінин з од-

2. Особливості проростання сої у зразках ґрунту з різними попередниками (Полтавська обл., 2024 р.)

Попередник	Кількість насіння, зараженого мікроорганізмами, %	Схожість насіння, %
Кукурудза	*F. solani* — 6,7 *Aspergillus* sp. — 3,3	83,3
Соя	*F. solani* — 23,3 *Actinomucor elegans* — 3,3	73,3
Соняшник	*F. solani* — 11,7 *A. elegans* — 1,7	78,3
$НІР_{05}$	*F. solani* — 5,0	4,8

3. Вплив генотипу квасолі на зараження насіння FSSC за проростання у ґрунті (Львівська обл., 2024 р.)

Сорт	Схожість насіння, %	Ураження насіння за проростання, %
Наутіка	90,0	*F. solani* + бактеріоз — 10,0
Т9905	48,3	*F. solani* + бактеріоз — 51,7
$НІР_{05}$	8,4	7,1

ночасним проявом фузаріозу та бактеріозу, тому і його схожість виявилась високою. Різниця в ураженні насіння FSSC майже у п'ять разів зумовлена генотипом культури, показує перспективність пошуку стійких форм до цього збудника.

У Японії з 2014 р. розпочато програму селекції еустоми на стійкість до *F. solani*, позаяк цей збудник є найшкідливішим для цієї рослини. Розроблено новий спосіб аналізу, який дозволив виділити стійкі та сприйнятливі форми еустоми [24].

Обробка насіння сумішшю препаратів (Ековітал, р. — інокулянт; Вітазим, р. — біостимулятор росту; Мерівон® Про, КС — протруйник насіння) ефективно вплинула на зниження поширення фузаріозно-бактеріальної інфекції на сої за пророщування її насіння у ґрунті з Київської області (табл. 4).

Зараження насіння сої FSSC та бактеріями було знижено майже вдвічі, що позитивно вплинуло на його схожість та довжину коренів. Ефективність застосування суміші хімічного та біологічних препаратів склала 46,3%. Дослідження інших вчених щодо ефективності препаратів різного походження до *F. solani* включають кілька етапів: спочатку вивчають ефективність в умовах *in vitro*, потім проводять штучне зараження рослин збудником кореневих гнилей у закритому ґрунті. Також розглядають, як метод захисту проти цього патогену, фумігацію ґрунту. Хімічні речовини показують різну ефективність щодо розвитку *F. solani* в умовах *in vitro*: застосування карбендазиму в дозі 100 та 500 ppm показало 100% інгібування росту міцелію, манкоцебу (100 ppm) — 85,08%, пропіконазолу (500 ppm) — 79,09%, гексаконазолу (500 ppm) — 72,15% [25, 26].

В Україні внаслідок воєнних дій пошкоджено та забруднено понад 5 млн га сільськогосподарських земель. Ґрунти зазнали механічного, фізичного, біологічного руйнувань та хімічного впливу [27]. Дослідження мікробіоти ґрунтів показало зміни в мікробіоті. Дослідження чорноземів з Сумської та Харківської областей показало різне поширення у них FSSC (табл. 5).

Застосування зброї призвело до кількісних та якісних змін мікобіоти чорноземів. Кількість грибів була зменшена. У вирві, яка утворилась після вибуху снаряду ствольової артилерії, не виявили представників комплексу видів *F. solanir*. Контрольна проба мала незначну їх кількість. У вирві від авіабомби кількість грибів зменшилася у 3,6 раза. Контроль мав домінування FSSC і також значний відсоток *F. oxysporum* — 16,7%. Тобто у цьому зразку 60% проростків колоній склали фузарієві гриби. У вирві після вибуху авіабомби у грибному комплексі домінували пігментовані гриби, які належать до двох родів: *Cladosporium* та *Alternaria* sp. Кількість фузарієвих грибів була знижена до 25% і вони були обмежені одним видом — *F. solani*. Тобто, обстріли та авіабомбування зумовили зменшення кількості видів грибів, що призвело і до зменшення чисельності FSSC. Якісні та кількісні зміни найбільш виразними були у вирвах від авіаційних бомб порівняно з вирвами від від артилерійських снарядів.

ВИСНОВКИ

На проростаючому насінні різних культур види комплексу *F. solani* викликають утворення рясного пухнастого нальоту біло-рожевого забарвлення та найчастіше є причиною того, що насіння не сходить. Ці гриби спричинюють некрози проростків однодольних та дводольних рослин. За шкідливістю (вплив на схожість насіння та розвиток проростків) вони значно переважають інші види грибів, які викликають пліснявіння проростаючого насіння.

Є відмінності у забарвленні

4. Вплив обробки насіння сої на розвиток фузаріозно-бактеріальної інфекції, схожість та біометричні показники проростків сої (2024 р.)

Варіант	Зараження насіння, %	Схожість насіння, %	Довжина проростків, мм	Довжина коренів, мм
Контроль	*F. solani* + бактеріоз 61,7	38,3	27,1	25
Обробка насіння	*F. solani* +бактеріоз 33,3	43,3	24,3	35,5
$НІР_{05}$	6,1	5,7	—	6,6

5. Поширення видів комплексу *F. solani* у мікобіоті чорноземів Північного Сходу України у вирвах після застосування різних видів вибухової зброї (2023 р.)

Варіант	Кількість грибів (КУО/г), ×10^4	Виділення ґрунтових грибів із загальної кількості на варіанті, %
Артилерійські снаряди (Сумська обл.)		
Контроль	7,4	*Trichoderma album* — 50,7; *Penicillium citrinum* — 34,3; *P. corylophilum* — 6; *Penicillium* sp. — 3,0; *F. solani* — 1,5; *Verticillium* sp. — 1,5; *Absidia* sp. — 1,5; *Ochoconis* sp. — 1,5
Вирва	4,8	*P. corylophilum* — 93,1; *Scopulariopsis* sp. — 2,3; *Aspergillus* sp. — 2,3; *Penicillium* sp. — 2,3; *F. solani* — 0,0
$НІР_{05}$	1,6	—
Авіабомба (Харківська обл.)		
Контроль	3,2	*F. solani* — 43,3; *P. cheresanum* — 20; *F. oxysporum* — 16,7; *Fusaruim* sp. — 10,0; *Aspergillus acidus* — 6,7; *A. fumigatus* — 3,3
Вирва	0,9	*Cladosporium cladosporioides* — 37,5; *F. solani* — 25,0; *Aiternaria sp.* — 12,5; *P. cheresanum* — 12,5; *Penicillium* sp. — 12,5
$НІР_{05}$	1,3	*F. solani* — 11,1

колоній міцелію та будові конідіального спороношення ізольованих чистих культур міцелію грибів з насіння різних культур, що не зійшло.

Вивчення різних факторів на поширення комплексу видів *F. solani* показало істотний вплив зразка ґрунту, попередника, генотипу культури, обробки насіння та впливу різних видів вибухової зброї на чисельність цих грибів. Найбільшу кількість FSSC на проростках жита у різних зразках відзначили у супіщаному ґрунті Київської обл., що пояснило найменшу схожість насіння. Вивчення грибного комплексу ґрунтів показало найбільшу кількість фузарієвих грибів у суглинку з Житомирської обл. (зразок 2). Аналіз мікобіоти методом розведень показав потенційну кількість FSSC у ґрунті, а пророщування насіння у ґрунтовому зразку виявило його справжнє фітопатогенне навантаження. За результатами вивчення особливостей проростання насіння сої у ґрунтах з Полтавської обл. визначено найкращого попередника для цієї культури — кукурудзу, яка виявилась найстійкішою до розвитку комплексу видів *F. solani*, що зумовило найвищу схожість.

Показано, що сорт квасолі Наутіка майже у п'ять разів стійкіший до ураження FSSC, порівняно з Т9905, що зумовило його схожість на рівні 90%.

Ефективність застосування суміші хімічного (Мерівон® Про, КС; 0,3—0,4 л/т) та біологічних (Ековітал, р. та Вітазим, р. по 1 л/т) препаратів проти фузаріозно-бактеріальної інфекції насіння сої склала 46,3%.

Застосування вибухової зброї призвело до кількісних та якісних змін мікобіоти чорноземів у Сумській та Харківській областях. Кількість грибів (у тому числі і комплексу видів *F. solani*) у вирвах після застосування ствольових снарядів (у 1,5 раза) та авіабомби (у 3,6 раза) була меншою порівняно з контролем.

Розуміння закономірностей прояву FSSC дозволить розробити систему з обмеження їхнього поширення.

Фінансування: тема №7.6/1—2023 (КПКВК 6541230) «Прискорене відновлення ґрунтів, пошкоджених внаслідок воєнних дій, на основі інноваційних мікробних біотехнологій і фіторемедіації».

Конфлікт інтересів: автори декларують про відсутність конфлікту інтересів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Zhang N., O'Donnell K., Sutton D.A. et al. Members of the *Fusarium solani* species complex that cause infections in humans and plants are common in the environment. J. Clin. Microbiol. 2006. 44. P. 2186-2190. DOI: 10.1128/JCM.00120-06

2. O'Donnell K., Sutton D.A., Fothergill A. et al. Molecular phylogenetic diversity, multilocus haplotype nomenclature, and in vitro antifungal resistance within the *Fusarium solani* species complex. J. Clin. Microbiol. 2018. 46. P. 2477-2490. DOI: 10.1128/JCM.02371-07

3. Nalim F.A., Samuels G.J., Wijesundera R.L., Geiser D.M. New species from the *Fusarium solani* species complex derived from perithecia and soil in the Old World tropics. Mycologia. 2011. 103. P. 1302-1330. DOI: 10.3852/10-307

4. Coleman J.J. The Fusarium solani species complex: ubiquitous pathogens of agricultural importance. Molecular Plant Pathology. 2016. 17(2). P. 146-158. DOI: 10.1111/mpp.12289

5. Michielse C., Rep M. Pathogen profile update: *Fusarium oxysporum*.Mol. Plant Pathol. 2009. 10. P. 311-324. DOI:10.1111/j.1364-3703.2009

6. Cheikhrouhou F., Makni F., Neji S. et al. Epidemiological profile of fungal keratitis in Sfax (Tunisia). Journal de Mycologie Médicale, 2014. 24 (4). P. 308-312. DOI:10.1016/j.mycmed.2014.06.047

7. Chang D.C., Grant G.B., O'Donnell K. et al. Multistate outbreak of Fusarium keratitis associated with use of a contact lens solution. JAMA. 2006. 296(8). P. 953-63. DOI: 10.1001/jama.296.8.953

8. Khor W., Aung T., Saw S. et al. An outbreak of Fusarium keratitis associated with contact lens wear in Singapore. JAMA. 2006. 295(24). P. 2867-2873. DOI:10.1001/jama.295.24.2867.

9. García-Rodríguez G., Duque-Molina C., Kondo-Padilla I. et al. Outbreak of *Fusarium solani* meningitis in immunocompetent persons associated with neuraxial blockade in Durango, Mexico, 2022-2023. Open Forum Infectious Diseases. 2024. 11(2). DOI: 10.1093/ofid/ofad690

10. Villarino M., De la Lastra E., Basallote-Ureba M.J. et al. Characterization of *Fusarium solani* populations associated with spanish strawberry crops. Plant Disease. 2019. 103(8). DOI:10.1094/PDIS-02-19-0342-RE

11. Abdullah A.A., Al-Juboory H.H. Isolation of the fungus fusarium solani causing cucumber root rot disease and its morphological and molecular identification. Int. J. Agricult. Stat. Sci. 2020. 16. P. 1959-1966. DOI: 10.13140/RG.2.2.19717.17120

12. Hui Y., Berlin N.Jr. Effects of soil type, temperature, and moisture on development of Fusarium root rot of soybean by *Fusarium solani* (FSSC 11) and *Fusarium tricinctum*. Plant Disease. 2022. 106(11). DOI: 10.1094/PDIS-12-21-2738-RE

13. Patel P. Influence of carbon — nitrogen supplements and pH on growth of sugarcane. Journal of Fungal Diversity. 2020. 1. P. 27-32. DOI:10.14302/issn.2766-869X.jfd-20-3193

14. Zakaria L. Fusarium species associated with diseases of major tropical fruit crops. Horticulturae. 2023. 9(3). P. 322. DOI:10.3390/horticulturae9030322

15. Положенець В.М., Немерицька Л.В., Журавська І.А., Мельничук В.В. Біологічні особливості, патогенез та ступінь шкідливості парші сріблястої картоплі в умовах Полісся. Картоплярство. 2019. Вип. 44 . С.119-124.

16. Sonets T., Kienko Z., Mykhailyk S. et al. Study of the adaptability and resistance of potato genotypes to *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. Věda a perspektivy. 2023. 12(31). P. 344-354. DOI:10.52058/2695-1592-2023-12(31)

17. Кириченко В.В., Рябуха С.С., Кобизєва Л.Н. та ін. Соя (Glycine max (L.) Merr.) : монографія. Харків: Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, 2016. 400 с.

18. Цехмістер Г., Копилов Є., Кислинська А. Грибний патогенний комплекс кореневої зони рослин сої культурної. Сільськогосподарська мікробіологія, 2022. 35. С. 73-81. DOI:10.35868/1997-3004.35.73-81

19. Білявська Л.О., Іутинська Г.О., Скроцький С.О. та ін. Визначення біологічної активності ґрунтів, постраждалих від воєнних дій. Методичні рекомендації. Київ: Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, 2023. 63 с.

20. Гродзинський Д.М., Шиліна Ю.В., Куцоконь Н.К. та ін. Застосування рослинних тест-систем для оцінки комбінованої дії факторів різної природи. Київ: Фітосоціоцентр, 2006. 60 с.

21. Watanabe T. Pictorial atlas of soil and seed fungi. Boca Raton, FL : CRS Press LLC., 2002. 486 p.

22. Leslie J.F., Summerell B.A. The Fusarium laboratory manual. Iowa: Blackwell Publishing, 2006. 388 p.

23. Tahmasebi A., Roach T., Shin S.Y., Lee Ch.W. *Fusarium solani* infection disrupts metabolism during the germination of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) seeds. Frontiers in Plant Science. 2023. 14. DOI:10.3389/fpls.2023.1225426

24. Onozaki T., Satou M., Azuma M. et al. Evaluation of 29 lisianthus cultivars (*Eustoma grandiflorum*) and one inbred line of *E. exaltatum* for resistance to two isolates of *Fusarium solani* by using hydroponic equipment. The Horticulture Journal. 2020. 89(4). P. 473-480. DOI: 10.2503/hortj.UTD-151

25. Ghimire R., Shrestha R.K., Shrestha J. In vitro evaluation of fungicides against *Fusarium solani*, the causative agent of brinjal root rot. Indonesian Journal of Agricultural Research. 2022. 4(3). P. 187-193. DOI: 10.32734/injar.v4i3.6275

26. Padvi S.A., Hingole D.G., Khaire P.B. In vitro efficacy of fungicides against *Fusarium solani* incited by dry root rot of sweet orange. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2018. 7(4). P. 3270-3273.

27. Голубцов О., Сорокіна Л., Сплодитель А., Чумаченко С. Вплив війни росії проти України на стан українських ґрунтів. Результати аналізу. Київ: ГО «Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2023. 32 с

[1, 2]**Rozhkova T.,**
ORCID: 0000-0002-0791-9736
[1]**Biliavska L.,**
ORCID: 0000-0002-8785-4361
[1]**Iutynska H.,**
ORCID: 0000-0001-6692-2946
[1]**Tytova L.,**
ORCID: 0000-0003-3131-4355
[1]**Leonova N.,**
ORCID: 0000-0002-6731-8588
[1]**Loboda M.,**
ORCID: 0000-0001-5618-8231
[1]**Sylchuk A.,**
ORCID:0009-0004-5695-8282
[3]**Rozhkova Ye.,**
ORCID: 0009-0001-9770-8405
[1]Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of the NAS of Ukraine, 154, Academician Zabolotny str., Kyiv, 03143, Ukraine
[2]Sumy National Agrarian University, 160, G. Kondratieva str., Sumy, 40021, Ukraine
[3]Kyiv National Linguistic University, 73, Velyka Vasylkivska str., Kyiv, 03150, Ukraine

Manifestation of a complex of *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. species on seeds and seedlings of cereals, legumes, oilseeds and cereals

Goal. To establish the peculiarities of infection of seeds and seedlings of cereals, legumes, oilseeds and cereals by a complex of FSSC species, to determine the factors influencing the spread of the pathogen. **Methods.** Laboratory methods: germination of crop seeds in different soil samples and study of seedling development; identification of fungal species that formed mycelium layers during seed germination; analysis of soil mycobiota; determination of drug efficacy. **Results.** In 2023—2024, the seeds of winter wheat, spring barley, winter rye, corn, sunflower, soybeans, beans, peas, millet, and buckwheat were studied for FSSC infection during germination in soil. Seeds were germinated in soils from different regions of Ukraine. The main symptoms of infection with the fungi of the *F. solani* species complex were studied. FSSC were isolated into pure culture to study their cultural and morphological characteristics. In order to find control of these phytopathogens, the factors influencing their spread were investigated: soil samples, precursor, crop genotype, seed treatment, and the use of various types of explosives. **Conclusions.** FSSCs cause the formation of fluffy white-pink mycelium layers and are often the reason why seeds do not germinate in the soil and necrosis forms on the seedlings. Differences in the color of colonies and sporulation structure were found when fungi were isolated from ungerminated seeds of different crops. The number of FSSC species was significantly influenced by the soil sample, precursor, crop genotype, seed treatment, and the effects of various weapons. The largest number of fungi was found during germination of rye seeds in sandy loam soil of Kyiv region, which explained the lowest germination rate of seeds in the compared soil samples. The study of soybean seed germination in soils from Poltava region revealed the best predecessor for this crop — corn, which proved to be the most resistant to the development of the F. solani species complex. It was shown that the bean variety Nautica was almost five times more resistant to FSSC than T9905. The efficiency of using a mixture of preparations (Merivon® Pro, KS; 0.3—0.4 l/t; Ekovital and Vitazim; 1 l/t) against Fusarium bacterial infection of soybean seeds was 46.3%. The consequences of the use of explosive weapons led to quantitative and qualitative changes in the mycobiota of the studied samples of chernozems from Sumy and Kharkiv regions.

non-germination of seeds; soil mycobiota; predecessor; plant resistance; seed processing; consequences of hostilities

Надійшла до редакції: *10.09.2024*
Прийнята до друку: *18.11.2024*
Надруковано й опубліковано онлайн: *грудень 2024*

Київські пшениці — хліб нашої Перемоги!

В Україні пшеницю озиму вважають однією з основних продовольчих культур. Із неї виготовляють цінний культовий продукт для українців — хліб.

Видавництво «Академперіодика» у 2024 році випустило в світ книгу «Селекція і трансфер київських сортів пшениці», автори якої — співробітники Інституту фізіології рослин і генетики НАН України: В.В. Вакуленко, В.Д. Орехівський, Н.П. Коваленко, А.І. Кривенко, В.М. Гаврилюк, Д.В. Коновалов.

У книзі на 248-ми сторінках вперше висвітлено історію і традиції щорічних міжнародних та регіональних науково-практичних конференцій «День Поля», які від 2005 року проводить ІФРГ НАН України, Дослідне сільськогосподарське виробництво ІФРГ НАН України та базові господарства Вінницької, Волинської, Житомирської, Одеської областей.

У книзі наведено описи оригінальних сортів пшениці озимої, проаналізовано новітні технології їх вирощування. Кваліфікований аналіз ситуації, конкретні пропозиції й рекомендації з багатьох викладених питань роблять цю книгу вчасною і потрібною.

Автори книги адресують її широкому колу спеціалістів аграріїв, докторантів, аспірантів, студентів, науковців аграрного, біологічного, економічного та історичного профілів.

Мета хліборобів України — це величний Хліб із борошна золотих київських пшениць, Хліб нашої Перемоги!

Віктор Миколайович Гаврилюк,
кандидат сільськогосподарських наук

УДК 634.11:606:632.95-022.532
DOI: https://doi.org/10.36495/2312-0614.2024.4.29-35
© В.В. Чоботар, О.О. Кравченко, Г.М. Ткаленко, 2024

ЕФЕКТИВНІСТЬ НАНОАКВАХЕЛАТІВ

перехідних металів проти парші у промислових насадженнях яблуні

[1]В.В. ЧОБОТАР
[1]О.О. КРАВЧЕНКО,
кандидат біологічних наук
[2]Г.М. ТКАЛЕНКО,
доктор сільськогосподарських наук
[1]Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15. м. Київ, 03041, Україна
[2]Інститут захисту рослин НААН, вул. Васильківська, 33, м. Київ, 03022, Україна

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, Br), Делан, ВГ (дитіанон, 700 г/кг), Флінт Стар 520 SC, КС (піриметаніл, 400 г/л + трифлоксістробін, 120 г/л), Малахіт КС (дитіанон, 250 г/л + піриметаніл, 250 г/л), Скор 250 ЕС, КЕ (дифеноконазол, 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 фази 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 фунгцидну 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% 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 плодових 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], спричинюють 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 pH, 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 плодових 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. Культура — яблуня сорту «Чемпіон» на підщепі ММ106, схема садіння дерев — 4,5 × 2 м, висаджені у 2016 р. Система формування крони — 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°С у 2022 та 36,8°С 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 pH 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—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. Норма 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 будуємо 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°С. 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 досліду 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, Вг), 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 + трифлоксістробін, 120 г/л) — 0,5 л/га, об'єм розчину 600 л/га; у фазу ВВСН 72—74 — контактно-системного 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 обробки 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 фази 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 достигання — плоди придатні для збору) [35]. Ефективність дії фунгіцидів (Рх, %) визначали за офіційними методиками через 5—7 діб після обробки, за формулою:

$$Px = \frac{100\sum(a \times b)}{n \times Б},$$

де $\sum (a \times b)$ — сума добутків кількості рослин (a) на відповідний бал ураження (b); n — загальна кількість рослин у пробі, шт.; Б — 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 досліду. Зона затримки росту для *V. inaequalis* становила 15 ± 1,5 мм, для *A. alternata* — 35 ± 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 ефективнішою.

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					
	V. inaequalis (парша яблуні)		*A. alternata* (альтернаріоз)		*M. fructigena* (моніліальна гниль)	
	4-та доба	7-ма доба	4-та доба	7-ма доба	4-та доба	7-ма доба
Суміш нано-аквахелатів	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 бутона: 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 нано-аквахелатів металів Cu, Zn, Fe в.р.	0,1	3,5	6,7	47	55
			0,2	3,3	6,2	54	66
			0,3	3,0	6,7	52	69
НІР	–	–	–	0,22	0,47	–	–
ВВСН 57 Стадія рожевого бутона	Контроль	Вода	–	10,7	22,9	0	0
	Хімічна схема захисту	Флінт Стар 520 SC, КС	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 КС	1,5	5,7	6,3	92	95
	Удосконалена схема захисту	Суміш нано-аквахелатів 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 ЕС, КЕ	0,2	8,2	11,2	89	64
	Удосконалена схема захисту	Суміш нано-аквахелатів 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, КС	1,5	10,8	14,4	93	91
	Удосконалена схема захисту	Суміш нано-аквахелатів 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	–	–

галась 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 досліду), 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 достовірно 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 досліду. Зона затримки росту для *V. inaequalis становила* 15 ± 1,5 для *A. alternata* — 35 ± 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 базувалась 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. Availableat URL: www.who.int/foodsafety/publications/strategic-plan/en

2. Konopacka 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. Некос А.Н., Бодак І.В., Магомедова М.Б. Екологічна безпека фруктової 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. URL: https://doi.org/10.32702/23066792.2020.2.89

5. Державна служба статистики України. URL: Https://stat.gov.ua/uk/explorer?Urn=SSSU: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. Rancāne, Regīna, Alma Valiuškaitė, 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.baae.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. ISPRA (Italian Institute for Environmental Protectionand Research). Rapport on azionale pesticid in elleacque. Dati 2017-2018. Edizione 2018. URL: https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/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. Калениč 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-Janabi 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 B01J 13/00, B32B 5/00, A61N 1/40, H01J 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 aquananotechnologies, 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., Huliaieva 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 плодових 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, EFFV-50: 2007. Яблука. Настанови щодо постачання і контролювання якості (ЕЭК 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 плодових і ягідних культур від шкідників і хвороб: рекомендації. Київ, 2021. 185 с.

[1]Chobotar V.,
ORCID: 0000-0003-2604-2121
[1]Kravchenko O.,
ORCID: 0000-0002-2836-8646
[2]Tkalenko 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, Vasylkivska 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-acquahelates 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 (difenoconazole, 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-acquahelates 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 nanoaquahelates 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 nanoaquahelates 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; nanoaquahelates; efficiency of fungicide application

Надійшла до редакції: *03.06.2024*
Прийнята до друку: *21.11.2024*
Надруковано й опубліковано онлайн: *грудень 2024*

УДК 633.16:631.5:632.4
DOI: https://doi.org/10.36495/2312-0614.2024.4.36-39
© І.О. Тітов, 2024

ВПЛИВ НОРМ ВИСІВУ НА УРАЖЕННЯ

рослин ячменю озимого збудником *Pyrenophora teres* Drechsler в умовах Степу України

Мета. Встановити оптимальні норми висіву ячменю озимого для зниження розвитку сітчастого гельмінтоспоріозу (*Pyrenophora teres* Drechsler). **Методи.** Спостереження за посівами районованих сортів ячменю озимого проводили в період фаз від сходів до молочно-воскової стиглості. Розвиток ураження рослин збудником визначали за шестибаловою шкалою, враховуючи відсотки ураженої площі листка. Основою методологічного дослідження є: емпіричні (польові відбори, вимірювання показників об'єкту дослідження), теоретичні (висунення гіпотези та формування висновків за результатами досліджень), математичний. **Результати**. Ураження рослин збудником *P. teres* Drechsler залежало від норм висіву насіння. Встановлено, що при збільшенні густоти посіву збільшується ступінь розвитку хвороби. За роки дослідження розвиток хвороби при висіву ячменю озимого 5,5 млн насінин/га був на на 3,0% вищим у порівнянні з нормою 4,5 млн насінин/га та на 1,2% вищим, ніж за норми 3,5 млн. Урожай зерна був меншим на 0,18 т/га за норми 4,5 млн насінин/га та на 0,14 т/га порівняно з нормою 3,5 млн насінин/га. Доведено, що зниження норми висіву насіння, призводило до зменшення маси 1000 зерен в середньому на 0,6 г. При цьому, спостерігалось зниження урожаю на 0,22 т/га в порівнянні з висівом 4,5 млн насінин/га. **Висновки.** Встановлено, що оптимальною для умов Одеської області є норма висіву ячменю озимого 4,5 млн насінин на 1 га. За зниженої і підвищеної норм висіву насіння збільшується ураження рослин патогеном *P. teres* Drechsler на 1,9—3,1% відповідно. Такі посіви призводять до зменшення урожаю зерна на 0,22—0,30 т/га в порівнянні з посівними площами, де висівали 4,5 млн/га зерен.

норми висіву; розвиток хвороби; ячмінь озимий; *Pyrenophora teres* Drechsler; маса 1000 зерен

І.О. ТІТОВ
Державний біотехнологічний університет, вул. Алчевських, 44, м. Харків, 61002, Україна

Ячмінь озимий є важливою стратегічною культурою в Україні, що дає найперші врожаї, а потенціал врожайності може сягати понад 10 т/га [1].

Обмеженням збільшення площ під посіви ячменю озимого в зоні Степу України є недостатня морозостійкість рослин, що не можуть витримувати зниження температури повітря і ґрунту до −11 та −12°С в період фази кущіння. Однак, зміни клімату у різних регіонах в сторону потепління дають можливість виробникам збільшити валове виробництво зерна цієї культури [2, 3].

Останніми роками відбувається ускладнення фітосанітарної ситуації на посівах зернових колосових культур, у тому числі й ячменю озимого. До найбільш поширених хвороб цієї культури належать кореневі гнилі, снігова пліснява, борошниста роса, септоріоз, іржа тощо. Починаючи з 2019 р., значно підвищився розвиток плямистостей листя: сітчастої, темно-бурої, смугастої, облямівкової [1, 4, 5].

З літературних джерел відомо, що із збільшенням густоти висіву насіння ячменю озимого зростає ураження рослин збудниками хвороб. Встановлено, що загущені посіви не повною мірою забезпечують рослини необхідним живленням і в таких посівах мікроклімат сприяє ураженню патогенами. У зріджених посівах ячменю озимого відбувається інтенсивне кущіння, пагони різних порядків достигають неодночасно, внаслідок чого, спостерігається зниження показників урожайності зерна. Все це призводить до збільшення розвитку хвороби і втрати врожаю [6—8].

Мета досліджень — встановити ступінь розвитку збудника *Pyrenophora teres* Drechsler на ячмені озимому за різних норм висіву. В умовах Одеської області одним із основних чинників, що впливають на стійкість рослин проти домінуючого патогена, є норма висіву.

Методика досліджень. Спостереження за посівами ячменю озимого проводили, починаючи з періоду фази сходів — до молочно-воскової стиглості. На кожній дослідній ділянці обліковували 100 рослин (10 рослин в 10-ти місцях по діагоналі) в чотириразовій повторності. Розвиток ураження рослин збудником встановлювали за відсотками площі, зайнятої плямами, за шестибаловою шкалою [9]. Дослідження проводили в 2021—2023 рр. у господарстві СК «Еліта» Ізмаїльського району Одеської області, на чотирьох районованих сортах: Снігова королева, Дев'ятий вал, Валькірія, Луран. Висівали ячмінь озимий у трьох нормах (3,5; 4,5; 5,5 млн насінин/га) в один строк — перша декада жовтня. Для статистичної обробки одержаних результатів застосовували метод багатофакторного дисперсійного аналізу, кореляційний та регресійний аналіз.

Результати та обговорення досліджень. Встановлено, що при збільшенні густоти посівів підвищується ураження збудником *P. teres* Drechsler. У 2021—2023 рр. ступінь розвитку хвороби за висіву 5,5 млн на 1 га був на 1,2% вищим, ніж за висіву

3,5 млн, та на 3,0% порівняно з нормою 4,5 млн насінин (табл. 1). Посіви з нормою 5,5 млн насінин/га дали врожай нижчий на 0,14 т/га порівняно з нормою 3,5 млн, та на 0,18 т/га — з нормою 4,5 млн.

На посівах з нормами висіву 3,5 млн насінин/га зафіксовано зростання розвитку ураження рослин збудником *P. teres* Drechsler в середньому на 12,1%. Досліджено, що зниження норми висіву призводило до зменшення маси 1000 зерен в середньому на 0,6 г. Також спостерігалось зниження урожаю на 0,22 т/га в порівнянні з нормою 4,5 млн насінин/га.

Серед вивчених районованих сортів ячменю озимого не виявлено стійких проти патогена сітчастої плямистості. Всі сорти тією чи іншою мірою уражувались збудником. Науковцям потрібно провести пошук генів стійкості з метою включення їх в селекційний процес.

Результатів досліджень наведено в таблиці 1. Проведено 3-факторний дисперсійний аналіз. В якості одного з факторів розглядали «норму висіву» (фактор А) за трьома градаціями — 3,5, 4,5 та 5,5 млн насінин/га. Другим фактором був «сорт» (фактор Б) з чотирма градаціями, які відповідали досліджуваним сортам — Снігова королева, Дев'ятий вал, Валькірія, Луран. Третій фактор — «рік» (фактор В). Як відомо, погодні умови мають істотний вплив як на формування врожаю ячменю озимого, так і на розвиток хвороб, зокрема сітчастого гельмінтоспоріозу. Тому, фактор «рік» був узятий в якості чинника, що характеризує особливості вегетаційного періоду.

За результатами проведеного 3-факторного дисперсійного аналізу розраховано значення критерію Фішера для факторів А, Б та В, які становили відповідно: для розвитку хвороби — 35,48, 6,76 та 481,49; для маси 1000 зерен — 16,85, 0,31 та 189,07; для врожайності — 28,77, 0,36 та 336,64. Для чинників А («норма висіву») та В («рік») вони перевищували табличні значення. Тобто, ці чинники істотно впливають як на розвиток сітчастого гельмінтоспоріозу на листі ячменю озимого, так і на показники отриманого врожаю, зокрема масу 1000 зерен та врожайність, за порогу ймовірності $p<0,05$. В той же час, вплив чинника Б («сорт») був істотним щодо розвитку хвороби та неістотним щодо показників маси 1000 зерен та врожайності.

Крім дослідження впливу чинників на розвиток збудника *P. teres* Drechsler та показники врожаю, було проаналізовано взаємодію між нормою висіву та показниками: розвиток хвороби, маса 1000 зерен і врожайність ячменю озимого. Проведений кореляційно-регресійний аналіз показав наявність між ними нелінійної залежності (табл. 2). Всі отримані рівняння мають параболічну форму, тобто в загальному вигляді їх можна записати як

$$y = ax^2 + bx + c,$$

де y — залежна змінна; x — незалежна змінна; a, b — коефіцієнти регресії; c — вільний член.

Коефіцієнти детермінації (R^2) знаходяться в межах від 0,6567 (для розвитку хвороби), до 0,8169 (для врожайності) за рівня значущості $p<0,05$ в усіх випадках. Щодо, розвитку хвороби коефіцієнт a є додатним, це означає, що функція має мінімум. Тобто, спочатку підвищення норми висіву призводить до зниження розвитку хвороби, проте за подальшого її збільшення рівень ураження підіймається. Щодо показників врожаю коефіцієнт a в обох випадках має від'ємне значення, відповідно функція має максимум за збільшення норми висіву,

1. Вплив норми висіву на розвиток сітчастого гельмінтоспоріозу (*P. teres* Drechsler) та показники структури урожаю ячменю озимого (СК «Еліта» Ізмаїльського району, Одеської області, 2021—2023 рр.)

Сорти	Розвиток хвороби, %			Маса 1000 зерен, г			Урожай, т/га		
	2021 р.	2022 р.	2023 р.	2021 р.	2022 р.	2023 р.	2021 р.	2022 р.	2023 р.
3,5 млн зерен/га									
Снігова королева	16,8	9,2	8,1	33,7	38,9	40,7	3,40	3,78	4,42
Дев'ятий вал	18,8	9,9	7,0	33,0	39,5	40,4	3,51	3,70	4,40
Валькірія	19,2	10,5	7,2	34,3	40,1	41,8	3,45	3,85	4,45
Луран	19,2	11,6	7,7	34,6	37,8	42,7	3,60	3,87	4,57
Середнє	**18,5**	**10,3**	**7,5**	**33,9**	**39,3**	**41,4**	**3,49**	**3,80**	**4,46**
4,5 млн зерен/га									
Снігова королева	16,0	6,6	3,5	37,0	41,9	43,5	3,62	4,31	4,79
Дев'ятий вал	14,8	7,5	4,9	37,1	41,5	42,6	3,60	4,24	4,70
Валькірія	17,5	9,2	6,2	35,1	40,6	41,8	3,48	4,13	4,66
Луран	18,4	9,9	8,1	34,5	40,2	41,0	3,42	4,06	4,60
Середнє	**16,7**	**8,3**	**5,7**	**35,7**	**41,1**	**42,2**	**3,53**	**4,18**	**4,68**
5,5 млн зерен/га									
Снігова королева	20,0	12,0	8,9	32,6	38,6	41,5	3,37	3,71	4,42
Дев'ятий вал	19,5	10,9	9,0	32,0	38,0	41,0	3,32	3,80	4,45
Валькірія	18,4	10,7	8,5	33,5	37,9	41,3	3,30	3,70	4,38
Луран	20,9	12,4	8,4	33,7	39,5	41,0	3,41	3,79	4,35
Середнє	**19,7**	**11,5**	**8,7**	**32,7**	**38,5**	**41,2**	**3,35**	**3,75**	**4,40**
$НІР_{05}$ за факторами									
Фактор А (норма висіву)	0,7			0,8			0,08		
Фактор Б (сорт)	0,9			0,9			0,09		
Фактор В (рік)	0,7			0,8			0,08		

на відміну від розвитку хвороби. Як маса 1000 зерен, так і врожайність, спочатку зростають, а потім зменшуються.

На основі рівнянь, наведених в таблиці 2, розраховано координати вершин одержаних парабол (рис.), які відповідають нормам висіву, що забезпечують найнижчий рівень розвитку хвороби, найвищі показники маси 1000 зерен та урожайності. Вони мають значення 4,42, 4,38 та 4,42 млн насінин/га відповідно, що є близьким до 4,5 млн насінин/га. Тобто, за результатами досліджень, норму висіву 4,5 млн насінин/га можна вважати оптимальною для сівби ячменю озимого в Степу України, як з точки зору обмеження розвитку хвороби, так і за показниками врожайності.

ВИСНОВОК

Оптимальною для умов Степу України є норма висіву ячменю озимого 4,5 млн насінин/га. Доведено, що при зниженій і підвищеній нормах сівби збільшується ураження рослин патогеном *P. teres* Drechsler на 1,9—3,1% відповідно. Такі посіви дослідних ділянок мали зниження урожаю зерна на 0,22—0,30 т/га у порівнянні з ділянками, де висівали 4,5 млн насінин/га.

Фінансування: дослідження проводили в рамках НДР «Екологічно орієнтований захист сільськогосподарських культур від інфекційних хвороб у Східному Лісостепу України», держреєстрація № 0121U109408

Конфлікт інтересів: автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

2. Залежність ураження рослин збудником *P. teres* Drechsler та показників урожаю від норми висіву

Показник	Тип рівняння	Рівняння регресії	Коефіцієнт детермінації, *R*	Критерій Фішера *(F)*	Рівень значущості (p)
Розвиток хвороби, %	Параболічний	$y = 2{,}4833x^2 - 21{,}75x + 57{,}804$	0,6567	8,61	0,0081
Маса 1000 зерен, г		$y = -1{,}8958x^2 + 16{,}775x + 2{,}6365$	0,6886	9,95	0,0052
Урожайність, т/га		$y = -0{,}2592x^2 + 2{,}2908x - 0{,}9265$	0,8169	20,08	0,0005

Примітка: *x* — норма висіву, млн. зерен/га

ЛІТЕРАТУРА

1. Корхова М.М., Чеботарев І.А., Лясковський Д.В. Урожайність сортів ячменю озимого під час післяреєстраційного сортовивчення в Миколаївській області. Вплив змін клімату на онтогенез рослин: матеріали доповідей міжнар. наук.-практ. конф. (3—5 жовтня 2018 р., Миколаїв). Миколаїв, 2018. С. 91-92.

2. Нагірний В.В., Федорчук М.І. Вплив строків сівби різних сортів ячменю озимого та задіяних сполук мікроелементів на фотосинтетичну продуктивність. Вісник аграрної науки Причорномор'я. Миколаїв: МНАУ, 2019. Вип. 2 (102). С. 34-41.

3. Гудзенко В.М., Васильківський С.П. Основні напрями та завдання селекції ячменю озимого у Центральному Лісостепу України. Новітні агротехнології. 2016. № 1. https://doi.org/10.21498/na.1(4).2016.118001

4. Retman S., Melnichuk F., Kyslykh T., Shevchuk, O. Complex of barley leaf spots in Ukraine. Chemistry Proceedings. 2022. 10(1). 1. https://doi.org/10.3390/IOCAG2022-12290

5. Борзих О., Голосна Л., Шевчук О. та ін. Ендофітна мікрофлора зерна ячменю озимого в зоні Лісостепу України. Вісник аграрної науки. 2023. Т. 101, № 11. С. 11-18. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202311-02

6. Панфілова А.В., Гамаюнова В.В., Федорчук М.І., Нагірний В.В. Фотосинтетична діяльність посівів ячменю ярого й озимого залежно від елементів технології вирощування в умовах Південного Степу України. Зрошуване землеробство. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2019. Вип. 72. С. 104-112.

7. Ярчук І.І., Горщар В.І., Божко В.Ю., Мороз О.О. Вплив основних технологічних заходів на елементи структури урожаю ячменю озимого. Таврійський науковий вісник. 2013. № 83. С. 147-150.

8. Власюк О.С., Вовколуп Н.В., Жук В.А. Вплив норми висіву на продуктивність та ураження хворобами сортів ячменю ярого. Корми і кормовиробництво, 2014. Вип. 77. С. 192-196.

9. Омелюта В.П., Григорович І.В., Чабан В.С. та ін. Облік шкідників і хвороб сільськогосподарських культур ; за ред. В.П. Омелюти. Київ: Урожай, 1986. 296 с.

Titov I.,
ORCID: 0009-0006-7146-4269
State Biotechnological University,

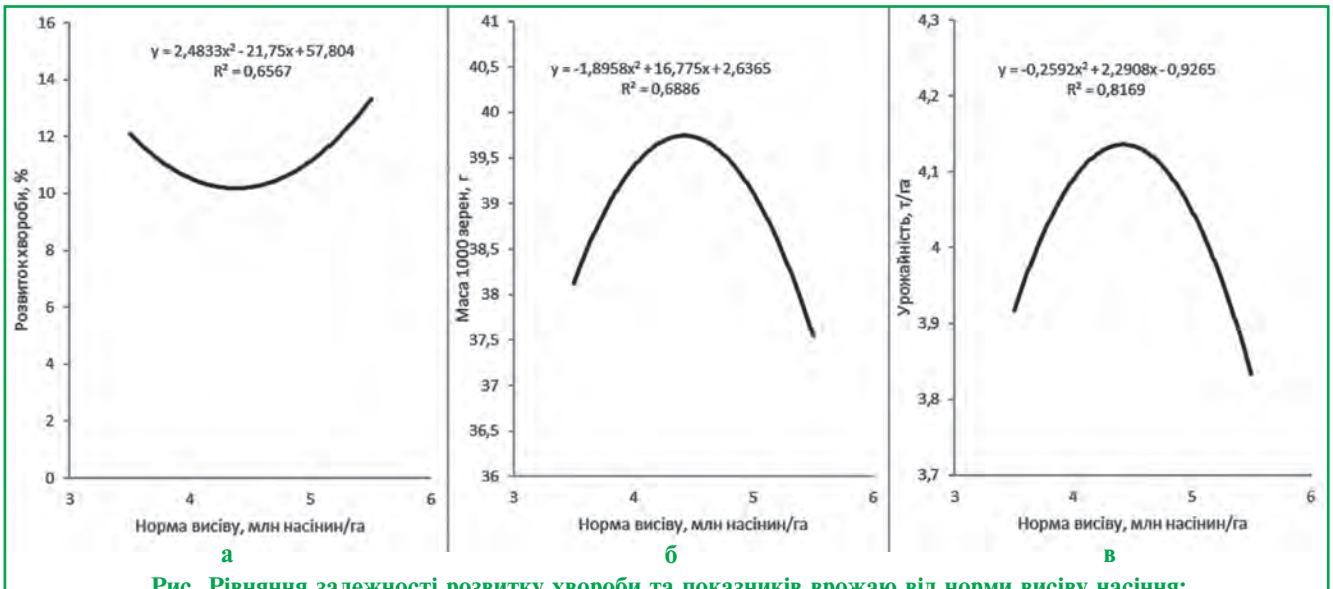


Рис. Рівняння залежності розвитку хвороби та показників врожаю від норми висіву насіння: а — розвиток хвороби; б — маса 1000 зерен; в — урожайність

44, Alchevskyh str, Kharkiv, 61002, Ukraine

The influence of sowing rates on winter barley infection by *Pyrenophora teres* Drechsler under conditions of Steppe of Ukraine

Goal. To determine the optimal seeding rates of winter barley to reduce the development of reticular helminthosporiosis (*Pyrenophora teres* Drechsler). **Methods**. Observations of crops of zoned winter barley varieties were carried out during the period from germination to milky-wax ripeness. The development of plant damage by the pathogen was determined on a six-point scale, taking into account the percentage of the affected leaf area. The basis of the methodological research is: empirical (field sampling, measurement of the object of study), theoretical (hypothesis formulation and conclusions based on the results of research), mathematical. **Results**. The damage to plants by the pathogen *Pyrenophora teres* Drechsler depended on the seeding rate. It was found that with an increase in sowing density, the degree of disease development increases. During the years of research, the development of the disease when sowing winter barley with 5.5 million seeds/ha was 3.0% higher compared to the norm of 4.5 million seeds/ha and 1.2% higher than at the norm of 3.5 million. The grain yield was 0.18 t/ha less than the norm of 4.5 million seeds/ha and 0.14 t/ha less than the norm of 3.5 million seeds/ha. It was proved that a decrease in the seeding rate led to a decrease in the weight of 1000 grains by an average of 0.6 g. At the same time, there was a decrease in yield by 0.22 t/ha compared to sowing 4.5 million seeds/ha. **Conclusions**. It was found that the optimal seeding rate for winter barley in Odesa region is 4.5 million seeds per 1 ha. At reduced and increased seeding rates, the damage to plants by the pathogen *Pyrenophora teres* Drechsler increases by 1.9—3.1%, respectively. Such sowings lead to a decrease in grain yield by 0.22—0.30 t/ha compared to the sown areas where 4.5 million/ha of grains were sown.

seeding rates; disease development; winter barley; *Pyrenophora teres* Drechsler; weight of 1000 grains

Надійшла до редакції: *16.09.2024*
Прийнята до друку: *07.11.2024*
Надруковано й опубліковано онлайн: *грудень 2024*

Вітаємо!

Виповнилося 60 років від дня народження і 33 роки наукової діяльності Ігоря Васильовича Шевчука — вченого в галузі ентомології та захисту рослин, кандидата сільськогосподарських наук. Народився І.В. Шевчук 12 жовтня 1964 р. в м. Івано-Франківськ. У 1982 р. закінчив технікум по підготовці керівних кадрів колгоспів і радгоспів, після чого працював бригадиром рільничої бригади у колгоспі Рогатинського р-ну Івано-Франківської обл. 1982—1984 рр. — служба в лавах Радянської Армії. Після демобілізації працював лаборантом на Івано-Франківській науково-дослідній станції хрестоцвітих культур, агрономом колгоспу «Дружба», агрономом садівничого товариства «За мир» при Івано-Франківському міськвиконкомі, технологом у Всесоюзному науково-інформаційному центрі «Біогумус». У 1990 р. закінчив факультет захисту рослин Української сільськогосподарської академії. 1991—1994 рр. — аспірант Інституту захисту рослин УААН (науковий керівник — В.А. Гродський). Підготував і в 1995 р. захистив дисертацію на тему «Шкідлива і корисна фауна в різних типах насаджень яблуні та обґрунтування природоохоронних захисних заходів в умовах Донецької області».

З 1995 р. й донині І.В. Шевчук свою діяльність пов'язав із Інститутом садівництва Національної академії аграрних наук України. Обіймав посади молодшого наукового, наукового, старшого наукового співробітника відділу захисту рослин. З 2014 р. — завідувач сектору захисту рослин. Ним особисто було проведено багатопланові наукові дослідження щодо теоретичного обґрунтування та розроблення інтегрованого управління розвитком шкідників черешневого та сливового садів й органічного контролю з урахуванням явищ та закономірностей, що відбуваються з ентомокомплексом на біоценотичному й популяційному рівнях під дією змін технологій вирощування плодових культур. Під науковим керівництвом Ігоря Васильовича розроблено: метод обліку динаміки льоту чорного сливового трача; імітаційні моделі розвитку сисних шкідників та тих, що пошкоджують листя й плоди залежно від абіотичних предикторів; топографічне моделювання щільності популяцій сисних, а також шкідників листя й плодів на території кварталу саду; біоценотичний індекс чисельності попелиць та ентомофагів. Удосконалено метод обліку динаміки льоту вишневої мухи.

Автор понад 200 опублікованих наукових праць. Співавтор 5-ти книг по захисту плодових і ягідних культур, однієї монографії, 15-ти патентів, 45-ти рекомендацій виробництву.

За багаторічну плідну роботу І.В. Шевчук нагороджений пам'ятною ювілейною медаллю «100 років Національній Академії аграрних наук України» і почесним знаком «За вагомий внесок у розвиток садівництва».

Колективи Інституту садівництва, Інституту захисту рослин НААН, колеги щиро бажають Ігорю Васильовичу міцного здоров'я, благополуччя, родинного щастя, невичерпного оптимізму, творчих злетів та великих успіхів для блага України!

УДК: 632.95: 633.31; 543.54+543.53
© Іньхуей Чжу, Т.О. Рожкова, 2024
DOI: https://doi.org/10.36495/2312-0614.2024.4.40-44

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКІВ АТРАЗИНУ

в рослинній матриці люцерни методом надвисокоефективної рідинної хроматографії та тандемної мас-спектрометрії

[1, 2]ІНЬХУЕЙ ЧЖУ

[1, 3]Т.О. РОЖКОВА,

кандидат біологічних наук

[1]Сумський національний аграрний університет, вул. Г. Кондратьєва, 160, м. Суми, 40021, Україна;

[2]Хенаньський науково-технічний інститут, м. Сіньсян, 453003, КНР

[3]Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, вул. Академіка Заболотного, 154, м. Київ, 03143, Україна

Мета. Перевірити ефективність визначення залишків атразину в люцерні за допомогою надвисокоефективної рідинної хроматографії і тандемної мас-спектрометрії. **Методи.** Для отримання зразків провели одноразове обприскування люцерни в польових умовах. Перед визначенням залишків атразину підготували рослинний матеріал. Для цього зразки (0,2 г) подрібнили у рідкому азоті, додали 5 мл води, ацетонітрилу і ацетатної кислоти 1% для екстракції. Для очищення та концентрування додавали до 1 мл супернатанту 50 мг C_{18}, 50 мг PSA і 100 мг безводного сульфату магнію. Умови хроматографії та мас-спектрометрії: швидкість потоку 0,4 мл/хв при 40°C підтримували для розділення за допомогою хроматографічних колонок Agilent, C_{18}. Умови виявлення: температура газу десольватації — 350°C; тиск небулайзерного газу — 40,0 psi; напруга розпилення іонів — 4500 В; температура нагрівачів MS 1 і MS 2 — 300°C; цільову сполуку кількісно визначили за допомогою параметрів збору MS/MS (режим MRM). **Результати.** У діапазоні 0,01—1,0 мг/л масова концентрація гербіциду атразину та відповідна площа піку показали хорошу лінійну залежність із коефіцієнтом детермінації 0,9999. За додавання атразину 0,1—5,0 мг/кг середнє значення його вмісту в рослинах люцерни становило 102,6—107,5% за відносного стандартного відхилення 0,28—6,85%. У кінцевому результаті виявлення залишків гербіциду у люцерні за допомогою надвисокоефективної рідинної хроматографії та тандемної мас-спектрометрії його вміст становив 0,011 мг/кг (МДР у Китаї для зернових складає 0,05 мг/кг). **Висновки.** Метод має просту операцію попередньої обробки, високе середнє значення визначення та точність, хороший ефект розділення та очищення, короткий час аналізу. Він поєднує два традиційних методи в один, який є простішим і швидшим. Чутливість і відтворюваність відповідають вимогам загальних токсикологічних тестів, що було підтверджено реальними тестами. Метод придатний для виявлення залишків гербіциду в зразках люцерни.

гербіцид; рослинний зразок; межа виявлення; межа кількісного визначення

Атразин є селективним системним блокуючим досходовим і післясходовим гербіцидом, який широко використовується для контролю широколистих бур'янів на кукурудзі, пшениці, сорго та інших культурах [1—3]. Його основним механізмом дії є пригнічення перенесення електронів пластохінону в ФСІІ, переривання процесу передачі енергії, призупинення фотосинтезу та, нарешті, пригнічення росту рослин [4]. Атразин зберігається в навколишньому середовищі пів року, може надходити в річки та озера через поверхневий стік та вимивання ґрунту, забруднювати джерела води [5]. Дослідження показали, що атразин має негативний вплив на здоров'я людини, порушує діяльність ендокринної, лімфатичної, репродуктивної та імунної систем, приводячи до вад розвитку й мутації організму [6]. Атразин має тривалий період напіврозпаду в навколишньому середовищі, він часто залишається в ґрунті близько року, що може легко спричинити токсичний вплив на наступні культури [7]. Агентство з охорони навколишнього середовища США (EPA) оприлюднило остаточні результати біологічної оцінки атразину, який, як було визначено, має «потенційний несприятливий вплив (LAA)» на види та середовища проживання, тому в різних країнах посилили моніторинг цього гербіциду [8]. Люцерна є однією з найважливіших бобових культур у помірних регіонах Китаю [9]. Завдяки високому врожаю, багатій поживній цінності, хорошим смаковим якостям і високій засвоюваності вона стала всесвітньо відомою «Королевою трав» [10]. Люцерна є середовищем для існування живильних або азотфіксуючих бактерій для забезпечення органічним азотом ґрунту польової сівозміни. Широке використання та великі залишки атразину в ґрунті, ймовірно, впливають на ріст люцерни [11, 12]. Через рік після застосування атразину на кукурудзяних полях він все ще може мати вплив на чутливі до атразину культури в сівозміні [13]. Коли для виробництва кукурудзи використовується у сівозміні люцерна, залишки цього гербіциду можуть негативно позначитись на останній, додатково впливаючи на якість продуктів тваринництва, зокрема молочних [14]. Тому контроль залишків атразину в рослинах люцерни має велике значення для покращення умов довкілля та розвитку хімічного захисту культур.

В останні роки основні методи виявлення залишків атразину

включають газову хроматографію (GC) [15, 16], газову хромато-мас-спектрометрію (GC-MS) [17, 18], газову хроматографію і тандемну мас-спектрометрію (GC-MS/MS) [19] та рідинну хроматографію-тандемну і мас-спектрометрію (LC-MS/MS) [20]. Метод надвисокоефективної рідинної хроматографії та тандемної мас-спектрометрії (UPLC-MS/MS) має такі переваги, як невеликий розмір зразка, проста робота та висока точність, і поступово в останні роки почав застосовуватися для виявлення атразину [21, 22]. Нині немає даних про метод одночасного визначення залишків атразину в рослинній матриці люцерни за допомогою надвисокоефективної рідинної хроматографії і тандемної мас-спектрометрії (UPLC-MS/MS). Це дослідження дало можливість швидко виявляти залишки атразину в рослинах люцерни за допомогою методу QuEChERS для екстракції та очищення, водночас з методом UPLC-MS/MS. Метод відрізняється швидкістю, простотою, ефективністю та невисокою вартістю. Він дає можливість швидко та точно виявляти залишки атразинового гербіциду в люцерні у великих кількостях зразків.

Метою дослідження було перевірити ефективність визначення залишків атразину в люцерні методом надвисокоефективної рідинної хроматографії і тандемної мас-спектрометрії (UPLC-MS/MS).

Матеріали та методи. У березні 2022 р. в с. Піньюань, експериментальній базі Академії сільськогосподарських наук Хенань, було проведено експеримент з визначення залишків гербіцидів. Посів люцерни у фазі 3—7 листків обробили гербіцидом (38% розчином атразину) у дозі 280 мл/м^2 Оброблена площа становила 15 м^2, повторення — триразове. Після збору врожаю 1 кг рослин люцерни упакували та відправили на зберігання при –20°C для тестування. Залишки гербіциду виявляли за допомогою надвисокоефективної рідинної хроматографії та тандемної мас-спектрометрії (оснащений хроматографічною колонкою Agilent EC-C_{18}, 21 × 100 mm × 2.7 μm, Agilent Technoligies 1290, USA).

Попередня обробка зразка

Зразки по 0,2 г подрібнили до порошкоподібного стану у рідкому азоті та перенесли в гостродонну центрифужну пробірку об'ємом 50 мл. Після додавання 5,0 мл води та 10,0 мл ацетонітрилу з 1% ацетатною кислотою пробірку струшували протягом 1 хв, потім додали 1,0 г NaCl. Після струшування ще впродовж хвилини провели центрифугування при 4000 об./хв протягом 5 хв. Зібрали 1 мл супернатанту у центрифужну пробірку об'ємом 2 мл, що містила 50 мг C_{18}, 50 мг PSA і 100 мг безводного сульфату магнію. C_{18} може очищувати екстракт від білків та ДНК. PSA в основному використовують для попередньої обробки зразків та видалення залишків пестицидів, органічних кислот, пігментів, іонів металів і фенолів. Пробірку вібрували протягом 1 хв перед другим центрифугуванням при 12000 об./хв впродовж 5 хв. Остаточний супернатант (1 мл) профільтрували через фільтр 0,22 мкм у пробірку для автоматичного пробовідбору для LC-MS/MS.

Умови хроматографії та мас-спектрометрії

Швидкість потоку 0,4 мл/хв при 40°C підтримували для розділення за допомогою хроматографічних колонок Agilent, C_{18}. Використано градієнтний режим хроматографування з використанням розчинів A і B. Умовами виявлення були температура газу десольватації 350°C; тиск небулайзерного газу (N_2) 40,0 psi; напруга розпилення іонів — 4500 В; температура нагрівачів MS 1 і MS 2 — 300°C. Атразин кількісно визначили за допомогою параметрів збору MS/MS (режим MRM). Час утримування атразину становив 1,339 хв.

Результати та обговорення

1. Оптимізовані умови хроматографії та мас-спектрометрії. У режимі позитивних іонів ESI атразин може отримати стабільний і чутливий вихідний іон. Аналіз вторинного мас-спектра виконано для атразину. Умови мас-спектра, такі як дочірні іони, напруга, конус-отвір і енергія зіткнення оптимізовані, і нарешті були отримані параметри мас-спектра оптимального режиму моніторингу множинної реакції (MRM) для атразину (табл. 1).

Оптимізація рухомої фази допомагає підвищити ефективність розділення та чутливість цільової речовини [23]. Рухома фаза в експерименті складалась з A і B, де: A — ацетонітрил, B — вода; або A — ацетонітрил і B — 0,01% аміачна вода; або A — ацетонітрил і B — 0,1% водний розчин форміатної кислоти. Рухомі фази використовували для дослідження впливу на тип піку та інтенсивність реакції атразину. Результати показали, що коли A (ацетонітрил) і B (вода) використовувалися як рухома фаза, інтенсивність відповіді атразину була низькою, і спостерігався хроматографічний пік. Коли застосували як A — ацетонітрил і як B — 0,01% аміачну воду, то час утримування збільшився, форма піку була очевидно покращена, а значення відповіді підвищилось у 10 разів. Таким чином, це дослідження остаточно визначило розділення на хроматографічній колонці T3, A ацетонітрил і B 0,1% водний розчин форміатної кислоти як рухому фазу, процедуру градієнтного елюювання рухомої фази (табл. 2). За цих умов відносний час утримування атразину становив приблизно 1,366 хв (рис. 1).

1. Параметри налаштування UPLC-MS/MS для атразину

Речовина	Час утримування, хв	Кількісний та якісний іон (m/z)	Фрагментатор, V	Енергія зіткнення, eV
Атразин	1,339	216 > 174	30	17
		216 > 68,2	25	25

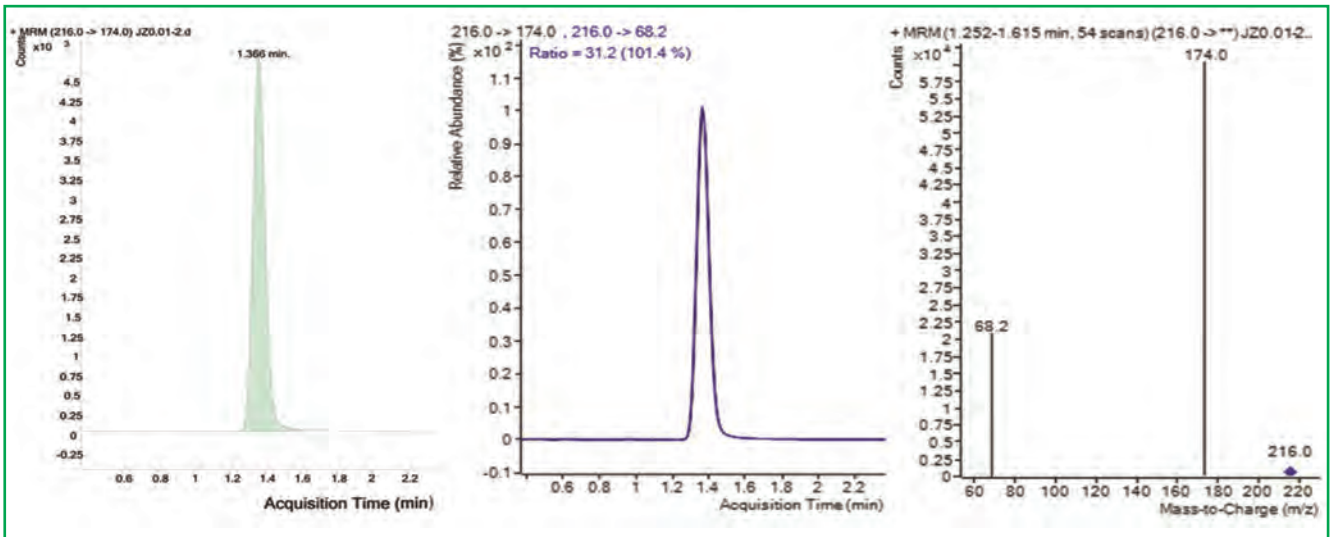


Рис. 1. Діаграма повного іонного потоку атразину

2. Градієнтні умови елюювання рухомої фази

Час, хв	Потік, мл/хв	A/%	B/%
0.00	0,4	60,00	40,00
2.00	0,4	60,00	40,00
2.00	0,4	5,00	95,00
4.00	0,4	5,00	95,00

Рис. 2. Виявлення та аналіз даних за допомогою надвисокопродуктивної рідинної хроматографії та тандемної мас-спектрометрії

2. Оптимізація методів підготовки проб. Виявлення залишків пестицидів можна загалом розділити на три частини: екстракція пестициду, очищення, аналіз пестициду. Оскільки в зразках, зібраних під час польового випробування, є багато домішок, то пестицид, який потрібно перевірити в лабораторних зразках, спочатку слід вилучити та очистити, щоб зменшити вміст інших домішок крім цільової сполуки, та відповідати вимогам визначення [24]. Щоб зменшити вплив матриці на досліджувану речовину, було досліджено вплив трьох очисників (C_{18}, PSA та C_{18} + PSA) на швидкість відновлення. Результати показали, що коли C_{18} + PSA використовувався як засіб для очищення, інтенсивність реакції двох досліджуваних речовин була найвищою. У той же час порівнювали кількості C_{18} і PSA, і результати показали, що коли кількість C_{18} і PSA досягає 100 мг, значення відповіді досліджуваної речовини досягає максимуму. Після цього інтенсивність реакції більше не зростала зі збільшенням кількості адсорбенту. Таким чином, 50 мг C_{18} + 50 мг PSA використовували як засіб для очищення перед обробкою.

3. Лінійна залежність, межа виявлення та межа кількісного визначення. Коефіцієнт детермінації (x) становив 0,9999 в діапазоні 0,01—1,00 мг/л, лінійна залежність (Y) цього методу оптимальна і описується рівнянням $Y = 1541340{,}7x + 19861{,}1$. Коефіцієнт детермінації та лінійна залежність відповідають вимогам виявлення.

4. Коректність та точність методу. Було додано три рівних концентрації змішаного стандартного розчину атразину в модельні зразки рослин люцерни, щоб провести експеримент із додаванням і виділенням, і створено п'ять паралельних груп для кожної стандартної концентрації. Після вихрового змішування застосували метод попередньої об-

робки для UPLC-MS/MS детектування і розрахунку середньої швидкості вилучення та відносного стандартного відхилення (RSD) (табл. 3).

5. Визначення фактичних проб. Залишки пестицидів, що потрапляють у природне середовище, тісно пов'язані з мікроорганізмами в ґрунті та деякими факторами зовнішнього середовища, такими як температура, вологість, pH, іони металів, світло тощо. Випробування проведено в різних регіонах і в різні часи. Екологічні та кліматичні фактори призводять до розкладання залишків хімічних пестицидів у рослинах і ґрунті. Була створена технологія швидкого виявлення залишків гербіцидів у рослинах [25—27]. Метод надвисокоефективної рідинної хроматографії та тандемної мас-спектрометрії був застосований для визначення вмісту атразину у відібраних зразках люцерни. Відповідно до GB2763-2021 Китаю, максимальна межа залишків атразину в зернових становить 0,05 мг/кг. Результати випробувань показали (за дози пестициду 280 мл/м²), що вміст атразину в зразках люцерни становив 0,011 мг/кг.

3. Середнє значення і відносне стандартне відхилення (RSD) методу

Сполука	Концентрація, мг/кг	Середнє значення, %	RSD, %
Атразин	0,1	107,5	2,8
	0,5	107,7	2,8
	5,0	102,6	6,9

ВИСНОВКИ

У дослідженні оптимальна рухома фаза та дозування адсорбенту були визначені шляхом оптимізації методу попередньої обробки зразка та параметрів приладу. На основі UPLC-MS/MS було запропоновано аналітичний метод для визначення залишків атразину в рослинах люцерни. Процедура градієнтного елюювання була короткою за часом, і залишки пестициду атразину в рослинах люцерни можна було проаналізувати за 4 хв, покращуючи ефективність виявлення. Результати показали хорошу лінійну залежність між масовою концентрацією гербіциду атразину та відповідною площею піку з коефіцієнтом детермінації 0,9999. При рівні додавання 0,1—5,0 мг/кг середнє значення становить 102,6—107,5%, відносне стандартне відхилення (RSD) — 0,28—6,85%, межа виявлення — 0,001 мкг/кг, а кількісна межа — 0,003 мкг/кг. Ці показники відповідають вимогам методу аналізу залишків. Метод є точним, надійним і відтворюваним, він має нижчу межу кількісного визначення та вищу чутливість до атразину в рослинах люцерни. Досліджений метод може стати еталонним для виявлення залишків атразину в іншій сільськогосподарській продукції.

Фінансування: дослідження проводили в рамках ключової науково-технічної програми провінції Хенань (Китай) «Дослідження та застосування технології контролю залишків гербіцидів у ґрунті» (номер гранту 168902209020).

Конфлікт інтересів: автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Cécile C.L.G., Monfort C., Rouget F., Ronan G.R., Pett C., Durand G., Cordier S. (2011). Urinary biomarkers of prenatal atrazine exposure and adverse birth outcomes in the PELAGIE birth cohort. Environ. Environ. Health Perspect, 119(7), 1034-1041. doi:10.1289/ehp.1002775

2. Kauffmann C.O.S., Bayer E.S.E.A., Raphael L.Y.S., Raphi T.M. (2000). Novel Methodology for Enzymatic Removal of Atrazine from Water by CBD-Fusion Protein Immobilized on Cellulose'. Environmental Science & Technology, 34, 1292-1296. doi:0.1021/es990754hhttps://doi.org/10.1289/ehp.1002775https://doi.org/10.1289/ehp.1002775

3. Yang X., He Y., Liu B., Guo H., Xue L., Duan Y., Hu H., Gao F., Zhou L., Zhang J.J. (2022). Alfalfa's response to atrazine stress and its secreted atrazine metabolites. Ecotoxicol Environ Saf, 241, 113-141. doi:10.1016/j.ecoenv.2022.113780

4. Hayes T.B., Collins A., Lee M., Mendoza M., Noriega N., Stuart A.A., Vonk A. (2002). Hermaphroditic, demasculinized frogs after exposure to the herbicide atrazine at low ecologically relevant dose. P. Natl. Acad. Sci, USA. 99 (8), 5476-548. doi:10.1073 pnas.082121499

5. Bethsass J., Aaron C. (2006). 'European Union Bans Atrazine, While the United States Negotiates Continued Use'. International Journal of Occupational and Environmental Health, 12, 260-67. doi:10.1179/oeh.2006.12.3.260

6. Graymore M., Stagnitti G. (2001). 'Impacts of atrazine in aquatic ecosystems'. En. vironment International, 26, 483-95. doi:10.1016/S0160-4120(01)00031-9

7. Zhang J.J., Xu F.F., Lu S.F., Jin H. (2017). 'Detoxification of atrazine by Low Molecular Weight Thiols in Alfalfa (Medicago sativa). Chem Res Toxicology, 30, 1835-46. doi:10.1021/acs.chemrestox.7b00166

8. Sass J.B., Colangelo A. (2006). European Union bans atrazine, while the United States in Medicago sativa through multiple path was. J. Agric. Food Chem, 62 (40), 9657-9668. doi:10.1179/oeh.2006.12.3.260

9. Zhang J.J., Lu Y.C., Yang H. (2014). Chemical modification and degradation of atrazine in Medicago sativa through multiple pathways. J. Agric. Food Chem, 62 (40), 9657-9668. doi:10.1021/jf503221c

10. Zhang J.J., Lu Y.C., Zhang S.H., Lu F.F., Yang H. (2016). Identification of transcriptome involved in atrazine detoxification and degradation in alfalfa (Medicago sativa) exposed to realistic environmental contamination. Ecotoxicology. Environ. Saf, 130, 103-112. doi:10.1016/j.ecoenv.2016.04.009

11. Zhang J.J., Gao S., Xu J.Y., Lu Y.C., Lu F.F., Ma L.Y., Su X.N., Yang H. (2017). Degrading and phytoextracting atrazine residues in rice (Oryza sativa) and growth media intensified by a phase-II mechanism modulator. Environ. Sci. Technol, 51, 11258-11268. doi:10.1021/acs.est.7b02346

12. Zhang J.J., Yang H. (2021). Advance in methodology and strategies to unveil metabolic mechanisms of pesticide residues in food crops. J. Agric. Food Chem, 69, 2658-2667. doi:10.1021/acs.jafc.0c08122

13. Shen D.Y., Yuan X.Y., Liu Y.H., Zhong D.L., Mo R.H., Tang F.S. (2017). Determination of 21 pesticide residues in bamboo shoots by dispersion solid phase purification and gas chromatography. Food science, 38 (16), 268-273. doi:10.7506/spkx1002-6630-201716043

14. de Koning S., Janssen H.G., Brinkman T. (2009). Modern Methods of Sample Preparation for GC Analysis. Chroma, 69 (1), 33-78. doi:10.1365/s10337-008-0937-3

15. Wittmann C. (2007). Fluxome analysis using GC-MS. Microb Cell Fact, 6, 6-12. doi:10.1186/1475-2859-6-6

16. Bim G., Gregory C., Roberts S., Decesari P.A. (2002). Willy Maenhaut P. Köll. Water-soluble organic compounds in biomass burning aerosols over Amazonia 1. Characterization by NMR and GC-MS. Journal of geophysical research, 107(12), 21-32. doi:org/10.1029/2001JD000336

17. Bai X.J., Wu Y., Niu Y., Zhao Z.D., Wang X.J. (2014). Establishment of a GC-MS/MS method for the determination of Acetochlor and atrazine residues in maize. Agricultural science of Jiangsu, 42 (11), 334-336. doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2014.11.119

18. Jia C.H., Zhu X.D., Zhao E.C., He M., Chen L., Yu P.Z., Wang J.H. (2014). Determination of Atrazine and Nicosulfuron Residues in Maize by Liquid Chromatography Mass Spectrometry. Jiangsu agricultural scien-

ces, 42(2), 253-255. doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2014.02.237

19. Guo L.Q., Xu J., Dong F.S., Liu X.G., Zheng Y.Q. (2012). Simultaneous determination of nicosulfuron atrazine and fluroxypyrin soil and corn by ultra-performance liquid chromatography-mass spectrometry. Chinese Journal of Pesticide Science, 14(2), 177-184. doi:10.3969/j.issn.1008-7303.2012.02.10

20. Wen J., Zhang L.J., Liu L.J., Gao Y.J., Bai Y.M., Li C.Z. (2023). Determination of Chlorantraniliprole, Flubendiamide and 2-Methyl-4-chlorophenoxyacetic Acid Residues in Milk by Ultra Performance Liquid Chromatography-tandem Mass Spectrometry. Acta Agriculture Universitatis Jiangxiensis, 44(5), 285–291. doi:10.13386/j.issn1002-0306.2022050039

21. Wang C.L., Liu J., Xu Z.L., Huang X.Q., Lin Z.S., Tan Q.P., Wang Y., Wang H. (2022). Determination of paraquat residues in 6 sample matrices by ultra performance liquid chromatograph-tandem mass spectrometry. Chinese Journal of Health Laboratory Technology, 42(12), 2155-2162. doi:10.6155/j.0254-1793.2022.12

22. Cheng W.l., Song W.Y., Wang H.D. Xu T.X., Wu C.l., Wang C.J., Yang D. S. (2023). Determination of Residual Degradation of S-Metolachor residue in Soil and Sugar Beet by Qu EChERS-GC/MS. Xinjiang Agricultural Sciences, 60(3), 706-714. doi:10.6048/j.issn.1001-4330.2023.03.022

23. She L.K., Hu D.Y., Zhang Y.P., & Zhang K.K. (2012). Characteristics of Hydrolysis and Photolysis of Candidate Pesticide Cyanonitrate. Pesticide, 51(8), 75-577. doi:0.16820/j.cnki.1006-0413.2012.08.009

24. Strathmann T.J., Stone A.T. (2001). Reduction of the carbamate pesti-cides oxamyl and methomyl by dissolved Fe II and Cu I. Environmental Science & Technology. Pesticide, 35(12), 2462-469. doi:10.1021/es001824j

25. Tian Q., Zhou Z.Q., Ren L.P., Jiang S.R., Yang L. (2005). Research progress on photochemical degradation of pesticides in waterbodies. Pesticide, 44(6), 247-230. doi:10.16820/j.cnki.1006-0413.2005.06.002

26. Cheng W.L., Song W.Y., Wang H.D., Xu T.X., Wu C.L., Wang C.J., Yang D.S. (2023). Determination of Residual Degradation Dynamics of Proisochlor Alachlor in Soil and Beet Based on Qu EChERS GC/MS. Xinjiang Agricultural Sciences, 60(3), 706-714. doi:10.6048/j.issn.1001-4330.2023.03.022

27. Yu Q., Zhang P., He Y., Xu Z., He X., Hu Y., Zhang H., He L. (2019). Dissipation Dynamics and Residue of Four Herbicides in Paddy Fields Using HPLC-MS/MS and GC-MS. Int. J. Environ. Res. Public Health, 16(2), 236. doi:10.3390/ijerph16020236.

[1,2]Zhu Yinghui
ORCID: 0000-0001-7860-1111
[1,3]Rozhkova T.
ORCID: 0000-0002-0791-9736
[1]Sumy National Agrarian University, 160, G. Kondratieva str., Sumy, 40021, Ukraine
[2]Henan Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou, 450000, China
[3]Institute of Microbiology and Virology named after D.K. Zabolotny National Academy of Sciences of Ukraine, 154, Zabolotny str., Kyiv, 03143, Ukraine

Determination of atrazine residues in alfalfa plant matrix by ultra-high-performance liquid chromatography and tandem mass spectrometry

Goal. The purpose of this study was to verify the effectiveness of determination of atrazine residues in alfalfa using ultra-high-performance liquid chromatography and tandem mass spectrometry. **Methods.** To obtain samples, alfalfa was sprayed once in the field. Plant material was prepared before determination of atrazine residues. For this, the samples (0.2 g) were crushed in liquid nitrogen, 5 ml of water, acetonitrile, and 1% acetic acid were added for extraction. For purification and concentration, 1 mL of supernatant was added to 50 mg of C_{18}, 50 mg of PSA, and 100 mg of anhydrous magnesium sulfate. Chromatography and mass spectrometry conditions: flow rate of 0.4 mL/min at 40°C was maintained for separation using Agilent, C_{18} chromatographic columns; detection conditions — desolvation gas temperature and flow 350°C, respectively; nebulizer gas pressure 40.0 psi; ion spray voltage 4500 V; the temperature of the heater MS 1 and MS 2 is 300°C; target compound was quantified using MS/MS acquisition parameters (MRM mode). **Results**. In the range of 0.01—1.0 mg/L, the mass concentration of atrazine herbicide and the corresponding peak area showed a good linear relationship, with a coefficient of determination of 0.9999. When adding atrazine at 0.1—5.0 mg/kg, the average value of its content in alfalfa plants was 102.6%—107.5%, and the relative standard deviation was 0.28%—6.85%. The final residue detection result in alfalfa by ultra-high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry was 0.011 mg/kg (the maximum permissible level in China for cereals is 0.05 mg/kg). **Conclusions.** The method has simple pretreatment operation, high average detection value and precision, good separation and purification effect, short analysis time, and is suitable for the detection of atrazine. It combines two traditional methods into one that is simpler and faster. The sensitivity and reproducibility meet the requirements of general toxicological tests, which have been confirmed by real tests. The method is suitable for the actual needs of detecting herbicide residues in alfalfa samples.

herbicide; plant sample; limit of detection; limit of quantitation

Надійшла до редакції: *05.08.2024*
Прийнята до друку: *04.10.2024*
Надруковано й опубліковано онлайн: *грудень 2024*

АСПІРАНТУРА ІНСТИТУТУ ЗАХИСТУ РОСЛИН НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ

В Інституті захисту рослин НААН майже 80 років здійснюється підготовка наукових кадрів вищої кваліфікації через аспірантуру та докторантуру. Згідно з отриманою 2016 року ліцензією провадиться підготовка докторів філософії за галуззю знань 20 — Аграрні науки та продовольство зі спеціальності 202 «Захист і карантин рослин», за двома спеціалізаціями: фітопатологія і ентомологія.

Наказом по Інституту захисту рослин НААН від 08.07.2022 р., відповідно до рішення Вченої ради (протокол №3 від 07.06.2022 р.), в установі відкрито докторантуру зі спеціальності 202 «Захист і карантин рослин» за спеціалізацією ентомологія.

Нині в аспірантурі Інституту захисту рослин НААН навчається 15 аспірантів, з них 5 — за держзамовленням (денна) і 10 на контрактній основі (денна). В докторантурі — 1 докторант.

Наукове керівництво аспірантами й докторантами здійснюють чотири доктори, з них один академік НААН, і 4 кандидати наук.

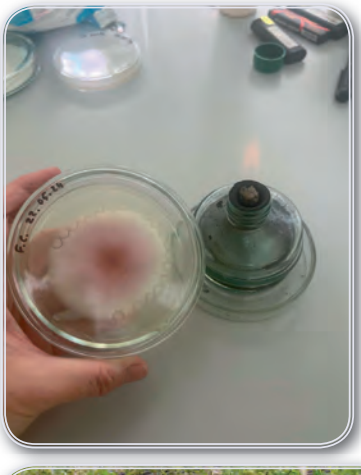
Багато з тих, хто пройшов навчання в Інституті захисту рослин НААН через аспірантуру і став кандидатом або доктором наук, у подальшому працювали й нині працюють в установах Національної академії наук України та Національної академії аграрних наук України, а також у вищих навчальних закладах Міністерства освіти і науки України, Апараті Президії НААН, управлінні Держпродспоживслужби України, аграрних фірмах, обіймаючи високі посади.

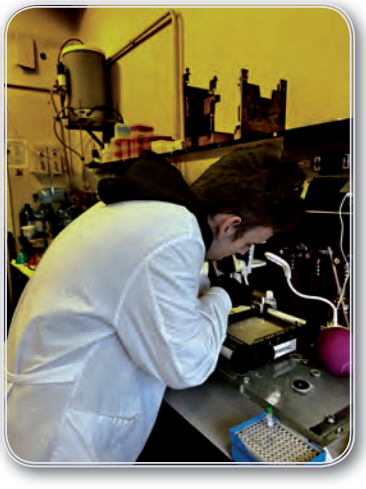
Підготовка в аспірантурі Інституту захисту рослин НААН здійснюється за рахунок:

- коштів Державного бюджету України (якщо третій ступінь вищої освіти громадянин здобув вперше за кошти державного бюджету);
- коштів юридичних та фізичних осіб (на умовах контракту).

Строк підготовки:

- очна форма (за держзамовленням) — 4 роки.





Завідувачка сектору підготовки наукових кадрів — Ольга Миколаївна Гончаренко,
кандидатка сільськогосподарських наук,
старша наукова співробітниця

Тел.: +38 (099) 075-51-66;
E-mail: *snk_ipp@ukr.net*
Web-site: *http://ipp.gov.ua*

МИХАЙЛО ПАВЛОВИЧ ЛІСОВИЙ – ЖИТТЯ ПРИСВЯЧЕНЕ ЗАХИСТУ РОСЛИН

Виповнилось 90 років від дня народження доктора біологічних наук, професора, академіка Національної академії аграрних наук України (НААН), відомого українського вченого у галузі генетики імунітету, фітопатології та захисту рослин, зарубіжного члена Польської академії наук та лауреата Державної премії України, заслуженого діяча науки і техніки України — Михайла Павловича Лісового.

Народився Михайло Павлович 4 січня 1935 р. у с. Коврай Другий Золотоніського р-ну Полтавської обл. (нині Черкаської обл.). У 1959 р. закінчив агрономічний факультет Української сільськогосподарської академії. Впродовж 1959—1961 рр. завідував фітопатологічною дільницею кафедри фітопатології Української сільськогосподарської академії в навчальному господарстві «Митниця».

56 років трудова та наукова діяльність вченого була пов'язана з Інститутом захисту рослин НААН України: 1961—1964 рр. — аспірант (науковий керівник — відомий фітопатолог академік В.П. Пересипкін); 1964—1986 — молодший науковий співробітник, завідувач відділу фітопатології; 1966—2012 — завідувач заснованої ним лабораторії імунітету сільськогосподарських рослин до хвороб; 1986—2003 — директор; 2003—2011 — радник дирекції; у 2012—2017 рр. — головний науковий співробітник лабораторії імунітету сільськогосподарських рослин до хвороб. У 1991—1996 рр. Михайло Павлович — академік-секретар Відділення рослинництва Української академії аграрних наук (тепер НААН).

Впродовж 1986—2003 рр. був членом правління Європейської і Середземноморської організації з вивчення іржастих хвороб зернових культур, членом Міжнародної організації з біологічного захисту рослин. Встановив творчі зв'язки Інституту захисту рослин НААН з науковими установами 15-ти провідних країн, серед яких Великобританія, Швеція (1976 року нагороджений срібною медаллю Карла Ліннея), Канада, США, Німеччина, Голландія, Китай, Японія, Індія, Ізраїль, Туреччина, Іспанія, Фінляндія, Італія, Данія. Підтримувався тісний зв'язок і співпраця з Інститутом охорони рослин Польської академії наук.

М.П. Лісовий — автор фундаментальних та прикладних досліджень з імунітету рослин до хвороб, створення стійких до фітопатогенів сортів і гібридів сільськогосподарських культур. Він бачив галузь захисту рослин як складне поєднання багатьох напрямів сільськогосподарської науки, в якій фундаментальні (академічні) дослідження мають перспективу чіткого впровадження через наукову практику в аграрне виробництво.

Наукові надбання М.П. Лісового — це понад 330 наукових праць, із яких 30 у зарубіжних журналах, 7 монографій, підручник для аграрних вищих навчальних закладів «Імунітет рослин», 7 методичних вказівок, 9 авторських свідоцтв та патентів. Ним підготовлено 30 кандидатів та 5 докторів наук і тим самим створено наукову школу імунологів в Україні. Учні Михайла Павловича працюють в аграрному бізнесі, в науково-дослідних установах, в іноземних фірмах. Деякі з них до цього часу працюють в лабораторіях ІЗР НААН.

Життя вченого продовжується і нині — у роботах його учнів-науковців.