

КАРАНТИН і ЗАХИСТ РОСЛИН

№2
Червень
2023 р.



Контроль мікозів
цибулі ріпчастої
(стор. 3)



Проти імаго ЗКЖ
(стор. 25)



Нові локалітети ЕПН
(стор. 39)



Науково-виробничий журнал

КАРАНТИН У 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

Червень 2023 №2 (273)

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

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

Л.Л. Гаврилюк, канд. с.-г. наук

О.О. Іващенко, д-р с.-г. наук

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

Ю.Е. Ключковський, д-р с.-г. наук

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

В.І. Крутякова, канд. екон. наук

Г.М. Лісова, канд. біол. наук

Л.Т. Міщенко, д-р біол. наук, проф.

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 М.В. Круть, канд. біол. 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

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

L. Havryliuk, Candidate of Agricultural Sciences

O. Ivashchenko, Doctor of Agricultural Sciences

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

Yu. Klechkovskyi, Doctor of Agricultural Sciences

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

V. Krutiakova, Candidate of Economics Sciences

G. Lisova, Candidate of Biological Sciences

L. Mishchenko, Doctor of Biological Sciences, Professor

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, (Netherlands)

Scientific editor M. Krut, Candidate of Biological Sciences

Editor T. Volianska

Computer layout and design N. Honcharuk

Editor of English texts M. Vlasova

У номері

CONTENTS

SCIENTIFIC RESEARCH

Fungicidal control of the most common onion mycoses during the growing season

Borzykh O., Sergienko V., Dzham M., Shyta O., Mykhaylenko S. 3

Screening of potato breeding lines for the potato virus Y resistance genes *Ry_{chc}* and *Ry_{adg}*

Kyrychenko S., Kozub N. 9

Determination of pesticide toxicity parameters using probit-analysis

Shevchuk O., Vlasova O., Shevchuk I., Stefkiivska Yu. 14

Self-regulation of insect communities in agroecosystems of organic farming systems

Sabluk V., Zapolska N., Shendryk K., Dimitrov V. 20

MEANS AND METHODS

Effectiveness of insecticides against the adult stage of western corn beetle (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1868)

Saliienko V., Fedorenko V. 25

Effectiveness of herbicide application with plant growth regulators and microfertilizer in late crops of winter wheat

Hutianskyi R. 33

NEMATODES

New locality records for *Steinernema* and *Heterorhabditis* (Nematoda: Rhabditida: Steinernematidae, Heterorhabditidae) fauna of Ukraine

Kovtun A. 39

Наукові дослідження

3 Фунгіцидний контроль найбільш поширених мікозів цибулі ріпчастої в період вегетації

Борзих О.І., Сергієнко В.Г., Джам М.А., Шита О.В., Михайленко С.В.

9 Скринінг ліній картоплі за генами стійкості *Ry_{chc}* та *Ry_{adg}* проти вірусу Y картоплі

Кириченко С.О., Козуб Н.О.

14 Визначення показників токсичності пестицидів методом пробіт-аналізу

Шевчук О.В., Власова О.Г., Шевчук І.В., Стефківська Ю.Л.

20 Саморегуляція угруповань комах в агроценозах центральної частини Лісостепу України

Саблук В.Т., Запольська Н.М., Шендрік К.М., Димитров В.Г.

Засоби і методи

25 Ефективність інсектицидів проти імаго західного кукурудзяного жука (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1868)

Салієнко В.О., Федоренко В.П.

33 Ефективність застосування гербіцидів із регуляторами росту рослин і мікродобривом у пізніх посівах пшениці озимої

Гутянський Р.А.

Нематоди

39 Нові знахідки локалітетів ентомопатогенних нематод родів *Steinernema* та *Heterorhabditis* (Nematoda: Rhabditida: Steinernematidae, Heterorhabditidae) фауни України

Ковтун А.М.



Рекомендовано до друку
Вченою радою Інституту захисту
рослин НААН України,
Протокол № 6 від 31.05.2023 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
Національної академії аграрних
наук України

Передплатний індекс видання — **74668**

Зареєстровано 07.08.2017 р.

Свідоцтво про державну реєстрацію
серія КВ № 22870-12770ПР

Підп. до друку 08.06.2023 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; 257-13-80

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

© «Карантин і захист рослин», 2023

ФУНГІЦИДНИЙ КОНТРОЛЬ НАЙБІЛЬШ поширених мікозів цибулі ріпчастої в період вегетації

Мета. Дослідити ефективність фунгіцидного контролю найбільш поширених хвороб цибулі ріпчастої в період вегетації. **Методи.** Інформаційно-аналітичний (збір матеріалів і аналіз літературних джерел), польові дослідження (закладання дослідів, проведення обробок і обліків ураження рослин хворобами, спостереження за розвитком рослин, збір урожаю), фітопатологічні (визначення та ідентифікація збудників хвороб), математико-статистичний (обробка результатів досліджень). Досліди проводили на різних сортах і гібридах з використанням сучасних фунгіцидів з різними діючими речовинами. **Результати.** У роки досліджень на посівах цибулі ріпчастої домінували мікози, а саме — пероноспороз, альтернаріоз, стемфіліоз, фузаріозне в'янення. Пероноспороз і плямистості листя спостерігали на всіх сортах і гібридах. Досліджувані фунгіциди найбільш ефективно контролювали розвиток пероноспорозу цибулі. Їхня ефективність протягом вегетаційного сезону в середньому становила 55,1—100% залежно від препарату, ступеня розвитку хвороби та сорту. Найвищу ефективність проти пероноспорозу цибулі забезпечили фунгіциди Фанданго 200 ЕС, КЕ (флуоксистробін, 100 г/л + протіоконазол, 100 г/л) у нормі 1,25 л/га та Сігнум ВГ (боскалід, 267 г/кг + піраклостробін, 67 г/кг) — 1,5 кг/га. Проти плямистостей листя (альтернаріозу та стемфіліозу) ефективність фунгіцидів становила 45,8—89,1%, проти фузаріозу — 57,9—70,5%. Обробки фунгіцидами, завдяки зниженню ураження рослин хворобами, сприяли підвищенню врожайності цибулі ріпчастої на 1,3—6,9 т/га, залежно від сорту та препарату. Серед досліджуваних сортів найвищу врожайність отримано на сорті Медуза (40,7 т/га), серед фунгіцидів найвищий приріст урожаю забезпечив фунгіцид Фанданго 200 ЕС, КЕ (1,25 л/га). **Висновки.** Фунгіциди ефективно контролювали основні мікози цибулі ріпчастої (пероноспороз, альтернаріоз, стемфіліоз та фузаріозне в'янення) в період ве-

О.І. БОРЗИХ,
доктор сільськогосподарських наук,
академік НААН
¹В.Г. СЕРГІЄНКО,
кандидат сільськогосподарських наук
²М.А. ДЖАМ,
кандидат сільськогосподарських наук
³О.В. ШИТА,
кандидат сільськогосподарських наук
⁴С.В. МИХАЙЛЕНКО,
кандидат сільськогосподарських наук
Інститут захисту рослин НААН,
вул. Васильківська, 33, м. Київ,
03022, Україна
e-mail: ¹v-serg@ukr.net,
²mayadzham@gmail.com,
³oksanashitaya@ukr.net,
⁴mvszveta@gmail.com

тації. Ефективність фунгіцидів проти хвороб цибулі становила 45,8—100% залежно від виду захворювання, препарату і сорту культури. Найвищий захисний ефект фунгіциди забезпечили проти пероноспорозу цибулі. Урожайність досліджуваних сортів і гібридів за рахунок зниження ураженості рослин хворобами підвищилась в середньому на 5—25%. Найвищу технічну ефективність проти виявлених хвороб та приріст урожаю цибулі одержано за використанням фунгіциду Фанданго 200 ЕС, КЕ з нормою витрати 1,25 л/га.

хвороби; фунгіциди; сорти; ефективність; урожайність

Цибуля (*Allium cepa* L.) — цінна овочева культура, яку вирощують практично в усьому світі. Вона популярна, в першу чергу, завдяки своєму пікантному смаку і корисним властивостям. Цибуля багата вітамінами груп А, В, С, мікроелементами й ефірними маслами. Крім того, сік цибулі вважається природним антибіотиком.

В Україні цибулю вирощують

на площі майже 55 тис. га, що становить 12,3% площі, зайнятої овочевими культурами. Урожайність цибулі ріпчастої становить в середньому 17,8 т/га. За обсягами виробництва Україна входить у десятку великих виробників цибулі в світі. В овочевому споживчому наборі українця цибуля становить 21% [1].

Значною перешкодою у вирощуванні цибулі ріпчастої є розвиток фітопатогенних організмів, які можуть уражувати рослини протягом періоду вегетації. Втрати врожаю цибулі від хвороб становлять 20—25%, а в період епіфітотій — значно більше. Найбільш поширеними та небезпечними хворобами цибулі в період вегетації в усьому світі є несправжня борошниста роса, або пероноспороз, альтернаріоз, стемфіліоз, шийкова гниль, фузаріоз, іржа [2—4]. За даними Держпродспоживслужби України в 2021 р. пероноспороз виявляли на 17—80% обстежених площ, альтернаріоз — на 1—6% площ з розвитком хвороби 2—10%.

За даними багатьох авторів найпоширенішим і небезпечним захворюванням цибулі, що потребує належного захисту, є пероноспороз, який викликає гриб *Peronospora destructor* Casp [5—7]. Особливо значної шкоди хвороба завдає насінникам цибулі. М.В. Steentjes та інші (2021) стверджують, що серйозні втрати врожаю спричиняють гриби роду *Botrytis* [8]. Автори виділили 4 види (*B. scumosa*, *B. allii*, *B. aclada*, *B. byssoidea*), які загрожують виробництву цибулі. Деякі види викликають безсимптомне зараження рослин у полі, що ускладнює прогнозування захворювання шийковою гниллю у сховищах. За даними

N. Rasiukevičiūtė та ін. (2016) ураження *Botrytis* spp. спричиняє втрати врожаю до 50% [9].

Серйозною загрозою для виробництва цибулі є фузаріозна гниль. Вона знижує урожай на 8% [10]. За даними Le D. та ін. (2021) фузаріозна гниль цибулі, яка передається через ґрунт, уражує всі види цибулі. Гниль викликається кількома видами гриба *Fusarium*, серед яких *F. oxysporum* і *F. proliferatum* є найбільш поширеними. Широка різноманітність видів ускладнює контролювання хвороби [11]. В останні роки на комерційних полях цибулі в різних регіонах дослідники спостерігали спалахи стемфіліозу листя, який викликає гриб *Stemphylium vesicarium* [12]. Розвитку фітопатогена сприяла тепла і волога погода. Nau F.S. та інші (2019) стверджують, що поява стемфіліозу цибулі пов'язана зі стійкістю до фунгіцидів [13]. На півдні України (в Одеській обл.) Клечковським Ю.Е. разом зі співавторами виявлено ураження цибулі стемфіліозом та ідентифіковано 3 види гриба *Stemphylium*, а саме: *S. vesicarium* (Wallr.) Simm, *S. botryosum* Wallr., *S. herbarum* Simm [14]. Серед плямистостей листя цибулі значне поширення має також пурпурова плямистість, спричинена грибом *Alternaria porri* (Ellis) Cif [15, 16]. Інші автори зазначають, що грибкові захворювання, виявлені на цибулевих формах, належали до видів *Aspergillus*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Scopulariopsis*, *Curvularia*, *Rhizopus*, де *Aspergillus niger* мав найвищу частоту трапляння (99,0%) серед усіх відібраних зразків цибулі [17]. Одержані дані спонукали фермерів звернути увагу на санітарію полів і застосувати протруювання насіння перед сівбою.

Отже, для одержання високого і якісного врожаю цибулі необхідні своєчасне виявлення захворювань та проведення ефективних профілактичних і захисних заходів. Велике значення має агротехніка. Це, насамперед, дотримання сівозміни, просторової ізоляції між посівами різних форм цибулі (сіянки, чорнушки, посадки

насінників), внесення збалансованих норм мінеральних добрив, використання стійких сортів [3].

Для своєчасного виявлення хвороб цибулі необхідно протягом усього вегетаційного періоду проводити фітосанітарний моніторинг і вести спостереження за метеорологічними показниками. Адже погодні умови значною мірою впливають на появу захворювань та розвиток тих чи інших фітопатогенів у період вегетації. N. Rasiukevičiūtė зі співавторами (2016) розробили модель прогнозування появи захворювання, викликаного *Botrytis* spp., залежно від метеорологічних умов [9].

Ефективним проти багатьох хвороб цибулі є використання фунгіцидів. Досліджено ряд фунгіцидів різної дії та визначено їхню ефективність проти багатьох грибних хвороб цибулі [2, 6, 7, 15, 16, 18–20].

Ринок засобів захисту рослин пропонує проти хвороб цибулі низку фунгіцидів системної, контактної та системно-контактної дії. Фунгіциди системно-контактної дії, завдяки активним інгредієнтам, проявляють потужну захисну дію проти різних класів фітопатогенів. Діючі речовини фунгіцидів мають акропетальне, базипетальне або транслямінарне поширення по рослині, швидко поглинаються листковою поверхнею, захищаючи новий приріст.

Мета роботи полягала у дослідженні ефективності фун-

гіцидного контролю найбільш поширених хвороб грибної етіології цибулі ріпчастої в період вегетації.

Матеріал і методи досліджень.

Роботу проводили у 2013–2014 та 2019–2020 роках в господарствах Київської і Черкаської областей, що відносяться до зони Правобережного Лісостепу України. Ґрунт дерново-підзолистий (Черкаський р-н Черкаської обл. та Фастівський р-н Київської обл.) та чорнозем малогумусний (Білоцерківський р-н Київської обл.), рН 5,9–6,3, вміст гумусу в місцях проведення досліджень знаходився на рівні 2,1–2,9%. Агротехніка вирощування загальноприйнята для даної зони. Висівали насіння сівалкового висіву з розрахунку 2,5–3,0 кг/га, стрічками по 4 рядки з міжряддям 25 см, відстань між стрічками 50 см (рис. 1). Площа дослідних ділянок становила 20–25 м², повторність — 4-разова. Досліди проводили згідно із загальноприйнятими методиками [21] у 2013–2014 рр. на сортах Медуза, Стригунівська носівська, Халцедон та гібридах Солюшен F₁ і Франциско F₁, а у 2019–2020 рр. — на сорті Глобус.

Для захисту цибулі ріпчастої від хвороб обприскували рослини в період вегетації, двічі за сезон, з інтервалом 12–14 діб, фунгіцидами:

- системної дії — Квадріс 250 SC, КС (азоксистробін,



Рис. 1. Посіви цибулі ріпчастої (Київська обл., Білоцерківський р-н)

250 г/л), Міравіс 200 SC, КС (підіфлуметофен, 200 г/л);

- **системно-контактної дії** — Акробат МЦ, в.г. (диметоморф, 90 г/кг + манкоцеб, 600 г/кг), Орвего, КС (амектоктрадин, 300 г/л + диметоморф, 225 г/л), Ридоміл Голд МЦ 68 WG, ВГ (металаксил-М, 40 г/кг + манкоцеб, 640 г/кг), Сігнум, ВГ (боскалід, 267 г/кг + піраклостробін, 67 г/кг), Фанданго 200 ЕС, КЕ (флуоксистробін, 100 г/л + протіокназол, 100 г/л).

Перше обприскування проводили за появи перших ознак хвороби. Кожний препарат досліджували не менше двох років на одному і тому ж сорті.

Протягом періоду вегетації цибулі відбирали зразки для визначення збудників хвороб згідно з методами фітопатологічних досліджень [22] та проводили спостереження за розвитком рослин і обліки ураження рослин хворобами протягом всього періоду вегетації від появи перших ознак хвороби до закінчення вегетації. Визначали розвиток хвороб, технічну ефективність препаратів, урожайність культури.

Статистичну обробку результатів досліджень здійснювали з використанням комп'ютерної програми «Statgraphics Plus».

Результати. Поява і розвиток хвороб значною мірою залежать від погодних умов сезону вирощування. В усі роки досліджень середньодобова температура повітря протягом періоду травень — серпень переважала середньо-

1. Метеорологічні показники у роки досліджень (за період травень — серпень)

Роки	Середньодобова температура повітря, °С		Сума опадів, мм		ГТК
	фактична	норма	фактична	норма	
Київська обл. (метеопост м. Біла Церква)					
2013	19,5	17,3	283	304	1,2
2014	18,8	17,3	335	304	1,45
Київська обл. (метеопост м. Фастів)					
2013	19,2	17,2	265	304	1,1
2014	18,9	17,2	470	304	2,0
Черкаська обл. (метеопост м. Черкаси)					
2019	20,2	18,2	75,5	271	0,31
2020	19,3	18,2	176,9	271	0,75

багаторічний показник на 1,1—2,4°C (табл. 1). Опади протягом вегетаційних періодів випадали здебільшого нерівномірно. Найбільш посушливими були липень і серпень. Якщо в Київській області кількість опадів знаходилась практично в межах норми, то в Черкаській фіксували значний дефіцит вологи. Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) у Білоцерківському р-ні Київської обл. становив 1,2—1,45, що вказує на оптимальний рівень забезпечення території вологою. У Фастівському р-ні ГТК у 2013 р. знаходився на рівні 1,1, а у 2014 р. — на рівні 2,0, що свідчить про надмірне зволоження, оскільки за сезон опадів випало в 1,6 раза більше за норму. У Черкаській обл. ГТК в період вегетації знаходився на рівні 0,31—0,75, що свідчить про слабке і недостатнє зволоження території.

Серед хвороб цибулі ріпчас-тої на досліджуваних сортах до-

мінували мікози — несправжня борошниста роса або пероноспороз, альтернаріоз, стемфіліоз і фузаріозне в'янення. За результатами фітопатологічного аналізу встановлено, що альтернаріоз цибулі викликали гриби *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. та *Alternaria porri* (Ell.) Saw., стемфіліоз — *Stemphylium allii* Oudem., фузаріозне в'янення — *Fusarium oxysporum* Schlecht.

Найвищий ступінь розвитку пероноспорозу, альтернаріозу, та фузаріозного в'янення виявляли у Київській обл. на сорті Стригунівська носівська. Наприклад, розвиток пероноспорозу в контролі становив 12,5—40,7%, альтернаріозу — 10,5—22,3%, фузаріозного в'янення — 7,2—34,2% (табл. 2). Значний розвиток пероноспорозу спостерігали, як правило, у роки з достатнім рівнем зволоження. Перші симптоми ураження проявляються у вигляді світло-жовтих плям, які згодом

2. Розвиток хвороб цибулі ріпчас-тої в період вегетації на природному інфекційному фоні у роки досліджень

Роки досліджень	Місце проведення досліджень	Сорт, гібрид	Розвиток хвороб цибулі, % ($\bar{X} \pm S_x$)*					
			пероноспороз		плямистості листя (альтернаріоз, стемфіліоз)		фузаріозне в'янення	
			на початку вегетації	наприкінці вегетації	на початку вегетації	наприкінці вегетації	на початку вегетації	наприкінці вегетації
2013—2014	Фастівський р-н	Халцедон	7,3 ± 1,6	39,5 ± 3,6	4,9 ± 1,2	27,1 ± 3,5	—	—
		Стригунівська носівська	12,5 ± 2,1	40,7 ± 4,1	10,5 ± 2,5	22,3 ± 3,8	7,2 ± 1,9	34,2 ± 3,2
		Медуза	7,5 ± 2,3	22,3 ± 2,8	5,3 ± 1,8	30,0 ± 2,6	3,5 ± 1,1	19,2 ± 2,4
	Білоцерківський р-н	Солюшен F1	9,4 ± 3,1	30,0 ± 3,2	5,0 ± 1,3	22,1 ± 2,7	1,2 ± 0,3	10,5 ± 2,1
		Франциско F1	9,2 ± 2,5	20,8 ± 3,5	7,5 ± 2,1	28,9 ± 3,1	2,3 ± 0,2	7,8 ± 1,5
2019—2020	Черкаський р-н	Глобус	7,8 ± 2,1	11,5 ± 2,2	6,6 ± 1,9	9,6 ± 2,1	—	—

*Середні арифметичні значення та їхні стандартні похибки ($\bar{X} \pm S_x$).

темнішають і покриваються світло-сірим, або сіро-фіолетовим нальотом, що являє собою спороношення патогена (рис. 2).

З початком формування врожаю (2-га половина червня — перша декада липня) розвиток пероноспорозу за сприятливих умов досягав 20—40%. Сильне ураження пероноспорозом фіксували також на сорті Халцедон — до 39,5%, гібриді Солюшен F₁ — до 38%, на сорті Медуза — до 22,3%.

З настанням сухої спекотної погоди відбувався масовий розвиток інфекцій, викликаних некротрофними грибами родів *Alternaria*, *Stemphylium*, *Fusarium*, що заселяли ослаблені рослини цибулі. Альтернاریоз проявлявся у вигляді темно-коричневих, або чорних, концентричних плям, внаслідок чого листки жовтіли і засихали. Стемфіліоз (чорно-сіра плямистість) проявлявся у вигляді темно-коричневих випуклих плям з сірим нальотом. Фузаріоз виявляли у вигляді в'янення листків, які ставали ніби варені (рис. 3, 4).

Найбільший розвиток альтернاریозу та стемфіліозу на контрольних ділянках наприкінці вегетації (III декада липня) зафіксовано на сорті Медуза (до 30,0%), на гібриді Франциско F₁ (28,9%), на сорті Халцедон (27,1%), фузаріозного в'янення — на сорті Стригунівська носівська (до 34,2%). Найменшим рівнем розвитку захворювань характеризувався сорт Глобус: ураження альтернاریозом і стемфіліозом становило 6,6—9,6%, пероноспорозом — 7,8—11,5% (табл. 2). Ураження пероноспорозом та альтернاریозом було присутнє у роки досліджень на всіх сортах і гібридах. Ураження фузаріозним в'яненням не виявлено на сортах Халцедон та Глобус, стемфіліозом — на сортах Стригунівська носівська та Халцедон. Очевидно, на ступінь розвитку хвороб на сортах і гібридах у роки досліджень значною мірою впливали як погодні умови, так і сортові особливості.

Обробки фунгіцидами суттєво обмежували розвиток хвороб



Рис. 2. Ураження рослин цибулі пероноспорозом



Рис. 3. Ураження листків цибулі альтернاریозом



Рис. 4. Симптоми фузаріозного в'янення на листках цибулі

цибулі в період вегетації. Ступінь розвитку хвороб на різних сортах і гібридах за використання фунгіцидів був у 2—4 рази меншим, ніж у контролі.

Найвищою ефективністю проти пероноспорозу цибулі на всіх сортах характеризувалися фунгіциди Фанданго 200 ЕС, КЕ з нормою витрати 1,25 л/га та Сігнум, ВГ — 1,5 кг/га. За період спостережень ефективність Фанданго 200 ЕС, КЕ становила від 70,4% на сорті Халцедон, фунгіциду Сігнум, ВГ — від 72,7% на гібриді Солюшен F₁ і до 100,0% обох препаратів на сорті Глобус (табл. 3). Фунгіциди Акробат МЦ, в.г., Квадріс 250 SC, Міравіс 200 SC, КС, Ридоміл Голд МЦ, 68 WG, ВГ, Орвего, КС, контролювали розвиток пероноспорозу на різних сортах на рівні 55,1—76,5%.

Альтернативіоз і стемфілфоз досліджувані фунгіциди стримували від 45,8% (Квадріс 250 SC, КС, 0,6 л/га, сорт Медуза) до 84,7% (Міравіс 200 SC, КС, 0,5 л/га, сорт Глобус). Ефективність фунгіцидів проти фузаріозного в'янення цибулі становила від 57,9% (Ридоміл Голд МЦ, 68 WG, ВГ, сорт Стригунівська носівська) до 70,5% (Фанданго 200 ЕС, КЕ, гібрид Солюшен F₁).

Обробки фунгіцидами завдяки

зниженню ураження цибулі ріпчастої хворобами сприяли підвищенню її врожайності. Додатково збережений урожай на різних сортах і гібридах становив від 1,3 до 6,9 т/га, тобто урожайність цибулі за обробки фунгіцидами зросла на 5,0—25,0% (табл. 3). Урожайність сортів цибулі без обробки фунгіцидами становила, т/га: Глобус — 26,2; Медуза — 40,7; Солюшен F₁ — 25,8; Стригунівська носівська — 15,4; Франциско F₁ — 20,0; Халцедон — 27,6. Найвищий приріст урожаю забезпечив фунгіцид Фанданго 200 ЕС, КЕ, 1,25 л/га: від 13,1% на сорті Медуза до 25,0% на сорті Халцедон.

Обговорення. Оцінку ефективності фунгіцидів проти хвороб цибулі проводили багато дослідників у різних країнах. Develash K., Sugha S.K., (1997) провели дослідження з оцінки 13-ти фунгіцидів *in vitro* проти *Peronospora destructor* [6]. Вони встановили, що найвищу чутливість гриб виявляє до металаксу (фунгіцид Ридоміл МЦ), а найменшу — до фосетил алюмінію (фунгіцид Альет). Обприскування рослин Ридомілом у полі проти пероноспорозу забезпечило зниження ураження на 85%. За даними інших дослідників,

які вивчали ефективність фунгіцидів у польових умовах проти пероноспорозу цибулі, найбільш ефективним виявився також Ридоміл МЦ [7, 15]. Bhatti T.A. та інші отримали високу ефективність фунгіцидів Cabrio Top та Relly, які знижували ураженість пероноспорозом цибулі в 2,5—3,0 рази [18]. Автори наголошують, що за високого рівня розвитку хвороби проводили щотижневі обприскування рослин фунгіцидами.

Проти стемфіліозу цибулі, який набуває стрімкого поширення у різних країнах світу, випробувано низку сучасних фунгіцидів. Нау F.S. зі співавторами стверджують, що стемфіліозний опік цибулі є домінуючим у комплексі листових хвороб цибулі у США і пов'язують це зі стійкістю проти фунгіцидів. Вони виявили нечутливі ізоляти збудника стемфіліозу до азоксистробіну та піраклостробіну. Чутливими були ізоляти до іпродіону, флуксапіроксаму та флуопіраму, що є активними інгредієнтами сучасних фунгіцидів [13]. За даними Bhatia J.N., Chahal D. перспективними у захисті від стемфіліозу є тебуконазол, пропіконазол, карбендазим + манкоцеб [19]. Sharma A.B. та інші випро-

3. Технічна ефективність фунгіцидів проти хвороб цибулі ріпчастої

Фунгіцид	Сорт, гібрид	Технічна ефективність, % (середні дані за період вегетації за 2 роки досліджень) проти			Урожайність,	
		пероноспорозу	альтернативіозу і стемфіліозу	фузаріозного в'янення	т/га, (X ± S _x)*	% до контролю
Акробат МЦ, в.г., 2,0 кг/га	Глобус	69,8	48,6	—	27,5 ± 1,9	105,0
	Франциско F ₁	73,3	57,3	60,8	22,5 ± 2,5	118,5
Квадріс 250 SC, КС, 0,6 л/га	Глобус	76,5	54,3	—	28,0 ± 1,9	106,9
	Медуза	65,8	45,8	63,9	45,8 ± 1,8	112,0
Міравіс 200 SC, КС, 0,5 л/га	Глобус	55,1	84,7	—	28,7 ± 2,0	109,6
Орвего, КС, 1,0 л/га	Франциско F ₁	75,5	59,0	62,7	22,8 ± 2,5	120,0
Ридоміл Голд МЦ, 68 WG, ВГ, 2,5 кг/га	Медуза	70,2	50,9	68,7	46,2 ± 1,8	113,4
	Стригунівська носівська	62,2	52,5	57,9	15,4 ± 1,6	124,2
Сігнум, ВГ, 1,5 кг/га	Глобус	100	57,6	—	29,5 ± 2,1	112,6
	Солюшен F ₁	72,7	63,4	69,0	30,4 ± 2,3	117,9
	Халцедон	74,3	57,5	—	33,7 ± 2,5	122,1
Фанданго 200 ЕС, КЕ, 1,25 л/га	Глобус	100	89,1	—	30,8 ± 1,9	117,6
	Медуза	73,0	57,1	69,0	46,0 ± 1,8	113,1
	Солюшен F ₁	76,8	66,4	70,5	31,5 ± 2,1	122,1
	Халцедон	70,4	63,3	—	34,5 ± 2,4	125,0

*Середні арифметичні значення та їхні стандартні похибки ($\bar{X} \pm S_x$).

бували 6 комерційних фунгіцидів і порівняли їхню ефективність з екстрактом *Azadirachta indica*. Всі варіанти виявились ефективними [20]. Ключковський Ю.Е. зі співавторами одержали високу ефективність проти стемфіліозу за обприскування рослин фунгіцидами з діючими речовинами флуопірам, 200 г/л + тебуконазол, 200 г/л та флуоксастро-бін, 100 г/л + протіоконазол, 100 г/л [14].

Проти альтернаріозу цибулі, що викликається грибом *Alternaria porri* (Ellis) Cif., високу ефективність забезпечували фунгіциди Rovral + Ridomil Gold, Nativio 75, WG, Фолікур 250 ЕС та Тілт 25 ЕС, які пригнічували розвиток хвороби на 83—85% [15, 16]. Проти фузаріозної гнилі найбільшу ефективність забезпечили суміші азоксистробін + дифенокназол (фунгіцид Квадріс Топ 325 SC) та флуопірам + трифлуксістробін (фунгіцид Луна Сенсейшн 500 SC) [10]. Усі автори, які досліджували ефективність фунгіцидів проти хвороб цибулі, не рекомендують використовувати лише системні фунгіциди.

Як показали наші дослідження, найвищу ефективність забезпечують саме комбіновані препарати, що містять системний і контактний компоненти. Найвищий захисний ефект фунгіцидів практично на всіх досліджуваних сортах одержано проти пероноспорозу цибулі, і значно нижчий — проти чорної та чорно-сірої плямистостей, за виключенням сорту Глобус, де розвиток цих хвороб знаходився на низькому рівні. Очевидно, діючі речовини фунгіцидів більш ефективно інгібують життєдіяльність біотрофних грибів і меншою мірою впливають на некротрофні гриби, які характеризуються високою природною пластичністю.

Як стверджують Le D. та інші (2021) досягнення багатообіцяючих результатів і обмежень у захисті від хвороб можливе за використання хімічних пестицидів, стійких сортів, агентів біоконтролю та культурних практик [11].

ВИСНОВКИ

У роки досліджень на посівах цибулі ріпчастої домінували мікози — несправжня борошниста роса (пероноспороз), плямистості листя (альтернаріоз і стемфіліоз) та фузаріоз у вигляді фузаріозного в'янення. Найвищий рівень захворювань спостерігали на сортах Халцедон, Стригунівська носівська та Медуза, найнижчий — на сорті Глобус. Використання фунгіцидів забезпечило ефективний контроль хвороб цибулі у період вегетації.

Найбільшою мірою фунгіциди контролювали пероноспороз: їхня ефективність в середньому за вегетаційний сезон становила від 55,1% (Міравіс 200 SC, КС, 0,5 л/га, сорт Глобус) до 100% (Фанданго 200 ЕС, КЕ, 1,25 л/га, Сігнум, ВГ, 1,5 кг/га, сорт Глобус). Ефективність фунгіцидних обробок проти плямистостей цибулі знаходилась на рівні 45,8% (Квадріс 250 SC, КС, 0,6 л/га, сорт Медуза) — 89,1% (Фанданго 200 ЕС, КЕ, 1,25 л/га, сорт Глобус). Фузаріозне в'янення фунгіциди контролювали на рівні 57,9% (Ридоміл Голд МЦ, ВГ, 2,5 кг/га, сорт Стригунівська носівська) — 70,5% (Фанданго 200 ЕС, КЕ, 1,25 л/га, гібрид Солюшен F₁). Застосування фунгіцидів сприяло підвищенню врожайності цибулі на 5—25% залежно від сорту та препарату.

Фінансування: роботи виконано в рамках ПНД «Захист рослин», завдання: 15.01.05.03 Ф. Обґрунтувати технології раціонального використання пестицидів у сучасних агроценозах (2011—2015 рр.) та 12.01.00.04.Ф. Еколого-біологічні особливості формування фітопатогенного комплексу на основних сільськогосподарських культурах (2016—2020 рр.).

Конфлікт інтересів: автори декларують про відсутність конфлікту інтересів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Галат Л.М. Особливості ринку свіжих овочів в Україні. Агросвіт. 2019. №11. С. 39-44. DOI: 10.32702/2306-6792.2019.11.35
2. Жужуян О., Бойчук Р., Борисенко В. Основні хвороби цибулі. 2019. URL: <https://www.syngenta.ua/news/novini-kompaniyi/osnovni-hvorobi-cibuli>

3. Марков І.Л. Інтегрований захист цибулі від хвороб. Овочі та фрукти. 2019. URL: <https://www.pro-of.com.ua/integrovanij-zaxist-cibuli-vid-xvorob/>
4. Latin R., Helms K. Diagnosis and Control of Onion Diseases. URL: <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/BP/BP-23-W.html>. Reviewed 5/01. Last Review Date - 9/1/2015
5. Araújo E.R., Resende R.S., Alves F.S. Field efficacy of fungicides to control downy mildew of onion. European Journal of Plant Pathology. 2020. Vol. 156, p. 305-309. DOI:10.1007/s10658-019-01874-0. Corpus ID: 207989276
6. Develash K., Sugha S.K. Management of downy mildew (Peronospora destructor) of onion (Allium cepa). Crop Protection. Vol. 16, Issue 1, February 1997, Pages 63-67. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(96\)00056-7](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(96)00056-7)
7. Raziq F., Alam I., Naz I., Khan H. Evaluation of fungicides for controlling downy mildew of onion under field conditions. Sarhad J. Agric. 2008. Vol. 24, No 1.
8. Steentjes M.B., Scholten O.E., Kan Jan A.L. Peeling the Onion: Towards a Better Understanding of Botrytis Diseases of Onion. Phytopathology. Published Online: 29 Jan 2021. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-06-20-0258-IA>
9. Rasiukevičiūtė N., Supronienė S., Valiūskaitė A. Effective onion leaf fleck management and variability of storage pathogens. From the journal Open Life Sciences. URL: <https://doi.org/10.1515/biol-2016-0036>
10. Degani O., Dimant E., Gordani A., Graph S., Margalit E. Prevention and Control of Fusarium spp., the Causal Agents of Onion (Allium cepa) Basal Rot. Horticulturae 2022, 8 (11). 1071. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8111071>
11. Le D., Kris A., Geert H. Fusarium basal rot: profile of an increasingly important disease in Allium spp. Tropical Plant Pathology. 2021. Vol. 46, P. 241-253. <https://doi.org/10.30843/nzpp.2019.72.254>
12. Wright P.J., Bruce S., Joy T.L., Kieran M.D. Ecurrent outbreak of stemphylium leaf blight of onion in New Zealand — identification of cause and review of possible risk factors associated with the disease. New Zealand. Plant Protection. 2019. 72: 10-20. <https://doi.org/10.30843/nzpp.2019.72.254>
13. Hay F.S., Sharma S., Hoepting C., Strickland D., Luong K., Pethybridge S.J. Emergence of Stemphylium Leaf Blight of Onion in New York Associated With Fungicide Resistance. Plant diseases. 2019. Vol. 103, no 12. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-19-0676-RE>
14. Klechkovsky Yu., Mogilyuk N., Sidorova I., Kubrak S. Onion stemphyliosis in the South of Ukraine. Scientific horizons. 2023. Vol. 26, No. 2, Pages 43-53 [https://doi.org/10.48077/sci-hor.26\(2\).2023.43-53](https://doi.org/10.48077/sci-hor.26(2).2023.43-53)
15. Aujla I.S., Amrate P.K., Kumar P., Thind T.S. Efficacy of some new fungicides in controlling purple blotch of onion under Punjab conditions. Plant Disease Research. 2013. Vol. 28, Issue: 2. P. 171-173.
16. Islam M., Begum F., Nahar N.n., Habiba U.A., Fakruzzaman K.M. In-Vivo Management of Purple Blotch of Onion Caused by Alternaria porri (Ellis) Cif. through Fungicides. American Journal of Plant Sciences. Vol. 11 No. 11, November 30, 2020. DOI: 10.4236/ajps.2020.1111132.
17. Emeka Ch. Fungal Diseases Affecting Onion (Allium cepa L.) Grown Under Irrigation Scheme in 2012 and 2013. Date Written: December 29, 2021. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3996257>

18. Bhatti T.A., Nizamani Z.A., Gadhi M.A., Soomro F., Kumar R., Abro S.A., Soomro A.H., Qazi S., Jarwar U., Kandhro A.G., Khan M. Management of Downy Mildew of Onion Through Selective Fungicides in the Field Condition. *Journal of Applied Research in Plant Sciences*. 2021, 2(1), 92–107. <https://doi.org/10.38211/joarps.2021.2.1.13>

19. Bhatia J.N., Chahal D. Studies on effectiveness of certain new fungicides in controlling stemphylium blight of onion seed crop. *Agricultural Science Digest - A Research Journal*. 2014, Vol. 34, Issue : 3. P. 237–239. Article DOI: 10.5958/0976-0547.2014.01011.8

20. Sharma A.B., Kumar A., Sidhu A. Relative performance of fungicides and crude leaf extract of *Azadirachta indica* against leaf blight of onion. *Indian Phytopathology*. 2022. Vol. 75, p. 1085–1093. Cite this article 49.

21. Ретьман С.В. Реєстраційні випробування фунгіцидів у сільському господарстві; за ред. С.В. Ретьмана. Київ: Колобій, 2014. С. 134–139 (Хвороби цибулі й часнику).

22. Ідентифікація збудників хвороб сільськогосподарських культур. Методичні рекомендації. Одеса. 2018. Укладачі: Мілкус Б.Н., Балан Г.О. 26 с.

Borzykh O.,

ORCID: 0000-0002-9802-5622

¹Sergienko V.,

ORCID: 0000-0003-4386-9307

²Dzham M.,

ORCID: 0000-0001-8183-5488

³Shyta O.,

ORCID: 0000-0002-0795-5120

⁴Mykhaylenko S.,

ORCID: 0000-0003-1746-7419

Institute of Plant Protection of NAAS, 33, Vasylkivska str., Kyiv, 03022, Ukraine
e-mail: ¹v-serg@ukr.net, ²mayadzham@

gmail.com, ³oksanashitaya@ukr.net, ⁴mvszvet@gmail.com

Fungicidal control of the most common onion mycoses during the growing season

Goal. To investigate the effectiveness of fungicidal control of the most common onion diseases during the growing season. **Methods.** Informational and analytical (collection of materials and analysis of literary sources), field research (setting up experiments, carrying out treatments and records of plant damage by diseases, monitoring the development of plants, harvesting), phytopathological (determination and identification of pathogens), mathematical and statistical (processing of results studies). Experiments were conducted on different varieties and hybrids using modern fungicides with different active substances. **Results.** During the years of research, onion crops were dominated by mycoses, namely, peronosporosis, alternaria, stemphylliosis, and fusarium wilt. Downy mildew and leaf spots were observed on all varieties and hybrids. The investigated fungicides most effectively controlled the development of downy mildew of onions. Their efficiency during the growing season averaged 55.1–100%, depending on the drug, the degree of disease development and the variety. The highest effectiveness against downy mildew of onions was provided by fungicides Fandango 200 ES, KE (fluoxystrobin, 100 g/l + proteconazole, 100 g/l) at the rate of 1.25 l/ha and

Signum VG (boskalid, 267 g/kg + pyraclostrobin, 67 g/kg) — 1.5 kg/ha. Fungicides were 45.8–89.1% effective against leaf spots (alternaria and stemphylliosis), 57.9–70.5% against fusarium wilt. Treatments with fungicides, due to the reduction of plant damage by diseases, contributed to the increase in onion yield by 1.3–6.9 t/ha, depending on the variety and preparation. Among the studied varieties, the highest yield was obtained on the Medusa variety (40.7 t/ha), among fungicides, the highest yield increase was provided by Fandango 200 ES, KE fungicide (1.25 l/ha). **Conclusions.** Fungicides effectively controlled the main mycoses of onion (peronosporosis, alternariosis, stemphylliosis and fusarium wilt) during the growing season. The effectiveness of fungicides against onion diseases was 45.8–100%, depending on the type of disease, drug and crop variety. The highest protective effect of fungicides was provided against downy mildew of onions. The yield of the researched varieties and hybrids increased by an average of 5–25% due to the reduction of plant damage by diseases. The highest technical efficiency against identified diseases and increase in onion yield was obtained by using Fandango 200 ES, KE fungicide with a consumption rate of 1.25 l/ha.

diseases; fungicides; varieties; efficiency; crop capacity

Надійшла до редакції: 27.04.2023

Прийнята до друку: 15.05.2023

Надруковано й опубліковано онлайн: липень 2023

УДК: 635,21:632.38A/2

© С.О. Кириченко, Н.О. Козуб, 2023

DOI: <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2023.2.9-13>

СКРИНІНГ ЛІНІЙ КАРТОПЛІ

за генами стійкості Ry_{chc} та Ry_{adg} проти вірусу Y картоплі

Мета. Молекулярна ідентифікація носіїв генів стійкості проти вірусу Y картоплі (PVY) Ry_{chc} та Ry_{adg} серед ліній картоплі Поліської дослідної станції Інституту картоплярства Національної академії аграрних наук України (НААН). **Методи.** Досліджено 70 зразків картоплі Поліської дослідної станції Інституту картоплярства. Використовували молекулярні маркери, що вказують на наявність у геномі лінії картоплі специфічного Ry гена, що відповідає за реакцію рослини на збудник за типом екстремальної стійкості (ER): маркер Ry_{186} для ідентифікації гена Ry_{chc} та RYSC-3 для визначення гена стійкості Ry_{adg} . Ген Ry_{chc} ,

С.О. КИРИЧЕНКО,
молодший науковий співробітник

Н.О. КОЗУБ,
доктор біологічних наук
Інститут захисту рослин НААН,
вул. Васильківська, 33, м. Київ,
03022, Україна
e-mail: plant_prot@ukr.net,
natalkozub@gmail.com

походить від *Solanum chacoense*, а ген Ry_{adg} — від *S. tuberosum* ssp. *andigena*. Для визначення генів стійкості до

вірусу картоплі Y використовували метод ПЛР аналізу, продукти ПЛР аналізували електрофорезом в агарозному гелі з додаванням бромистого етидію для візуалізації ампліконів. **Результати.** Скринінг носіїв алелів стійкості за молекулярним маркером Ry_{186} показав, що 53 зразки (75,72%) мають ген стійкості Ry_{chc} . Алель стійкості Ry_{adg} ідентифікували у 7-ми зразках (10%) за допомогою маркера RYSC-3. Серед проаналізованої вибірки ідентифіковано три зразки (4,2%), які водночас мали обидва шукані гени стійкості проти PVY: П.17.36-8, П.16.21-8, П.17.21/36. При порівнянні з дослідженнями інших авторів у на-

шій вибірці зразків картоплі маємо переважно близький відсоток трапляння гена Ry_{adg} та значно вищу частоту для гена Ry_{chc} . **Висновки.** Лінії картоплі Поліської дослідної станції Інституту картоплярства НААН з ідентифікованими генами стійкості мають потенціал екстремальної стійкості до більшості штамів PVY, у тому числі і до штамів PVY^{NTN}.

картопля; вірус Y картоплі; гени стійкості; молекулярні маркери

Картопля — четверта в світі культура за валовим збором, її річний врожай за 2014—2016 рр. склав в середньому 378 тис. т. У регіонах з нестабільною харчовою безпекою, як от Африка та деякі азійські регіони, дана культура з роками займає все більші площі [1]. Згідно з даними Держкомстату на 2018 р. площі під картоплю в Україні становлять 1319 тис. га, що втричі більше ніж усі інші овочеві культури за той самий період, а середня врожайність — 171 ц/га, що є вищим за медіанний врожай у світі, хоч значно відстає від розвинутих країн [2]. Причиною цьому слугують використання неякісного обладнання, пестицидів і добрив, а також недотримання в певних аспектах технології вирощування, як от, наприклад, сівозмін тощо. Внаслідок цього на полях картоплі, що вирощується у монокультурі, спостерігається значне збільшення присутності шкідників і хвороб.

Однією з найнебезпечніших хвороб картоплі, розповсюдження якої на полі погано піддається контролю, є *Potivirus Y*. Втрати врожаю, викликані вірусом, залежать від взаємодії конкретного штамів вірусу та картоплі і багатьох інших природних факторів і можуть досягати 80% [3].

Вірус картоплі Y (PVY, вид *Potato virus Y*) є типовим представником роду *Potyvirus*, найбільшої групи вірусів рослин, що містить 128 затверджених і 89 орієнтованих видів [4]. PVY уражує багато економічно важливих видів рослин. До них відносяться картопля (*Solanum tuberosum*), тютюн (*Nicotiana tabacum*), помідор (*Solanum lycopersicum*) та перець (*Capsicum* spp.).

PVY поширений у всьому світі, і є однією з головних проблем для виробників насінневої та промислової картоплі. Основними штамми є PVY⁰, PVY^N та PVY^C [5, 6]. PVY передається понад 50-ма видами попелиць [7]. Вегетативне розмноження картоплі дає можливість вірусам зберігатися з року в рік, що призводить до загального зниження продуктивності. Залежно від сорту, часу вирощування, штамів вірусу та умов навколишнього середовища втрати врожаю, пов'язані з PVY, становлять 10—80% [8]. Існують також сорти картоплі, наприклад *Shepody*, для яких ураження PVY може протікати безсимптомно і не викликати типових симптомів мозаїки на листках, що зумовлює серйозний ризик для поширення вірусу серед насаджень картоплі [9]. Крім того, відсутність симптомів у заражених рослин означає, що візуальний огляд, як правило, буде неефективним, і що такі рослини є джерелом інкуляції PVY у зонах сільськогосподарського виробництва.

Загальні стратегії контролю для зменшення поширення PVY і, отже, наступних втрат врожаю, залежать від використання здорового, сертифікованого насінневого матеріалу, а також стійких до вірусу сортів. Застосування молекулярних маркерів для ідентифікації цінних генотипів, зокрема форм із кількома генами стійкості, дозволяє значно підвищити ефективність відбору на ранніх етапах селекції.

Нині ідентифіковано три гени стійкості, які надають рослинам картоплі екстремальну стійкість (ER) до PVY, отже вони забезпечують високий рівень стійкості проти широкого спектра штамів вірусу [10]. Ці гени походять від *S. tuberosum* ssp. *andigena* (Ry_{adg}), *S. stoloniferum* (Ry_{sto}) та *S. chacoense* (Ry_{chc}) і знаходяться на хромосомах XI, XII та IX, відповідно [11]. Ry_{chc} було картовано та клоновано зі зразка *S. chacoense* 40-3. Ry_{chc} кодує білок TIR-NLR і забезпечує екстремальну стійкість у рослин картоплі проти штамів PVY⁰, PVY^{N:0} та PVY^{NTN} [12]. Першим картованим геном

стійкості проти PVY був Ry_{adg} . Він походить з культивованого *S. tuberosum* Group *Andigenum*. Локус, що містить Ry_{adg} , використовується в програмах виведення стійких сортів, він ефективний проти всіх відомих штамів PVY, у тому числі PVY^{NTN} [13]. Молекулярні маркери до цих генів мають велике значення для селекціонерів, оскільки вони дозволяють відібрати резистентне потомство від стійких проти PVY батьків на ранніх етапах селекції, коли ще немає достатньо селекційного матеріалу щоб тестувати вірус у полі для відповіді на зараження PVY [11].

Мета досліджень — молекулярна ідентифікація носіїв генів стійкості проти вірусу Y Ry_{chc} та Ry_{adg} серед ліній картоплі Поліської дослідної станції Інституту картоплярства НААН. Ці дані є ключем до розуміння потенціалу селекційних ліній картоплі, та їх відбору для подальшої селекції на якісні ознаки, такі як стійкість проти потівірусу картоплі Y. Порівняння наших даних з результатами, отриманими у інших дослідженнях, може допомогти зрозуміти потенціал ліній картоплі української селекції та визначити донорів стійкості проти *Potivirus Y*.

Матеріали і методи. Матеріалом дослідження слугувала вибірка з 70-ти сортозразків Поліської дослідної станції Інституту картоплярства НААН врожаю 2020 р. (табл.). ДНК виділяли з листя картоплі. Для цього використовували комерційний набір на основі силіки NeoPrep_100 (Неоген™, Україна).

Використовували генетичні маркери Ry_{186} [14] для визначення гена Ry_{chc} та $RYSC-3$ [15] для визначення гена стійкості Ry_{adg} . Для полімеразної ланцюгової реакції використовували суміш реагентів для ампліфікації ДНК PCR MIX 2x HOT (Неоген™, Україна). ПЛР проводили в термоциклері Applied Biosystems 2720 Thermal Cycler.

Для молекулярного маркера Ry_{186} умови ПЛР були такі: початкова денатурація — 10 хв 94°C, 35 циклів (денатурація у

*Вибірка зразків Поліської дослідної станції Інституту картоплярства НААН,
результат скринінгу на гени стійкості до PVY**

№	№ ката- ложний	Селекційний номер	Походження зразка	Результат (<i>Ry_c</i> -186 ⁵⁸⁷)	Результат (<i>Rych</i> -3)
1	1	П.17.1-4	10.11-5/Аладін	+	–
2	3	П.19.5/18	Ф.09.209-3/10.9-3	+	–
3	4	П.17.8-2	14.36-10/14.4-3	+	–
4	8	П.17.8-45	14.36-10/14.4-3	+	–
5	11	П.17.9-5	14.13/1/12.21/2	+	–
6	13	П.19.9/7	09.26/2/Альянс	+	–
7	14	П.19.9/17	09.26/2/Альянс	+	–
8	15	П.17.12-3	13.18/1/Ф.11.12-8	+	–
9	16	П.17.13/12	13.18/1/Ф.11.12-8	+	–
10	17	П.17.14-4	12.13-14/Ф.11.12-8	+	–
11	18	П.17.14-10	12.13-14/Ф.11.12-8	+	–
12	20	П.19.15/19	Радомисль/Світлана	+	–
13	21	П.18.17/4	13.6-4/15.4/40	–	–
14	22	П.17.8-3	Ф.11.8-8/Бажанна	+	–
15	24	П.17.19-2	13.54-2/Взірець	–	–
16	25	П.17.19/5	13.54-2/Взірець	+	–
17	29	П.17.19-26	13.54-2/Взірець	+	–
18	31	П.17.20-13	Палац/Взірець	+	–
19	32	П.17.20-30	Палац/Взірець	+	–
20	33	П.19.22/2	12.14-8/13.56-2	+	–
21	34	П.19.22/36	12.14-8/13.56-2	+	–
22	39	П.17.27-3	13.17-1/Взірець	+	–
23	40	П.17.28-6	Лілея/Взірець	+	–
24	42	П.17.29-3	Вектар/Взірець	+	–
25	43	П.17.29-5	Вектар/Взірець	+	–
26	44	П.17.29-7	Вектар/Взірець	+	–
27	45	П.19.29/6	13.42/3/Сонцедар	+	–
28	49	П.17.33-3	Лель/Взірець	+	–
29	50	П.18.33/1	15.13-20/Адрета	–	–
30	51	П.18.33/7	15.13-20/Адрета	–	–
31	52	П.17.36-8	Батя/Взірець	+	+
32	54	П.18.36/1	Маніфест/15.67-3	–	–
33	55	П.17.38-1	Вектар/Радомисль	+	–
34	59	П.17.38-11	Вектар/Радомисль	+	–
35	63	П.17.38-33	Вектар/Радомисль	+	–
36	68	П.17.40-1	Янка/Вигода	+	–
37	71	П.18.45/7	12.35-1/10.10/35	+	–

№	№ ката- ложний	Селекційний номер	Походження зразка	Результат (<i>Ry_c</i> -186 ⁵⁸⁷)	Результат (<i>Rych</i> -3)
38	72	П.17.51-2	00.31/26/Сантарка	+	–
39	73	П.18.51/3	Н.08.197/105/ Ред Конік	+	–
40	75	П.18.55/15	Радомисль/ Беллароза	+	–
41	76	П.18.56/7	Поран/Радінка	–	–
42	78	П.18.61/7	Взірець/ Талачинський	–	–
43	79	П.18.65/8	Н.09.236.с/1/Маг	–	–
44	82	П.18.69/2	Н.08.173/9/ Фальварк	–	–
45	84	П.18.74/1	15.23/1/Слаута	–	–
46	85	П.18.75/8	Чарунка/Альянс	+	–
47	87	П.18.75/23	Чарунка/Альянс	–	–
48	89	П.18.78/1	Летана/Фальварок	+	–
49	91	П.18.87/2	ґ.Б.9-10-11	+	–
50	96	ґ.08.194/33	89.715с88/Тирас	–	–
51	101	ґ.08.197/48	91.285с5/Сантарка	+	–
52	103	ґ.10.3/11	87.791с4/Тирас	+	+
53	104	ґ.10.6/7	89.715с88/Тирас	+	–
54	115	П.17.1/13	10.11-5/Аладін	+	–
55	117	П.16.2-9	10.42/7/Н.07.162-1	–	–
56	119	П.17.2/5	13.45-3/Аладін	–	+
57	120	П.17.3-1	Поран/Аладін	+	–
58	122	П.17.4/22	13.41-6/Аладін	+	–
59	123	П.17.5-1	13.51-13/14.36-13	–	+
60	124	П.17.8/18	10.36-10/14.4-3	+	–
61	126	ВМ.12.9-8	Батя/Беллароза	–	+
62	127	П.17.12/16	13.18/1/Ф.11.12-8	+	–
63	128	П.17.13/7	Ф.11.12-8/Бажана	+	–
64	129	П.16.16-9	12.2-3/12/19-15	+	–
65	132	П.17.18/9	Ф.11.8-8/Бажана	–	–
66	134	П.17.18/13	Ф.11.8-8/Бажана	–	–
67	135	П.17.19/1	13.54-2/Взірець	+	–
68	141	П.16.20-4	09.26/2/08.102/4	+	–
69	142	П.16.21-8	09.26/2/09.62/1	+	+
70	143	П.17.21/36	12.48-22/Сонцедар	+	+

Примітка: *+ присутність гена стійкості;
– відсутність гена стійкості.

циклі 30 с, 94°C, відпал у циклі 30 с, 54°C, елонгація 1 хв, 72°C), фінальна елонгація 5 хв, 72°C. Довжина маркерного амплікону за наявності гена стійкості *Ry_{che}* — 587 п.н.

Для молекулярного маркера *RYSC-3* умови проведення ПЛР-реакції були такими: початкова денатурація — 12 хв, 94°C, 36 циклів

(денатурація у циклі 45 с, 95°C, відпал у циклі 45 с, 60°C, елонгація 1 хв, 72°C), фінальна елонгація 7 хв 72°C. Маркерний амплікон — 321 п.н. Для контролю якості виділення ДНК використовували маркер *BCH* на ген бета-каротингидроксилази, що давав амплікон завдовжки в 290 п.н.

Продукти ПЛР аналізували

електрофорезом у 2% агарозному гелі з 1х ТВЕ буфером із додаванням бромистого етидію. Гелі фотографували за допомогою системи для гелі-документації VISION Gel.

Результати і обговорення.

Приклад електрофореграми продуктів ПЛР з маркером *Ry_c186* до гена *Ry_{che}* наведено на рисунку 1,

де носії алеля стійкості мають амплікон 587 пар нуклеотидів. Ген стійкості *Ry_{chc}* у даній вибірці було ідентифіковано у 53-х сортозразках (75,72%), (табл.).

Результати ПЛР з праймерами до маркера *RYSC-3* гена *Ry_{adg}* наведено на рисунку 2. Алель стійкості *Ry_{adg}* ідентифікували в 7-ми зразках (10%), (табл.).

Серед проаналізованої вибірки ідентифіковано три зразки (4,2% від проаналізованої вибірки), які водночас мали обидва шуканих гени стійкості проти PVY: П.17.36-8 (від схрещування Батя/Взірець), П.16.21-8 (09.26/2/09.62/1), П.17.21/36 (12.48-22/Сонцедар). Отже, ці лінії картоплі, скоріше за все, мають екстремальну стійкість до більшості штамів PVY.

Для контролю вірусних хвороб сільськогосподарських культур необхідно створити базу стійких сортів для подальшої селекції на закріплення потрібних ознак. У роботі було досліджено частоту алелів стійкості проти *Potivirus Y* у зразках картоплі, що ще не пройшли держреєстрацію. Дослідження такого рослинного матеріалу на ранніх стадіях впровадження може допомогти зрозуміти потенційну стійкість майбутнього сорту проти хвороб. У дослідженій вибірці зразків виявлено високу частоту гена *Ry_{chc}* та значно меншу частоту гена *Ry_{adg}*.

При дослідженні вибірки 271 чилійських сортів з використанням маркера *RYSC-3* виявили 36,5% носіїв гена *Ry_{adg}* (99 зразків) [16]. У цій же роботі ідентифіковано 17 носіїв (6,2%) іншого гена стійкості до PVY — *Ry_{sto}* від дикого виду *S. stoloniferum* за допомогою маркера *YES3-3B STS*. Нарешті, було сім зразків (2,5%), які мали обидва маркери, пов'язані із резистентністю до PVY [16]. Серед вибірки 119-ти сортів картоплі різного походження Bhardwaj et al. виявили 11 носіїв *Ry_{adg}* (9,2 %) і 22 носії гена *Ry_{sto}* (18,4%), з них 3 (2,5%) мали обидва гени [17]. Elison et al. досліджували 306 зразків картоплі селекційної програми ARS-Aberdeen (Aberdeen potato breeding program) за допомогою

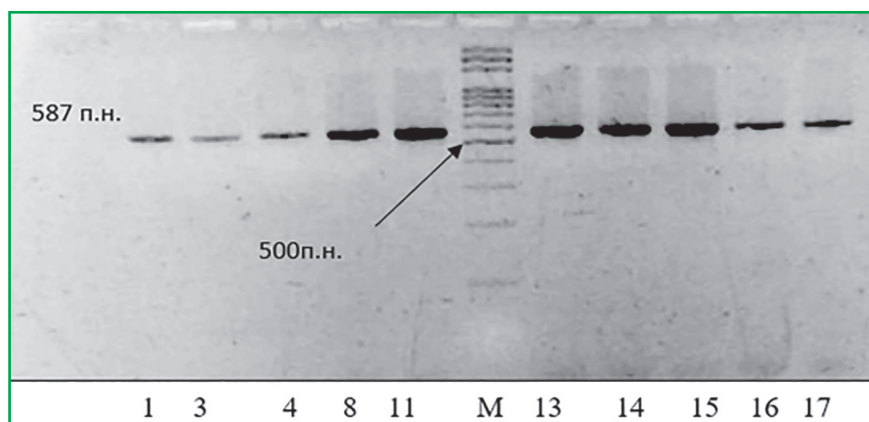


Рис. 1. Результати ПЛР-аналізу за маркером *Ry₁₈₆* (ген *Ry_{chc}*) сортозразків картоплі (номери на малюнку відповідають каталожним)

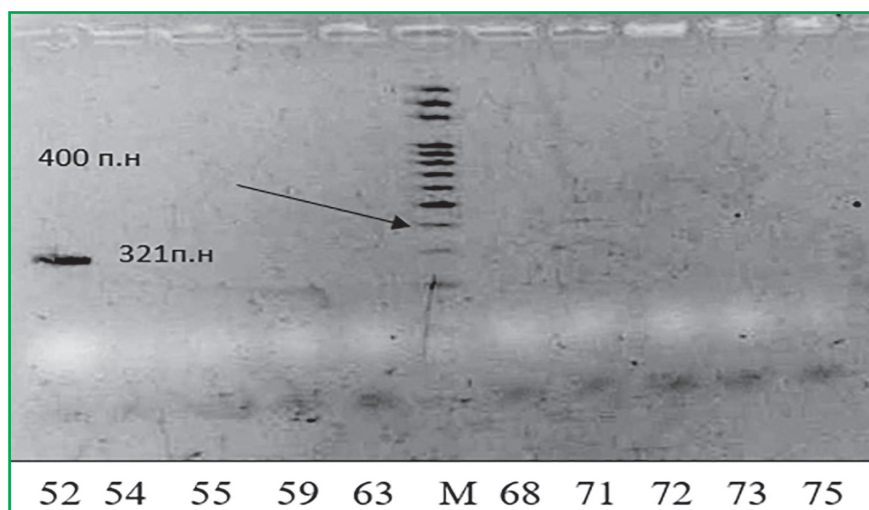


Рис. 2. Результати візуалізації зразків за маркером *RYSC-3* (ген *Ry_{adg}*) (номери на малюнку відповідають каталожним)

мультиплексної реакції і виявили 38 зразків з геном *Ry_{adg}* (12,40%, за маркером *RYSC-3*), 26 зразків з геном *Ry_{chc}* (8,5%, за маркером *Ry-186*), та 81 зразок з геном *Ry_{sto}* (26,4% за маркером *YES3-3*) [11]. Отже, у дослідженій нами вибірці сортозразків картоплі частота присутності гена *Ry_{adg}* є на рівні частот, виявлених у колекціях [11, 17], у той же час частота *Ry_{chc}* є значно вищою, ніж у вибірці чилійських сортів [16] та в колекції ARS-Aberdeen [11].

У роботі Zimnoch-Guzowska et al. [18] 133 зразки було досліджено на польову стійкість проти 4-х штамів PVY. З них 23 (17%) показали екстремальну резистентність до всіх чотирьох інокулятів. Такі сорти можна використовувати в якості джерел стійкості проти Потівірусу і як посадковий матеріал у зонах з ризиком ураження насаджень да-

ною хворобою. Ще 44 (33%) сорти були стійкими проти двох чи більше патотипів вірусу картоплі Y [18]. У дослідженнях Bhoi була розкрита взаємодія вірус-вектор-рослина-хазяїн на прикладі Потівірусу Y, попелиць та картоплі. Дана робота дозволяє нам зрозуміти механізми зараження посадкового матеріалу впродовж одного сезону на полі, а також важливість впровадження стійких сортів для нівелювання впливу інфекційного фону даної хвороби [19]. Valkonen et al. дослідили *Ry* гени і тип чутливості. Екстремальна резистентність до вірусу Y була показана у польових умовах [20]. У даній роботі було зазначено, що добір за допомогою маркерів забезпечує ефективність відбору ознак, які контролюються мажорними генами або локусами кількісних ознак (QTL) із великим ефектом [20].

ВИСНОВКИ

Встановлено наявність гена *Ry_{chc}* у більшості досліджуваних зразків (75,72%). Аallel гена *Ry_{adg}* був присутнім у значно меншій кількості зразків: у даній вибірці було всього сім сортозразків (10%) з цим геном стійкості. Ідентифіковано три зразки, що мають обидва гени стійкості. За порівняння з дослідженнями інших авторів у нашій вибірці зразків маємо переважно близький відсоток трапляння гена *Ry_{adg}* та значно вищу частоту трапляння гена *Ry_{chc}*. Отже, лінії картоплі Поліської дослідної станції Інституту картоплярства НААН з ідентифікованими генами стійкості мають потенціал екстремальної стійкості проти більшості штамів PVY, у тому числі і проти штаму PVY^{NTN}.

Фінансування: Дослідження проводили в рамках ПНД 24. «Фітосанітарна безпека, захист і карантин рослин (Захист рослин)» Підпрограма 01. «Формування фітопатогенного комплексу та створення стійких сортів рослин проти хвороб» («Фітопатологія») 24.01.01.01Ф №ДР 0121U000082.

Конфлікт інтересів: автори декларують про відсутність конфлікту інтересів.

ЛІТЕРАТУРА

- Campos H., Ortiz O. (Eds.) (2020). The Potato Crop. Its Agricultural, Nutritional and Social Contribution to Humankind; Springer: Cham, Switzerland. 518 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5>
- Internet Archive. Рослинництво у 2010-2013pp. URL: https://web.archive.org/web/20170703173323/http://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2006/sg/sg_rik/sg_u/rosl_u.html
- Ahmadvand R., Takacs A., Taller J. et al. (2012). Potato viruses and resistance genes in potato. *Acta Agron. Hung.* 60, 283-298. doi: 10.1556/AAgr.60.2012.3.10
- Fauquet C.M., Mayo M.A., Maniloff J., Desselberger U., Ball L.A. (2005) Virus taxonomy. Eighth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses. Elsevier Academic Press, San Diego, CA, USA, 1259 pp.
- Singh R.P., Valkonen J.P.T., Gray S.M., et al (2008). Discussion paper: The naming of Potato virus Y strains infecting potato. *Arch. Virol.* 153, 1-13. doi: 10.1007/s00705-007-1059-1
- Solomon-Blackburn R.M., Barker H. (2001). A review of host major-gene resistance to potato viruses X, Y, A and V in potato: Genes, genetics and mapped locations. *Heredity* 86, 8-16. doi: 10.1046/j.1365-2540.2001.00798.x
- Radcliffe E., Ragsdale D. (2002). Aphid-transmitted potato viruses: The importance of understanding vector biology. *Am. J. Potato Res.* 79, 353-386. doi: 10.1007/BF02870173
- Ottoman R., Hane D., Brown C., Yilma S., James S., Mosley A., Crosslin J., Vales M. (2009). Validation and implementation of marker-assisted selection (MAS) for PVY resistance (*Ry_{adg}* gene) in a tetraploid potato breeding program. *Am. J. Potato Res.* 86, 304-314. doi: 10.1007/s12230-009-9084-0.
- Nolte P., Whitworth J.L., Thornton M.K., McIntosh C.S. (2004). Effect of seedborne Potato virus Y on performance of Russet Burbank, Russet Norkotah, and Shepody potato. *Plant Dis.* 88, 248-252. doi: 10.1094/PDIS.2004.88.3.248
- Gebhardt C., Valkonen J.P.T. (2001). Organization of genes controlling disease resistance in the potato genome. *Ann. Rev. Phytopathol.* 39, 79-102. doi: 10.1146/annurev.phyto.39.1.79
- Elison G.L., Hall D.G., Novy R.G. et al. (2020). Development and application of a multiplex marker assay to detect PVY resistance genes in *Solanum tuberosum*. *Am. J. Potato Res.* 97, 289-296. <https://doi.org/10.1007/s12230-020-09777-1>
- Li G., Shao J., Wang Y. et al. (2022). *Ry_{chc}* confers extreme resistance to Potato virus Y in potato. *Cells* 11(16), 2577. <https://doi.org/10.3390/cells11162577>
- María del Rosario Herrera et al. (2018). Molecular and genetic characterization of the *Ry_{adg}* locus on chromosome XI from Andigena potatoes conferring extreme resistance to potato virus Y. *Theor Appl Genet.* 131(9), 1925-1938. doi: 10.1007/s00122-018-3123-5
- Mori K., Sakamoto Y., Mukojima N. et al. (2011). Development of a multiplex PCR method for simultaneous detection of diagnostic DNA markers of five disease and pest resistance genes in potato. *Euphytica* 180, 347-355. doi: 10.1007/s10681-011-0381-6
- Kasai K., Morikawa Y., Sorri V.A., Valkonen J.P. et al. (2000). Development of SCAR markers to the PVY resistance gene *Ry_{adg}* based on a common feature of plant disease resistance genes. *Genome* (1), 1-8. doi:10.1139/GEN-43-1-1
- López M., Riegel R., Lizana C., & Behn A. (2015). Identification of virus and nematode resistance genes in the Chilota Potato Genebank of the Universidad Austral de Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 75(3), 320-327. doi:10.4067/s0718-58392015000400008
- Bhardwaj V., Sharma R., Dalamu, Srivastava A. K., Baswaraj R., Singh R., & Singh B.P. (2015). Molecular characterization of potato virus Y resistance in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Indian J. Genet. Plant Breed.* 75(03), 389-392. <https://doi.org/10.5958/0975-6906.2015.00062.0>
- Zimnoch-Guzowska E., Yin Z., Chrzanoska M., Flis B. (2013). Sources and effectiveness of potato PVY resistance in IHar's breeding research. *Am. J. Potato Res.* 90(1), 21-27. doi:10.1007/s12230-012-9289-5
- Bhoi T.K., Samal I., Majhi P.K., Komal J., Mahanta D.K., Pradhan A.K., Saini V., Nikhil Raj M., Ahmad M.A., Behera P.P. and Ashwini M. (2022). Insight into aphid mediated Potato Virus Y transmission: A molecular to bioinformatics prospective. *Front. Microbiol.* 13, 1001454. doi:10.3389/fmicb.2022.1001454
- Valkonen J.P.T., Gebhardt C., Zimnoch-Guzowska E., Watanabe K.N. (2017). Resistance to Potato virus Y in potato. In: Lacomme C., Glais L., Bellstedt D., Dupuis B., Karasev A., Jacquot E. (eds) *Potato Virus Y: Biodiversity, Pathogenicity, Epidemiology and Management*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58860-5_8
- Kyrychenko S., ORCID: 0000-0002-4325-4022
- Kozub N., ORCID: 0000-0002-3572-1786
Plant Protection Institute of NAAS, 33, Vasylykivska str., Kyiv, 03022, Ukraine
e-mail: s.a.kyrychenko@gmail.com, natalkozub@gmail.com

Screening of potato breeding lines for the potato virus Y resistance genes *Ry_{chc}* and *Ry_{adg}*

Goal. Molecular identification of carriers of the potato virus Y (PVY) resistance genes *Ry_{chc}* and *Ry_{adg}* among potato lines of the Polissia Research Station of the Institute of Potato Growing of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. **Methods.** Seventy potato lines produced by the Polissia Research Station of the Institute of Potato Growing were studied. We used molecular markers indicating the presence of specific *Ry* genes in the genome of the potato lines. Those genes are responsible for the plant's response to the pathogen by the extreme resistance (ER) type: the *Ry_{chc}* gene, and *RYSC-3* for the determination of the *Ry_{adg}* resistance gene. The gene *Ry_{chc}* derives from *Solanum chacoense*, and the *Ry_{adg}* gene from *S. tuberosum* ssp. *andigena*. For determining the PVY resistance genes, PCR analysis was used, and PCR products were analyzed by electrophoresis in an agarose gel supplemented with ethidium bromide to visualize amplicons. **Results.** Screening of carriers of resistance alleles with the molecular marker *Ru₁₈₆* showed that 53 lines (75.72%) carried the resistance gene *Ry_{chc}*. The *Ry_{adg}* resistance allele was identified in 7 lines (10%) using the *RYSC-3* marker. Among the analyzed sample, there were three lines (4.2%) which simultaneously carried both PVY resistance genes: P.17.36-8, P.16.21-8, and P.17.21/36. When compared with the studies of other authors, in our sample of potato breeding lines we have mostly a similar percentage of occurrence of the *Ry_{adg}* gene and a much higher frequency of the *Ry_{chc}* gene. **Conclusions.** Thus, the potato lines of the Polissia Research Station of the Institute of Potato Growing with the identified resistance genes have the potential for extreme resistance to most PVY strains, including the PVY^{NTN} strain.

potato; potato virus Y; resistance genes; molecular markers

Надійшла до редакції: 22.05.2023

Прийнята до друку: 30.05.2023

Надруковано й опубліковано онлайн: липень 2023

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ТОКСИЧНОСТІ ПЕСТИЦИДІВ МЕТОДОМ ПРОБІТ-АНАЛІЗУ

Мета. Розглянути основні поняття, які використовуються в методі пробіт-аналізу, особливості його застосування для визначення токсичності пестицидів, зокрема інсектицидів, акарицидів та фунгіцидів. **Методи.** Для визначення токсичності пестицидів застосовано метод пробіт-аналізу, який полягає у встановленні дози речовини, необхідної для досягнення певного рівня смертності тестових організмів. Висновок робиться на основі трансформації S-подібної кривої «концентрація-відповідь» на пряму лінію. **Результати.** В статті детально розглянуто основні етапи проведення пробіт-аналізу: відбір біологічного матеріалу; визначення діапазону доз пестицидів, який буде використовуватись, приготування робочих розчинів; обробка біологічного матеріалу; облік смертності досліджуваних об'єктів; обробка одержаних результатів. Показано особливості застосування пробіт-аналізу за визначення токсичності інсектицидів та фунгіцидів різних хімічних груп та з різним механізмом дії. В якості прикладу розглянуто застосування методу для визначення токсичності інсектоакарициду Вертимек 018 ЕС, КЕ проти павутинного кліща (*Tetranychus urticae* Koch.). **Висновки.** Результати досліджень свідчать про ефективність методу пробіт-аналізу у визначенні токсичності засобів захисту рослин, можливість його застосування для оцінки чутливості шкідників і збудників хвороб до пестицидів, моніторингу їх резистентності.

інсектициди; фунгіциди; пробіт-аналіз; смертельна концентрація; ефективна доза; шкідники; збудники хвороб

Застосування пестицидів зводить до мінімуму великі втрати, що виникають через розповсюдження шкідників, хвороб і бур'янів. За даними ФАО, у 2020 р. в світі застосовувалось в середньому 1,81 кг/га пестицидів. У Європі цей показник становив

І.О.В. ШЕВЧУК,
кандидат сільськогосподарських наук

І.О.Г. ВЛАСОВА,
кандидат сільськогосподарських наук

І.І.В. ШЕВЧУК,
кандидат сільськогосподарських наук

І.Ю.Л. СТЕФКІВСЬКА,
¹Інститут захисту рослин НААН,
вул. Васильківська, 33, м. Київ,
03022, Україна
²Інститут садівництва НААН,
вул. Садова, 23, Новосілки,
Київ, 03027, Україна
³Український інститут експертизи
сортів рослин, вул. Генерала Родимцева,
15, м. Київ, 03041, Україна
e-mail: phytoppi@ukr.net,
toxicology_ipp@ukr.net
shevig@ukr.net

1,64 кг/га, у тому числі в Україні — 0,73 кг/га [1]. Найбільші обсяги застосування пестицидів відзначаються на кукурудзі, сої та картоплі [2, 3].

Оцінка токсичності пестицидів є важливим етапом встановлення безпечних доз використання і розробки належних регламентів з їх застосування. Зокрема, при синтезі нових або пошуку більш ефективних та менш небезпечних інсектицидів проводять первинну оцінку їхньої токсичності (скринінг) для певних тест-об'єктів. Крім того, широке застосування пестицидів викликало проблеми, пов'язані з виникненням резистентності до них у популяціях шкідливих організмів [4–7].

Оцінка токсичності пестицидів включає проведення низки досліджень, з яких найчастіше застосовують дози або концентрації, що спричиняють 50-відсоткову загибель особин: летальна доза (ЛД₅₀, д.р. мг/кг),

смертельна концентрація (СК₅₀, д.р. %). Реакція досліджуваного об'єкта може бути представлена як параметр, відмінний від смертності. У такому випадку використовують показник ефективної концентрації (ЕК₅₀, д.р. % — концентрація, що викликає 50% зниження вимірюваного показника).

Найпоширенішим методом, що використовується для аналізу даних про смертність за застосування певного діапазону доз/концентрацій, є пробіт-аналіз, який є спеціалізованою формою регресійного аналізу.

Термін «пробіт» («probit») походить від скорочення вислову «probability unit» — «одиниця ймовірності». Вперше його запропонував Честер Блісс (Chester Bliss) у 1934 р., згодом він був удосконалений Miller і Tainter та Finney [8, 9]. З його допомогою досліджують зв'язок між бінарною змінною-відгуком (тобто змінною, яка має одне з двох можливих значень-результатів — позитивний/негативний, живий/мертвий) та безперервною змінною, що характеризує чинник, який впливає на об'єкт. Це допомагає оцінити ймовірність того, наприклад, що комаха загине при дії певної кількості пестициду.

Пробіт-аналіз використовують у різних галузях, проте найширше його застосовують в токсикології для визначення ефективних або смертельних доз токсичних речовин, порівняння дії різних сполук або ж з метою визначення резистентності різних популяцій до певного токсиканту [10–12].

Мета досліджень — розглянути основні поняття, які використовуються в методі пробіт-аналізу, особливості його застосування для визначення токсичності

пестицидів, зокрема інсектицидів, акарицидів та фунгіцидів.

Методика досліджень. Пробіт-аналіз базується на припущенні, що результат дії токсичного агента, відображення якого є показник смертності, графічно має вигляд S-подібної кривої «концентрація — відповідь». Принцип даного методу полягає в трансформації даної кривої на пряму лінію. Для цього застосовується логарифмічне перетворення доз (концентрацій), а відповідні значення ефекту виражають в умовних одиницях — пробітах. Значення пробітів розраховується за формулою:

$$y_i = \Phi^{-1}(p_i), \quad (1)$$

де y_i — пробіти; Φ^{-1} — зворотна кумулятивна функція розподілу ймовірностей стандартного нормального розподілу; p_i — скоригована смертність.

Для подальшого аналізу одержаних даних використовують регресійний аналіз із застосуванням методів найменших квадратів або максимальної правдоподібності. В результаті залежність стає лінійною і може бути описана формулою, яка має загальний вигляд:

$$y = kx + b, \quad (2)$$

де y — очікувана смертність в пробітах; x — логарифм дози/концентрації; k — кутовий коефіцієнт; b — вільний член.

Надалі робота проводиться з прямими лініями [8—10].

Результати досліджень. Метод пробіт-аналізу відомий досить давно, він широко застосовується на практиці і вважається найбільш достовірним для визначення показників токсичності пестицидів.

Загалом визначення показників токсичності можна поділити на такі основні етапи:

- відбір біологічного матеріалу;
- визначення діапазону доз пести-

цидів, який буде використуватись, приготування робочих розчинів;

- обробка біологічного матеріалу;
- облік смертності досліджуваних об'єктів;
- обробка одержаних результатів (обчислення основних показників токсичності та їхні помилки).

Для токсикологічних досліджень біологічний матеріал має бути однорідним, наприклад: комахи — зібрані в природних умовах на одному і тому ж полі при живленні однаковим сортом; монспорові культури гриба — одного ізоляту.

Для дослідження реакції шкідливого об'єкта серію дозувань пестициду добирають таким чином, щоб вона охоплювала якомога більший діапазон реакції — від мінімальної, за якої гине 5—10% особин, до максимальної, коли рівень смертності становить 90% і більше. З метою стандартизації дослідів розрахунки ведуть за діючою речовиною препарату та застосовують однакову схему розведень, наприклад логарифмічну: 0,1; 0,01; 0,001; 0,0001; 0,00001%, або за необхідності 0,1; 0,05; 0,025; 0,01; 0,005%.

За розрахунку концентрацій спочатку визначають кількість препарату, необхідного для приготування найбільш концентрованого (маточного) розчину. Використовують наступну формулу:

$$V = \frac{cv}{C} \times 100, \quad (3)$$

де V — кількість вихідного препарату для приготування необхідного об'єму розчину із заданою концентрацією; c — вміст діючої речовини у заданому розчині; v — необхідний для дослідів об'єм розчину; C — вміст діючої речовини у вихідному препараті.

Приготований розчин поступово розводять водою за схемою, поданою на рисунку 1. Оскільки для визначення $СК_{50}$ (смертельної концентрації) необхідно мати не менше трьох точок, що лежать в межах від $СК_{16}$ до $СК_{84}$, використовують не менше 5—6 концентрацій.

Наступним етапом є обробка біологічного матеріалу з використанням різних доз досліджуваної речовини (пестициду). Для цього використовують методики, специфічні як для кожної з груп досліджуваних об'єктів, так і для різних класів пестицидів. При дослідженні інсектицидів киш-

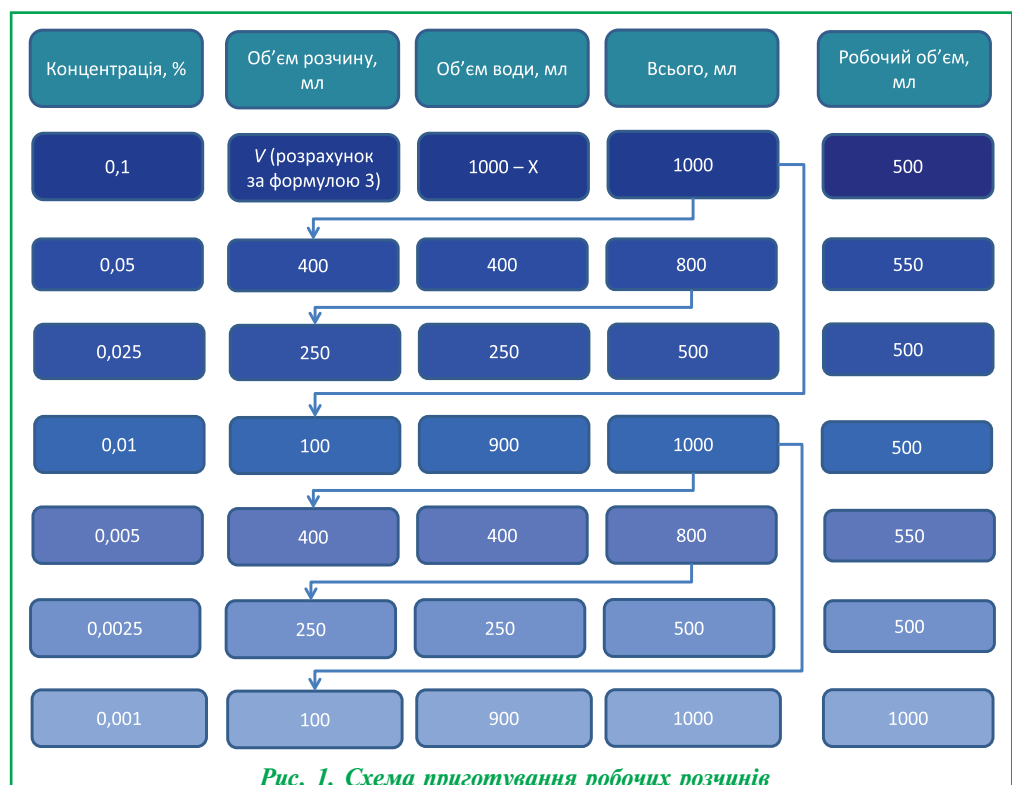


Рис. 1. Схема приготування робочих розчинів

кової дії використовують метод згодовування комахам отруєного корму. Для визначення токсичності інсектицидів контактної дії розчин інсектициду наносять безпосередньо на тіло комах або ж розташовують їх на попередньо обробленій поверхні. Обліковують загиблих комах через 7, 12, 24, 48 годин. Для оцінювання тривалості токсичної дії інсектицидів та акарицидів обліки проводять також і на наступні дні (до 7—14 діб залежно від виду комах і класів та класу препаратів).

Для кожної з доз обраховують смертність за наступною формулою:

$$P = \frac{m}{n} \times 100, \quad (4)$$

де P — смертність, %; m — кількість загиблих особин, екз.; n — кількість особин у дослідному варіанті, екз.

У випадку, коли в контрольному варіанті спостерігається загибель комах, розраховують смертність з поправкою на контроль за формулою Еббота:

$$P_c = \frac{P_i - P_0}{100 - P_0} \times 100, \quad (5)$$

де P_c — скоригована смертність, %; P_0 — смертність у контролі, %; P_i — смертність у досліді, %.

За оцінювання токсичної дії фунгіцидів дослідження проводять в лабораторних (*in vitro*) та лабораторно-вегетаційних (*in vivo*) умовах. Лабораторні методи досліджень загалом можна поділити на дві групи: перша базується на пророщуванні спор збудника в розчині (емульсії, суспензії) фунгіциду на предметних скельцях у вологій камері, друга — на культивуванні патогенів на живильних середовищах.

За допомогою першого з методів досліджують гриби, що добре спороносять й відносно легко культивуються на штучних поживних середовищах або на природних субстратах. Також можливе використання спор, які змивають з уражених тканин безпосередньо перед початком досліді.

Застосування другої групи методів дає змогу дослідити чутливість до препарату збудників хвороб, зокрема тих, що не фор-

мують спороношення на живильних середовищах.

Комплексне застосування лабораторних методів дає змогу встановити чутливість до фунгіцидів як спор так і міцелію гриба. Проте дані методи не дозволяють провести оцінку деяких облигатних збудників хвороб, дослідження з якими проводять в умовах *in vivo*.

Для культивування грибів можуть застосовуватись різні живильні середовища, найчастіше використовують картопляно-глюкозний агар, на якому спостерігається задовільний ріст та спороношення більшості некротрофних патогенів. Збудники культивують за температури 22—26°C у чашках Петрі або в пробірках на скошеному агарі. Вік культури має бути однаковим та оптимальним для кожного з грибів.

Спорову суспензію готують не раніше ніж за 30 хв до початку досліді. Для цього в пробірку чи чашку з культурою гриба наливають стерильну дистильовану воду, потім беруть голку з розміщенням на ній шматочком стерильної гумки й легенько проводять нею по поверхні культури. Одержану спорову суспензію фільтрують через марлю. Якщо рівень життєздатності спор знижений, до суспензії додають 0,05% цукрози, щоб сприяти їхньому проростанню. Визначають вихідну концентрацію спор в суспензії за допомогою камери Горяєва. Для досліджень використовують суспензію з концентрацією 5×10^4 спор/мл. Одержану вихідну суспензію розводять стерильною дистильованою водою до необхідного рівня та контролюють концентрацію, використовуючи камеру Горяєва.

Маточний розчин фунгіциду готують з розрахунку на 100 мл. Готують робочі розчини відповідно до схеми (рис. 1), методом розведення маточного розчину. Предметні скельця попередньо стерилізують й безпосередньо перед дослідом протирають ватою, змоченою етиловим спиртом. Щоб уникнути розтікання крапель розчину, використовують предметні скельця із заглибленнями (лунками).

Розчин фунгіциду наносять на предметні скельця по 1—2 краплі, підсушують, після чого додають такий самий об'єм суспензії конідій. У контролі застосовують спорову суспензію без фунгіциду. За іншого методу спорову суспензію (0,5 мл) в пробірці змішують з 0,5 мл розчину фунгіциду, струшують і краплю одержаної суміші ($\approx 0,1$ мл) наносять на предметне скельце. У даному випадку готують маточний розчин, концентрація якого вдвічі більша, враховуючи те, що за додавання спорової суспензії концентрація препарату і конідій зменшується вдвічі. У контрольному варіанті замість розчину фунгіциду використовують стерильну дистильовану воду [13]. Скельця розміщують у вологій камері, для чого в чашки Петрікладають два шари фільтрувального паперу, зволоженого стерильною дистильованою водою (5—7 мл). Для кожної концентрації, включаючи контроль, роблять 3—4 повторення.

Чашки Петрі витримують 24 години в термостаті за температури $25 \pm 2^\circ\text{C}$. Обліки проводять при малому збільшенні мікроскопа ($16\times$), підраховуючи в 10-ти місцях кожної краплини кількість пророслих чи непророслих конідій. На кожному повторенні враховують 100 конідій. Пророслою вважається та спора, в якій рісток більший за половину діаметра. Виразовують відсоток пророслих спор [13].

Гальмування проростання конідій, з урахуванням поправки на контроль, розраховують за формулою Еббота:

$$T = \frac{G_c - G_t}{G_c} \times 100, \quad (6)$$

де T — гальмування проростання конідій, %; G_c — відсоток пророслих конідій в контролі, %; G_t — відсоток пророслих конідій в досліді, %.

Дослід повторюють тричі. Для кожної з концентрацій вираховують середній відсоток гальмування з трьох серій.

Також для оцінки чутливості збудників хвороб до фунгіцидів

використовують метод вирощування культур на агаризованому середовищі із розчином фунгіциду [14]. Градієнт концентрацій препарату створюють за допомогою розведень, як описано вище. Розчин фунгіциду вводять до розплавленого середовища при 40—50°C й збовтують. При цьому слід враховувати, що відбувається взаємне зниження концентрацій як препарату, так і середовища. Живильне середовище з препаратом розливають у чашки Петрі (по 20 мл). Повторність дослідів для кожної з концентрацій — п'ятиразова. В якості контролю застосовують чашки Петрі з середовищем без додавання фунгіциду. Інокуляцію агарової пластини проводять через 16—20 год після розливання середовища. Частинку міцелію гриба наносять голкою в трьох місцях агарової пластини. Культури витримують в термостаті при температурі 22—26°C. Визначають середній розмір колоній, для чого двічі вимірюють діаметр кожної з них під кутом 90°. Гальмування росту колоній обчислюють за формулою [13]:

$$MGI = \frac{D_c - D_l}{D_c} \times 100, \quad (7)$$

де MGI — гальмування росту колонії, %; D_c — діаметр колонії в контролі; D_l — діаметр колонії в досліді.

Використовують також метод, коли препарат не додається до середовища безпосередньо. Диски фільтрувального паперу діаметром 12 мм змочують водним розчином, суспензією або емульсією фунгіциду та розкладають на поверхню живильного середовища. В центрі кожного з них розміщують диск живильного середовища з міцелієм гриба діаметром 5 мм [15].

До лабораторно-вегетаційних дослідів відносять методи, які передбачають оцінювання чутливості збудників до фунгіцидів за допомогою штучного зараження рослин (на ранніх стадіях розвитку), їх частин або плодів. Ступінь ураження обліковують за відповідними баловими шкалами та вираховують розвиток

хвороби. Гальмування ураження визначають за формулою Еббота.

Наступним етапом є обробка одержаних результатів і визначення $СК_{50}$ ($ЕК_{50}$). При цьому можна застосовувати як спеціалізовані статистичні програми (SPSS, R, StatPlus, Polo Plus тощо), так і програмне забезпечення загального призначення, зокрема Microsoft Excel.

Перш за все скоригований відсоток смертності (гальмування росту) переводиться в пробіти за допомогою таблиці 1 або з використанням комп'ютерних програм. Наприклад, при застосуванні Microsoft Excel використовується функція НОРМ.ОБР() (NORM.INV()) із значеннями параметрів $\mu=5$, $\sigma=1$. Вираховуються десяткові логарифми концентрацій.

Далі будується діаграма, де по осі x відображається логарифм концентрації речовини, а по осі y — пробіти. За допомогою регресійного аналізу розраховується рівняння лінійної регресії. Важливим показником цього рівняння є кут нахилу пробіт-лінії. Чим він менший, тим горизонтальніше лежить лінія загибелі, тим більший діапазон концентрацій вона охоплює і більш гетерогенною є популяція за чутливістю до препарату. Зменшення кута нахилу лінії регресії аналізованої популяції свідчить про спрямованість процесу в популяції у бік розвитку резистентності до досліджуваного токсиканта [11, 12].

Використовуючи одержане рівняння знаходять значення логарифма концентрації, яке відповідає пробіту 5 (загибель 50%). Далі здійснюють його антилогарифмічне перетворення, в результаті чого одержують значення $СК_{50}$. Аналогічно можуть бути розраховані показники $СК_{95}$, $СК_{84}$, $СК_{16}$.

Стандартна помилка (SE) вираховується за формулою:

$$SE = \frac{LC_{84} - LC_{16}}{\sqrt{2N}} \times 100, \quad (8)$$

де LC_{84} відповідає пробіту 6, LC_{16} — пробіту 4, N — кількість особин у групах, використаних для доз, для яких значення пробітів знаходяться в межах від 3,5 до 6,5.

Розглянемо застосування пробіт-аналізу на конкретному прикладі. В якості біологічного об'єкта був обраний павутинний кліщ (*Tetranychus urticae* Koch.). Досліджували дію препарату Вертимек 018 ЕС, КЕ, діючою речовиною якого є абабектин (18 г/л).

Отруєння кліщів проводили методом підсадки дорослих самиць кліщів на висічки із попередньо оброблених листків квасолі. Робочі розчини розводили за діючою речовиною. З вільних від кліщів листків квасолі робили висічки діаметром 22,5 мм, які за допомогою пінцета занурювали на три секунди у водні розчини препаратів заданих концентрацій (0,01 .. 0,000001 % д.р.).

1. Таблиця перерахунку відсотків смертності у пробіти [16]

%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-	2,67	2,95	3,12	3,25	3,36	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,87	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,25	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
99	7,33	7,37	7,41	7,46	7,51	7,58	7,65	7,75	7,88	8,09

Контролем були чотири висічки з листків квасолі, занурені у воду. Висічки після підсушування розкладали в заздалегідь підготовлені чашки на вологу вату нижньою стороною догори. В одну чашку Петрі вміщували чотири висічки. На кожен висічку підсаджували під бінокуляр за допомогою препарувальної голки 10 самиць кліща. Для кожної концентрації, включаючи контроль, брали чотири повторності. Обліки смертності кліщів проводили через 24 год.

Смертність кліщів у досліді, залежно від концентрації, варіювала в межах від 38,4 до 90,0% (табл. 2). У контролі загинели дослідних об'єктів не спостерігали, тому коригування показника смертності для врахування поправки на контроль не проводили.

Розраховували пробіти за допомогою програми Microsoft Excel, значення становило від 4,705 до 6,282 (табл. 2). Регресійний аналіз одержаних даних та побудову графіка також здійснювали у Microsoft Excel. Для визначення кутового коефіцієнта нахилу використовували функцію НАКЛОН() (SLOPE()), а для вільного члена — ОТРЕЗОК() (INTERCEPT()). У результаті одержали рівняння: $y = 0,2578x + 6,7607$ (рис. 2). Підставляючи в нього значення пробіту 5 (y), одержуємо: $x = (y - 6,7607) / 0,2578 = (5 - 6,7607) / 0,2578 = -6,8297$. Тобто пробіту 5 відповідає логарифм концентрації $-6,8297$. Отже, $СК_{50}$ абамектину для самиць павутинного кліща дорівнює $10^{-6,8297} = 1,48 \cdot 10^{-7}\%$.

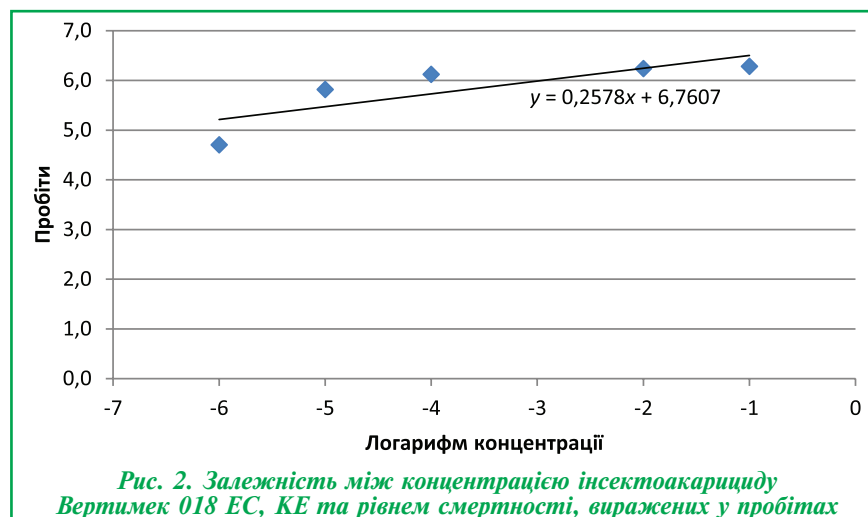
ВИСНОВКИ

Результати досліджень свідчать про ефективність методу пробіт-аналізу у визначенні токсичності засобів захисту рослин, можливість його застосування для оцінювання чутливості шкідників і збудників хвороб до пестицидів, моніторингу їхньої резистентності.

Фінансування. Дослідження виконували в рамках завдань 24.01.02.03.Ф «Наукові основи

2. Дія Вертимеку 018 ЕС, КЕ (абамектин, 18 г/л) на самиць звичайного павутинного кліща

Препарат	Концентрація, % за д.р.	Кількість кліщів, екз.	Середній % смертності	Логарифм концентрації	Пробіт
Вертимек 018 ЕС, КЕ (абамектин, 18 г/л)	0,1	40	90,0	-1	6,282
	0,01	40	89,25	-2	6,240
	0,0001	40	86,9	-4	6,122
	0,00001	40	79,25	-5	5,815
	0,000001	40	38,4	-6	4,705
Контроль (обробка водою)	0	40	0	—	—



управління розвитком хвороб грибної етіології в трансформованих агроценозах», 24.05.02.01.Ф «Еколого-токсикологічні основи оптимізації хімічного захисту сільськогосподарських культур від шкідників для фітосанітарного оздоровлення агроценозів», 22.01.03.04.Ф «Розроблення теоретичних основ ефективного управління фітосанітарним станом плодових і ягідних агроценозів при виробництві органічної продукції»

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

ЛІТЕРАТУРА

1. FAOSTAT. Pesticides indicators [Електронний ресурс]. URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/EP> (дата звернення 15.02.2023).
2. United Nations Environment Programme. Synthesis Report on the Environmental and Health Impacts of Pesticides and Fertilizers and Ways to Minimize Them. Geneva, 2022. 72 p.
3. Fernandez-Cornejo J., Nehring R., Osteen C. et al. Pesticide Use in U.S. Agriculture: 21 Selected Crops, 1960—2008. Technical report. United States Department of Agriculture, 2014. 86 p.
4. Березовська-Бригас В.В., Секун М.П. Моніторинг резистентності до інсектицидів у

популяціях шкідників сільськогосподарських культур. Збірник наукових праць Національного наукового центру Інститут землеробства НААН. 2018. №3. С. 39-49.

5. Власова О.Г., Секун М.П., Зацеркляна М.Д. Антирезистентна система захисту рослин від шкідливих членистоногих. Захист і карантин рослин. 2020. Вип. 66. С. 58-73.

6. Beckie H.J., Busi R., Lopez-Ruiz F.J., Umina P.A. Herbicide resistance management strategies: how do they compare with those for insecticides, fungicides and antibiotics? Pest Management Science. 2021. V. 77, N 7. P. 3049-3056. <https://doi.org/10.1002/ps.6395>

7. Corkley I., Fraaije B., Hawkins N. Fungicide resistance management: Maximizing the effective life of plant protection products. Plant Pathology. 2022. V. 71, N 1. P. 150-169. <https://doi.org/10.1111/ppa.13467>

8. Sparling D.W. Modeling in Ecotoxicology. In: Ecotoxicology Essentials, Academic Press, 2016. P. 361-390. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801947-4.00012-3>

9. Arambašić M.B., Randhawa M.C. Comparison of the methods of Finney and Miller-Tainter for the calculation of LD50 values. World Applied Sciences Journal. V. 32, N 10. P. 2167-2170. <https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2014.32.10.9132>

10. Denham B.E. Probit analysis. In: Categorical Statistics for Communication Research. John Wiley & Sons, Inc., 2017. P. 118-215.

11. Demidenko E., Miller T.W. Statistical determination of synergy based on Bliss definition of drugs independence. PLoS ONE. 2019. V. 14, N 11. Article: e0224137. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224137>

12. Lei C., Sun X. Comparing lethal dose ratios using probit regression with arbitrary slopes. BMC Pharmacology and Toxicology,

2018. V. 19. Article: 61. <https://doi.org/10.1186/s40360-018-0250-1>

13. Koka J.A., Bhat M.Y., Wani A.H. In vitro efficacy of fungicides on mycelial growth and spore germination of *Alternaria alternata* and *Mucor plumbeus*. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*. 2021. V. 11, N 3. P. 17-22. <https://doi.org/10.22270/jddt.v11i3.4692>

14. Balouri M., Sadiki M., Ibsouda S.K. Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *Journal of Pharmaceutical Analysis*. 2016, V. 6, N 2. P. 71-79. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpha.2015.11.005>

15. Ceiro-Catasú W.G., Rueda-Puente E.O., Rondón-Fonseca R. et al. Inhibición del crecimiento de *Fusarium oxysporum* f. sp. *nicotianae* por dos métodos de envenenamiento in vitro con fungicidas de diferentes grupos toxicológicos. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 2022. V. 39, N 3. Article e223944. [https://doi.org/10.47280/RevFacAgron\(LUZ\).v39.n3.10](https://doi.org/10.47280/RevFacAgron(LUZ).v39.n3.10)

16. Hamidi M.R., Jovanova B., Panovska T.K. Toxicological evaluation of the plant products using Brine Shrimp (*Artemia salina* L.) model. *Macedonian Pharmaceutical Bulletin*. 2014. V. 60, N 1. P. 9-18. <http://dx.doi.org/10.33320/maced.pharm.bull.2014.60.01.002>

¹Shevchuk O.,
ORCID: 0000-0003-0954-1922

¹Vlasova O.,
ORCID: 0000-0002-5704-3322

²Shevchuk I.,
ORCID: 0000-0001-6625-9427

³Stefkivska Yu.,
ORCID: 0000-0002-5679-0377

¹Institute of Plant Protection of NAAS,
33, Vasylykivska str., Kyiv,
03022, Ukraine

²Institute of horticulture NAAN,
Sadova st., 23, Novosilky, Kyiv,
03027, Ukraine

³Ukrainian institute for plant variety
examination, 15, Henerala Rodymtseva str.,
Kyiv, 03041, Ukraine
e-mail: phytoppi@ukr.net,
toxicology_ipp@ukr.net,
shevig@ukr.net

Determination of pesticide toxicity parameters using probit-analysis

Goal of the research is to consider the main concepts used in the probit-analysis method, the features of its application to determine the toxicity of pesticides, in particular insecticides, acaricides and fungicides. **Methods.** To determine the toxicity of pesticides, the method of probit-analysis was used. It consists in determining the dose of a substance necessary to achieve a certain level of mortality of test organisms, based on the transformation of the S-shaped «dose-effect» curve into a straight line. **Results.** The article describes in detail the

main stages of probit-analysis: selection of biological material; determination of the pesticide dose range to be used and preparation of working solutions; processing of biological material; assessing the mortality of the studied objects; processing of the obtained results. The peculiarities of its use in determining the toxicity of insecticides and fungicides of different chemical groups and with different mechanisms of action are shown. As an example, the application of the method for determining the toxicity of insecto-acaricide Vertimek 018 EC against the spider mite (*Tetranychus urticae* Koch.) is given. **Conclusion.** The results of the research show the effectiveness of the probit-analysis method in determining the toxicity of pesticides, the possibility of its application for assessing the sensitivity of pests and pathogens to pesticides, and monitoring of their resistance.

insecticides; fungicides; probit-analysis; median lethal concentration; median effective dose; pests; diseases

Надійшла до редакції: 02.05.2023

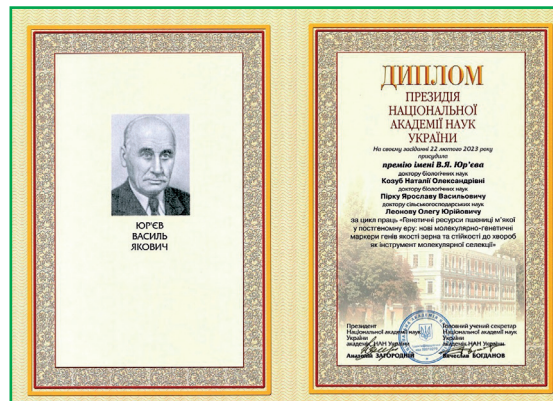
Прийнята до друку: 15.05.2023

Надруковано й опубліковано онлайн:
липень 2023

ВРУЧЕННЯ НАГОРОД ЛАУРЕАТАМ ПРЕМІЙ ІМЕНІ ВИДАТНИХ УЧЕНИХ УКРАЇНИ ЗА ПІДСУМКАМИ КОНКУРСУ 2022 РОКУ

Під час чергової сесії Загальних зборів Національної академії наук України, що відбулася 27 квітня 2023 року в Києві, Президент НАН України академік Анатолій Загородній вручив дипломи лауреатам премій імені видатних учених України за підсумками конкурсу 2022 року.

Премію імені Василя Яковича Юр'єва за видатні наукові роботи в галузі генетики і створення нових методів акліматизації, більш високоврожайних сортів сільськогосподарських культур та високопродуктивних порід тварин — за цикл праць «Генетичні ресурси пшениці м'якої у постгеномну еру: нові молекулярно-генетичні маркери генів якості зерна та стійкості до хвороб як інструмент молекулярної селекції» отримали: завідувачка лабораторії екологічної генетики рослин та біотехнології Інституту захисту рослин



НААН України доктор біологічних наук Наталія Козуб; учений секретар Державної установи «Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України» доктор біологічних наук Ярослав Пірко; завідувач лабораторії Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН України доктор сільськогосподарських наук Олег Леонов.

САМОРЕГУЛЯЦІЯ УГРУПОВАНЬ КОМАХ

в агроценозах центральної частини Лісостепу України

Мета. Встановлення впливу систем землеробства на збереження корисної ентомофауни в агроценозах пшениці озимої і буряків цукрових та визначення її ролі у контролюванні чисельності фітофагів. **Методи.** Польові, лабораторні, статистичні. **Результати.** Встановлено, що органічна система землеробства, завдяки виключенню використання засобів хімізації в технологіях вирощування сільськогосподарських культур, сприяє накопиченню в агроценозах корисної ентомофауни, яка в свою чергу істотно впливає на щільність популяції окремих видів фітофагів за рахунок, головним чином, хижацтва та паразитизму. Зокрема, за цієї системи землеробства чисельність турунів (Carabidae), кокцинелід (Coccinellidae), золотоочок (Chrysomelidae), сирфід (Syrphidae), карапузиків (Histeridae) у кілька разів більша, порівняно з промисловою. За даними проведених досліджень, щільність популяції цих ентомофагів в агроценозах пшениці озимої і буряків цукрових за органічної системи землеробства переважала промислову у 4—5 разів. Відповідно і чисельність довгоносиків (Curculionidae), попелиць (Aphididae) та інших фітофагів у посівах даних культур за органічної системи землеробства була меншою у 3—4 рази порівняно з промисловою. За роки досліджень у посівах буряків цукрових за органічної системи землеробства щільність популяції довгоносиків дорівнювала 3,0 екз./м², а за промислової — 15 екз./м², у 5 разів більше. Так само це стосується попелиць, жука-кузьки, клопів тощо. **Висновки.** За органічної системи землеробства в агроценозах буряків цукрових і пшениці озимої щільність популяції корисної ентомофауни у 4—5 разів більша ніж за промислової, що певною мірою позначилося на чисельності основних фітофагів у посівах цих культур.

фітофаги; ентомофаги; контроль чисельності; хижацтво; паразитизм; органічна; промислова

Збереження видового різноманіття в агроценозах сільськогос-

В.Т. САБЛУК,
доктор сільськогосподарських наук,
професор

Н.М. ЗАПОЛЬСЬКА,
кандидат сільськогосподарських наук

К.М. ШЕНДРИК,
кандидат біологічних наук

В.Г. ДИМИТРОВ, аспірант
Інститут біоенергетичних культур
і цукрових буряків НААН України,
вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03141, Україна
e-mail: zapolska_katerina@i.ua

подарських культур — важлива проблема, вирішення якої дозволить забезпечити природну регуляцію чисельності фітофагів і таким чином виключатиме потребу у застосуванні спеціальних заходів захисту рослин від них. Одним із способів досягнення цієї мети є широке використання у виробництві органічної (біологічної) системи землеробства, яка базується на повній забороні застосування в технологіях вирощування сільськогосподарських культур мінеральних добрив, пестицидів та інших хімічних сполук, замінивши їх агротехнічними, біологічними та іншими засобами. Завдяки такому підходу в агроценозах створюються умови збереження корисної ентомофауни, яка підтримує щільність популяцій фітофагів на певному мінімальному рівні, який не позначається на продуктивності сільськогосподарських культур. У цьому, на наш погляд, і полягає суть визначення терміну «саморегуляція угруповань комах в агроценозах»

В останні роки все більшого значення набуває збереження видового біорізноманіття в екосистемах. Досягти цього можливо у першу чергу за рахунок широкого впровадження у виробництво

біологічної системи землеробства, яка базується на природному способі отримання сільськогосподарської продукції. Завдяки такому підходу створюються передумови для збереження в агроценозах корисної ентомофауни, яка сприяє відновленню принципу природної саморегуляції угруповань комах в агроценозах.

У сільському господарстві України мають місце різні системи землеробства [1—3]. Зокрема, поряд з традиційною промисловою системою, яка передбачає використання мінеральних добрив, регуляторів росту та пестицидів при вирощуванні сільськогосподарських культур, в останні роки набуває поширення органічна система землеробства, яка базується на отриманні сільськогосподарської продукції без застосування в технологіях засобів хімізації, а за потреби — лише біологічних препаратів для контролю чисельності фітофагів і ураженості рослин хворобами. Головним принципом цієї системи є застосування агротехнічних заходів для захисту посівів від бур'янів та використання сидератів. Захист посівів від шкідників і хвороб здійснюється агротехнічними, біологічними та іншими методами. Водночас проводиться корекція структури землекористування та моделювання структури посівів як регулятора фітосанітарного стану агроценозів [4—6].

Крім того, все більшого поширення набуває впровадження у виробництво енергозберігаючих технологій з відповідними способами обробки ґрунту, що направлені на збереження та відтворення його родючості. При цьому наголос робиться на мінімалізації ґрунтообробних операцій, які сприяють реалізації біологічних можливостей саморе-

гуляції біоценозів. Такі системи обробітку ґрунту, в порівнянні з традиційними, сприяють кращому накопиченню і збереженню вологи у верхньому шарі ґрунту і оптимізують поживний режим [7, 8]. Водночас ці системи істотно впливають на формування ентомокомплексів шкідливої і корисної ентомофаун в агроценозах, що дає можливість впроваджувати методи управління динамікою чисельності популяцій. Останнє надзвичайно важливо, оскільки в основі цього процесу лежить принцип саморегуляції угруповань комах в агроценозах, тобто завдяки відсутності або оптимізації використання засобів хімізації зберігаються корисні комахи — ентомофаги, які живляться фітофагами, або паразитують на них і таким чином підтримують їхню чисельність на певному рівні [9].

Промислова (інтенсивна) система землеробства є найбільш поширеною і енергозатратною. Вона передбачає використання мінеральних добрив, регуляторів росту, хімічних препаратів для захисту рослин, меліорантів тощо.

Дослідженнями багатьох вітчизняних встановлено, що засоби хімізації, які використовуються у технологіях при вирощуванні сільськогосподарських культур за традиційною (промисловою) системою землеробства, знижують щільність популяції корисних комах в агроценозах або знищують їх повністю. У свою чергу це призводить до розриву природних зв'язків між живими організмами в агроценозах, створюються умови масового розмноження окремих видів фітофагів і виникає нагальна потреба здійснювати контроль їхньої чисельності, використовуючи, здебільшого, ті ж самі засоби хімізації, і це повторюється із року в рік [10, 11].

За органічної системи землеробства, коли пестициди і агрохімікати не застосовуються, відбувається накопичення корисної ентомофауни, відновлюються природні зв'язки між живими організмами в агроценозах і здійснюється саморегуляція угруповань комах, тобто чисельність всіх видів комах підтримується

на певному рівні, не знищуючи повністю одне одного. Завдяки такій рівновазі виключаються спалахи масового розмноження окремих видів і щільність популяції фітофагів здебільшого не перевищує економічних порогів їхньої шкідливості [12, 13].

Обробіток ґрунту безпосередньо впливає на чисельність комах. Після оранки пласта поліпшуються умови для хижих турунів, жуки і личинки яких живляться шкідливими комахами. Зростання кількості турунів сприяє розпушуванню ґрунту, що полегшує їхнє пересування в ньому.

Певне значення у підвищенні стійкості сільськогосподарських культур проти шкідливих організмів має збалансоване живлення рослин, яке сприяє регенерації пошкодженої вегетативної маси рослин і зменшує втрати врожаю від багатьох видів шкідників. Систематичне внесення оптимальних норм органічних добрив у поєднанні з методами поліпшення водного режиму ґрунту підтримує видову різноманітність з великою кількістю корисних видів членистоногих в сівознах [14—16].

Нині найбільш поширеним є хімічний метод контролю чисельності фітофагів. Він відрізняється від інших вищою ефективністю і можливістю використання у випадках, коли шкідник розмножується у значній чисельності. Проте хімічний метод має недоліки, які пов'язані з побічною дією пестицидів. Багато з інсектицидів отруйні не тільки для шкідників, а й для корисних комах, бо порушують природну регуляцію їхньої чисельності.

Отже, з короткого огляду літературних джерел можна зробити висновок, що як в Україні так і за її межами створенню умов для саморегуляції угруповань комах в агроценозах поки що приділяється мало уваги. Причиною, на наш погляд, є те, що традиційно для отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур завжди інтенсивно використовуються засоби хімізації як для збалансованого живлення рослин так і для захисту від шкідливих орга-

нізмів. Нам видається, що до цього часу багато товаровиробників навіть не задумуються над тим, як широке застосування мінеральних добрив і пестицидів негативно впливає на довкілля, порушує рівновагу між живими організмами в агроценозах та сприяє розмноженню і накопиченню окремих видів шкідливих комах, які завдають великих збитків сільськогосподарським культурам.

Мета досліджень. Встановлення впливу систем землеробства на збереження корисної ентомофауни в агроценозах пшениці озимої і буряків цукрових та визначення її ролі у контролюванні чисельності фітофагів.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили у 2020—2022 рр. в умовах Білоцерківської (БЦДСС), Веселоподільської (ВПДСС) і Уладово-Люлинської (УЛДСС) дослідно-селекційних станцій Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (ІБКЦБ) у посівах пшениці озимої і буряків цукрових за загальноприйнятими методиками з ентомології [17, 18].

Зокрема, щільність популяції турунів (Coleoptera, Carabidae) встановлювали за допомогою пасток Барбера, які розставляли на дослідних ділянках розміром 100 м² по 10 шт. у шахматному порядку з розрахунку 1 пастка на 10 м² на кожному варіанті — буряки цукрові і пшениця озима за органічної і промислової систем землеробства. Розмір отворів у пастках — 80 мм. Жуків вибирали щодавно, починаючи з III декади квітня і до збору врожаю пшениці озимої та до 1 вересня у посівах буряків цукрових.

Чисельність кокцинелід (імаго і личинок) у посівах буряків цукрових і пшениці озимої, клопа-черепашки (*Eurygaster integriceps* Puton, 1881) та жука-кузьки (*Anisoplia austriaca* Herbst, 1783) у посівах пшениці озимої визначали методом підрахунку їх особин на 100 рослинах у період заселення; чисельність довгоносиків встановлювали методом квадратів у період сходів буряків цукрових (травень), накладаючи рамку 50 × 50 см один раз у пентаду, на

двох суміжних рядках, у чотирьох місцях, у кожному варіанті.

Чисельність попелиць у посівах пшениці озимої і буряків цукрових визначали візуально у відсотках заселених ними рослин. З цією метою оглядали по десять рослин у десяти рівновіддалених місцях по діагоналях поля, або розмішених у шахматному порядку, згідно з методикою [17, С. 27; 18, С. 49].

Органічна система землеробства базується на використанні органічних добрив, мікоризації кореневої системи грибами, побічної продукції рослинництва, біологічних засобів захисту рослин. Використовують зокрема біофунгіциди Фітоцид, р. (живі клітини і спори бактерії *Bacillus subtilis* у кількості не менше $1,0 \times 10^9$ КУО/см³, мікро- та макроелементи, біологічно активні продукти життєдіяльності бактерій: ферменти, вітаміни, фунгіцидні речовини); Міко-Хелп, р. (сапрофітні гриби-антагоністи роду *Trichoderma*, живі клітини бактерій *Bacillus subtilis*, *Azotobacter*, *Enterobacter*, *Enterococcus*, біологічно-активні продукти життєдіяльності мікроорганізмів-продуцентів, загальна кількість життєздатних клітин не менше $1,0 \times 10^9$ КУО/см³); ФітоХелп, р. (концентрат бактерій роду *Bacillus*, найбільш активних проти грибкових та бактеріальних хвороб, титр не менше ніж $4,0 \times 10^9$ КУО/см³). Із біоінсектицидів застосовують Лепідоцид-БТУ, р. (життєздатні клітини бактерії *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*, ендоспори — титр $1,0 \times 10^9$ КУО/см³ та біологічно активні продукти життєдіяльності бактерій: білкові кристали — ендотоксини); Бітоксубацилін-БТУ, р. (життєздатні клітини бактерій *Bacillus thuringiensis*, ендоспори — титр $1,0 \times 10^9$ КУО/см³ та біологічно активні продукти життєдіяльності бактерій: білкові кристали (ендотоксини) і термостабільний екзотоксин); Актоверм, р. (комплекс природних авермектинів — Аверсектин С (0,2%), який утворюється в процесі життєдіяльності штаму-продуценту стрептоміцету

Streptomyces avermitilis і має високу інсектицидну та акарицидну активність).

За промислової системи землеробства для захисту посівів пшениці озимої та буряків цукрових від хвороб застосовували фунгіциди, які створені на базі діючих речовин ципроконазол, карбендазим, манкоцеб та металаксил, а із інсектицидів — імідаклоприд, циперметрин, цигалотрин, хлорпірифос. Крім хімічних засобів захисту рослин від шкідників і хвороб за цієї системи використовували мінеральні добрива (нітроамофос) та синтетичні регулятори росту рослин (Радостим).

Грунтові умови досліджень: чорноземи типові малогумусні, крупнопилувато-середньосуглинкові, вміст гумусу — 3,8—4,49%, рН ґрунту — близька до нейтральної. Щільність ґрунту — 1,16—1,25 г/см³. Вміст продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту — 140—180 мм.

Результати досліджень та обговорення. Встановлено, що системи землеробства істотно впливають на щільність популяції як шкідливої так і корисної ентомофауни. Зокрема, у варіантах з традиційною (промисловою) системою землеробства чисель-

ність фітофагів істотно більша ніж за органічної. За даними обліків, проведених у період вегетації пшениці озимої і буряків цукрових, щільність популяції наземних шкідників на ділянках з промисловою системою була у 3—4 разів більша ніж за біологічної. Особливо це стосується фітофагів звичайного (*Asproparthenis punctiventris* Germar, 1824) та сірого (*Tanymecus palliatus* Fabricius, 1787) бурякових довгоноси-ків, клопа шкідливої черепашки (*Eurygaster integriceps* Puton, 1881), жука-кузьки (*Anisoplia austriaca* Herbst, 1783), злакової (*Schizaphis graminum* Rondani, 1852) та листкової бурякових (*Aphis fabae* Scopoli, 1763) попелиць тощо (табл.).

Щодо корисної ентомофауни, то тут різниця у показниках їхньої чисельності за різних систем землеробства велика. Чисельність турунів (Carabidae) в агроценозах пшениці озимої і буряків цукрових за промислової системи землеробства варіювала у межах 54—214 екз./10 пасток Барбера, тоді як за органічної — 210—686 екз./10 пасток Барбера, або у 3—4 рази більше (рис. 1).

Із числа турунів нами визначено 12 видів із 11-ти родів, значна частина яких (до 70%) є зоофаги

Щільність популяції основних шкідників у посівах сільськогосподарських культур за різних систем землеробства, мережа ДСС ІБКЦБ, 2020—2022 рр.

Шкідник	Система землеробства	Одиниця виміру	Щільність популяції	Разів більше	Культура
Довгоносики звичайний (<i>Asproparthenis punctiventris</i> Germ.), сірий (<i>Tanymicus palliatus</i> F.), **чорний (<i>Psallidium maxillosum</i> F.)	Органічна	екз./м ²	6,0	—	Буряки цукрові
	Промислова		28,0	4,5	
	P-level*	—	0,009	—	
Клоп шкідлива черепашка (<i>Eurygaster integriceps</i> Put.)	Органічна	екз./100 рослин	11,0	—	Пшениця озима
	Промислова		18,0	0,6	
	P-level	—	0,04	—	
Жук-кузька (<i>Anisoplia austriaca</i> H.)	Органічна	екз./100 рослин	21,0	—	Пшениця озима
	Промислова		37,0	1,8	
	P-level	—	0,02	—	
Звичайна злакова попелиця (<i>Schizaphis graminum</i> Rond.)	Органічна	% заселених рослин	22,1	—	Пшениця озима
	Промислова		79,6	3,6	
	P-level	—	0,01	—	
Листкова бурякова попелиця (<i>Aphis fabae</i> Scop.)	Органічна	% заселених рослин	16,6	—	Буряки цукрові
	Промислова		72,1	4,3	
	P-level	—	0,009	—	
*Суттєвість різниці між варіантами дослідів визначали за показником P-level, розрахованим за критерієм Стюдента.					
**Даний вид входить до складу комплексу фітофагів у умовах ВПДСС.					

(*Brosca chephalotes* Linnaeus, 1758, турун головатий; *Calosoma auro-punctatum* Herbst, 1784, красотіл золотистий; *Bembidion properans* Stephens, 1828, бігунчик та ін.) і близько третини — міксофітофаги (*Amara similata* Gyll. 1833, журик насінний; *Harpalus rufipes* Degeery, 1774, турун волохатий тощо).

Так само це стосується і кокцинелід (імаго і личинок). Щільність популяцій цих ентомофагів за органічної системи землеробства істотно переважала показник промислової системи землеробства. Зокрема, в агроценозах пшениці озимої чисельність імаго і личинок цих ентомофагів за органічної системи у всіх дослідно-селекційних станціях становила 125—202 екз./100 рослин, тоді як за промислової — 36—69 екз./100 рослин, а у посівах буряків цукрових відповідно 37—77 і 156—288 екз./100 рослин, що майже у 4 рази більше (рис. 2).

Наявність в агроценозах сільськогосподарських культур корисної ентомофауни в свою чергу проявляє значний вплив на щільність популяції фітофагів. Зокрема, чисельність довгоносиків у посівах буряків цукрових за органічної системи землеробства істотно менша ніж в умовах промислової. За роки досліджень на полях дослідно-селекційних станцій щільність популяції довгоносиків за органічної системи землеробства становила у середньому 1—3 екз./м² за чисельності турунів 350—686 екз./10 пасток Барбера, а за промислової ці показники були відповідно 4,4—15,0 екз./м² і 74—214 екз./10 пасток Барбера. Можна припустити, що ці ентомофаги — зоофаги і деякі види міксофітофагів — певною мірою впливають на щільність популяції довгоносиків (рис. 3).

Аналогічна залежність фіксується між щільністю популяцій листової бурякової попелиці і чисельністю кокцинелід (рис. 4).

За органічної системи землеробства щільність популяції цих ентомофагів значно більша ніж за промислової. Відповідно чисельність листової бурякової попелиці у посівах буряків цукрових істотно менша ніж за

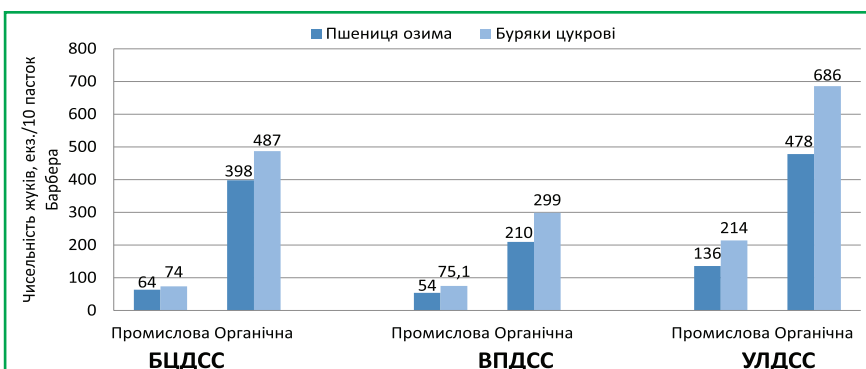


Рис. 1. Чисельність турунів в агроценозах пшениці озимої і буряків цукрових, мережа ДСС ІБКіЦБ, 2020—2022 рр.

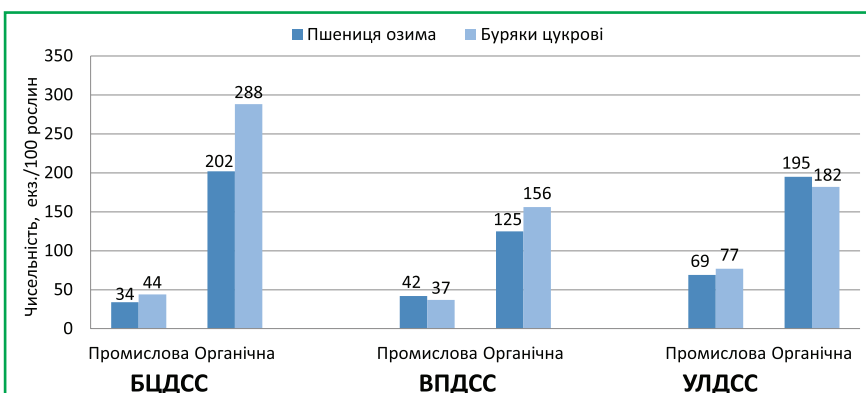


Рис. 2. Чисельність кокцинелід (імаго + личинки) в агроценозах пшениці озимої і буряків цукрових, мережа ДСС ІБКіЦБ, 2020—2022 рр.

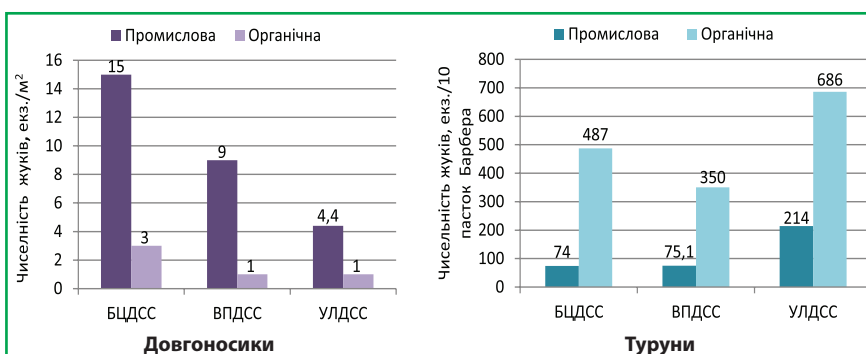


Рис. 3. Щільність популяції довгоносиків залежно від чисельності турунів в агроценозах буряків цукрових, мережа ДСС ІБКіЦБ, 2020—2022 рр.

Примітки: 1. Чисельність довгоносиків показана у середньому за роки досліджень за максимальної їхньої кількості в обліках на конкретну дату.
2. Щільність популяції турунів — сумарний показник за всіх обліків.

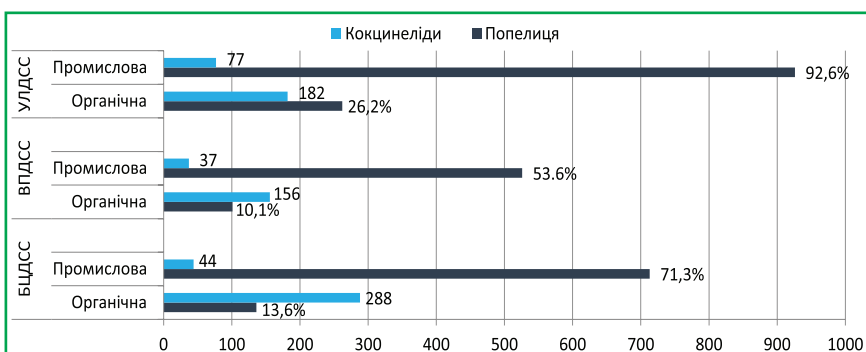


Рис. 4. Заселеність (%) посівів буряків цукрових листовою буряковою попелицею залежно від щільності популяції кокцинелід (екз./100 рослин), мережа ДСС ІБКіЦБ, 2020—2022 рр.

промислової. Зокрема, в умовах всіх дослідно-селекційних станцій заселеність листкової поверхні рослин буряків цукрових цим шкідником становила 10,1–26,2%, тоді як у варіантах з промисловою — 53,6–92,6%, або майже у 4–5 разів більше.

Чисельність імаго і личинок кокцинелід дорівнювала, відповідно, 156 та 288 екз./100 рослин, а за промислової — 37 та 77 екз./100 рослин.

ВИСНОВКИ

Органічна система землеробства, яка передбачає використання у технологіях вирощування сільськогосподарських культур тільки органічних добрив, регуляторів росту рослин біологічного походження, біопрепаратів для захисту посівів від шкідників і хвороб та агротехнічних методів контролювання бур'янів, сприяє збереженню в агроценозах корисної ентомофауни, яка в свою чергу істотно знижує чисельність фітофагів, що відповідає принципу саморегуляції угруповань комах в агроценозах. Зокрема, за органічної системи землеробства щільність популяції корисних комах у 4–5 разів більша ніж за промислової, відповідно чисельність основних фітофагів у посівах цих культур у кілька разів менша.

Фінансування: Дослідження проведено за рахунок теми 27.00.02.02 Ф «Концепція формування природної саморегуляції комах в агроценозах» № ДР 0121U107439.

Конфлікт інтересів: автор декларує про відсутність конфлікту інтересів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Косолап М.П., Кротіонов О.П. Система землеробства No-till. Київ, 2011. С. 62-63.
2. Корнійчук М.С. Захист рослин в адаптивних агротехнологіях за оптимізації землекористування України. Землеробство: міжвід. темат. наук. зб. Київ, 2013. Вип. 85. С. 103-107.
3. Корнійчук М.С. Моніторинг фітосанітарного стану польових культур в технологічних дослідках. Землеробство. Вип. 1. 2017. С. 93-99.
4. Борzych С., Ткаленко А., Биологические препараты для защиты сельскохозяйственных

культур от вредителей и болезней: материалы Международной научно-практической интернет-конференции «Инновационные технологии та препараты в системе органичного землеробства Степу» 06 березня 2018 року. Херсон: ІЗЗ НААН, 2018. С. 12-14.

5. Ткаленко Г., Гораль С., Ткаленко Ю. Застосування біологічних препаратів в агроценозах сільськогосподарських культур: матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Інноваційні технології та препарати в системі органічного землеробства Степу» 06 березня 2018 року. Херсон: ІЗЗ НААН, 2018. С. 71-73.

6. Крутякова В.І., Гулич О.І., Пилипенко Л.А. Біологічний метод захисту сільськогосподарських культур: перспективи для України. Вісник аграрної науки. 2018. № 11. С. 159-168.

7. Гадзало Я.М., Камінський В.Ф. Наукові основи виробництва органічної продукції в Україні. Київ: Аграрна наука, 2016. 592 с.

8. Антоненко С.С., Писаренко В.М., Лукьяненко Г.В., Писаренко П.В. Экологические условия формирования фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур при органическом земледелии. Зерно, 2014. № 12(105). С. 52-60.

9. Писаренко В.П., Колесников Л.О., Николаева С.А. Хищники против вредителей. Жулики — экологические друзья хлеборобов. Зерно. 2010. №9(53). С. 40-42.

10. Малієнко А.М. Механічний обробіток ґрунту як захід боротьби з бур'янами в сучасному землеробстві: Поеднання науки, освіти практичного виробництва і реалізація якісної органічної продукції: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, Київ-Ілліноїс, 2013. С. 62-73.

11. Саблук В.Т., Грищенко О.Н., Смирных В.М. Оптимизация применения инсектицидов — основа саморегуляции населения насекомых в агроценозах сахарной свеклы. Защита и карантин растений. 2018. № 4. С. 14-17.

12. Nadia Kosovska, Natalia Makarenko, Valeria Bondar, Anna Matviukiv, Lyudmyla Symochko. Soil microbiome under the influence of nano and biopreparations. International Journal of Ecosystems and Ecology Sciences (IJEES). 2022. Vol. 12 (3). P. 1-8. DOI: <https://doi.org/10.31407/ijeess.12.301>

13. Писаренко В.М., Антоненко А.С., Лук'яненко Г.В., Писаренко П.В. Система органічного землеробства агроєколога С.С. Антоненка. Науково-виробниче видання. Полтавське товариство сільського господарства. 2016. 131 с.

14. Камінський В.Ф., Гадзало Я.М., Сайко В.Ф., Корнійчук М.С. Землеробство ХХІ століття — проблеми та шляхи вирішення; за редакцією В.Ф. Камінського. Київ: ВП «Едельвейс», 2015. 272 с.

15. Сахненко В.В., Сахненко Д.В. Динаміка розвитку і розмноження комах-фітофагів у посівах пшениці озимої. Таврійський науковий вісник. 2020. № 112. С. 144-149.

16. Саблук В.Т., Запольська Н.М., Шендрик К.М., Димитров В.Г. Моніторинг поширення і розвитку шкідників і хвороб у посівах буряків цукрових. Карантин і захист рослин. 2022. № 4, С. 36-40.

17. Саблук В.Т., Грищенко О.М., Запольська Н.М., Шендрик Р.Я. та ін. Методика досліджень з ентомології і фітопатології у посівах цукрових буряків; за ред. В.Т. Саблука. Київ: ФОП Корзун Д.Ю., 2013. 52 с.

18. Трибель С.О., Ретьман С.В., Борzych О.І., Стригун О.О. Стратегічні культури. Монографія. Київ: Фенікс, 2012. 367 с.

Sabluk V.,

ORCID: 0000-0002-6124-4346

Zapolska N.,

ORCID: 0000-0001-8356-3228

Shendryk K.,

Dimitrov V.

Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, 25, Klinichna st., Kyiv, 03110, Ukraine
e-mail: zapolska_katerina@i.ua

Self-regulation of insect communities in agrocenoses of organic farming systems

Goal. Establishing the effect of organic farming on the preservation of useful entomofauna in agrocenoses of winter wheat and sugar beet and determining its role in controlling the number of phytophages. **Methods.** Field, laboratory and statistical. **Results.** It was found that organic farming system, which excludes the use of chemicals in crop cultivation technologies, contributes to the accumulation of useful entomofauna in agrocenoses, which significantly affects the population density of certain phytophagous species due to predation and parasitism as major causes. In particular, the number of *Carabidae*, *coccinellids*, *goldeneyes* and *syrrhids* is several times higher compared to industrial farming system. Thus, according to our experimental data, the population density of these entomophages in the agrocenoses of winter wheat and sugar beet in organic farming was 4–5 times higher than in industrial one. Accordingly, the number of weevils, aphids and other phytophages in these crops in organic farming was 3–4 times fewer than in industrial one. The population density (per 1 m²) of weevils in sugar beet grown in organic system was 3.0, while in industrial one it was 5 times higher (15). The same may be stated about aphids, *Anisoplia austriaca*, *Heteroptera*, etc. **Conclusions.** In organic cropping system, the population density of beneficial entomofauna in sugar beet and winter wheat agrocenoses was 4–5 times higher than in industrial cropping system, what to a certain extend affected the population density of pests.

phytophages; entomophages; population control; predation; parasitism

Надійшла до редакції: 22.12.2022

Прийнята до друку: 22.05.2023

Надруковано й опубліковано онлайн:
липень 2023

ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНСЕКТИЦИДІВ ПРОТИ

імаго західного кукурудзяного жука (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1868)

Мета. Оцінити технічну ефективність інсектицидів для контролю чисельності імаго західного кукурудзяного жука (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1868) при застосуванні в інтегрованих системах захисту кукурудзи. **Методи.** Польовий. Дослідження проводили впродовж 2021—2022 рр. на базі фермерських господарств у населених пунктах Білий Рукав Калинівського р-ну, Вінницької обл. та Іванівка Білоцерківського р-ну, Київської обл. на посівах кукурудзи чотирирічного використання. Облік чисельності шкідника проводили на клейових пастках, безпосередньо на рослинах, а комах, що загинули від дії інсектицидів, — на ловильних марлевих пастках, встановлених у міжряддях кукурудзи на поверхні ґрунту (методика затверджена Середземноморською організацією із захисту рослин (EPPO)). **Результати.** Найбільш ефективними через 1—3 доби після застосування були інсектициди Авант, к.е. (індоксакарб, 150 г/л) в нормах 0,17 л/га та 0,25 л/га за зниження чисельності імаго діабротики порівняно до контролю на 65,7% та 62,8% відповідно, Карате Зеон, м.к.с. (лямбда-цигалотрин, 50 г/л), 0,3 л/га з ефективністю 54,3% та Енжіо, к.с. (тіаметоксам, 141 г/л, лямбда-цигалотрин, 106 г/л), 0,18 л/га із ефективністю 48,5% жуків діабротики, що загинули. Через 12—14 діб після застосування інсектицидів найбільший відсоток зниження чисельності кукурудзяного жука був за обприскування препаратом Авант, к.е. (0,17 л/га) та Енжіо, к.с., ефективність відповідно 57,1% та 47,6%. За порівняння чисельності шкідників, що потрапили в клейові пастки блакитного та жовтого кольорів, в останніх, цілком очікувано (аналог пастки Мьоріке), їх кількість значно переважала. **Висновки.** Найвищу технічну ефективність дії показали інсектициди Авант, к.е. та Енжіо, к.с. — 65,7% і 54,3%, яка спостерігалася на 1—3-тю добу після застосування, що зумовлено безпосереднім контактом шкідників з препаратом. Через 12—14 діб після обприскування більшість препаратів показали незнач-

¹В.О. САЛІЄНКО,
аспірант
²В.П. ФЕДОРЕНКО,
доктор біологічних наук, професор,
академік НААН
Інститут захисту рослин НААН,
вул. Васильківська, 33, м. Київ,
3022, Україна
e-mail: ¹salienkovolodymyr@gmail.com,
²tana57-2009@ukr.net

не зниження чисельності шкідників, крім інсектицидів Авант, к.е. та Енжіо, к.с. з ефективністю 57,1% і 47,6% відповідно.

західний кукурудзяний жук; *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1868; кукурудза; інсектициди; Coleoptera; Insecta; пастки; обприскування

Західний кукурудзяний жук належить до роду *Diabrotica*, підродина Galerucinae, родини Chrysomelidae, ряду Coleoptera.

Вперше він був описаний як *Diabrotica virgifera* (LeConte, 1868), але раніше цей вид у літературі згадувався також під іншими назвами: *D. filicornis* (Horn, 1893), *D. virgifera* var. *filicornis* (Gillette, 1910), *D. virgifera virgifera* (Krysan et al, 1980).

Жук походить з Центральної та Південної Америки. У Північній Америці види роду *Diabrotica* проникали різними шляхами, але тільки шість із них виявилися здатними перезимовувати й успішно пристосуватись до місцевих кліматичних умов.

Один з них поділений на два підвиди *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1868 (Western corn rootworm (WCR) — «західний кукурудзяний кореневий черв'як») та *D. virgifera zea* Krysan & Smith, 1980 (Mexican corn rootworm

(MCR) — «мексиканський кукурудзяний кореневий черв'як»).

Таким чином, у Північній Америці для кукурудзи стали небезпечними шкідники: *D. virgifera virgifera*; *D. barberi* Smith & Lawrence, 1967 (Northern corn rootworm (NCR) — «північний кукурудзяний кореневий черв'як»); *D. undecimpunctata howardi* Barber, 1947 (Southern corn rootworm (SCR) — «південний кукурудзяний кореневий черв'як»). Необхідно зазначити, що *D. barberi* та *D. v. virgifera* морфологічно дуже схожі і різняться тільки кольором надкрил. У *D. barberi* вони палево-зелені або жовті і не мають смуг; у *D. v. virgifera* — жовтувато-червоні з трьома чорними смугами, що інколи набувають вигляду пунктирів з чорних крапок; у деяких особин, частіше у самців, зливаються в суцільний чорний фон. *D. v. virgifera* описаний 1868 р., але першу його економічну шкоду зафіксовано в Колорадо 1909 р. Вважається, що *D. v. virgifera* та *D. v. zea* проникли з Центральної Америки в США одночасно, але їх ареал різниться. *D. v. zea* розповсюдився від Центральної Америки до Оклахоми та є в Центральній Мексиці. *D. v. virgifera* шкодить на півночі і досягає південних провінцій Канади. *D. undecimpunctata howardi* розповсюджений на Середньому Заході США. Більш північніших регіонів досяг *D. barberi*. *D. v. virgifera* — єдиний вид, який розповсюджується за межі північноамериканського континенту.

1909 року жука *D. v. virgifera* вперше було зафіксовано як шкідника цукрової кукурудзи. Масове поширення його почалось з 1955 р. Пізніше він став одним з найголовніших шкідників кукурудзи в Канаді. Зрештою

цей шкідник розповсюдився по всій території її вирощування в Північній Америці.

Швидкому поширенню шкідника сприяла монокультура кукурудзи. За даними Весслера (Wesseler), Юстуса (Justus) і Фолла (Fall), Ель Хаджі (El Hadji) щорічні втрати урожаю через західного кукурудзяного жука (ЗКЖ) в США оцінюються орієнтовно в суму 1 млрд доларів (саме тому діабротика нарекли міліардерним жуком) [1].

У Європі вперше зафіксовано ушкодження посівів кукурудзи цим шкідником у 1992 р. на полях в околицях м. Белграда (біля летовища Сурчин). Ймовірно, що до Югославії цей жук проник ще на початку 80-х років, а його шкідливість спочатку списували на дротаника. Але швидкість просування жука вражала, оскільки за рік він долав до 80 км.

У 1995 р. жука зареєстровано в Угорщині та Хорватії, 1996 р. — в Румунії, Боснії і Герцеговині. У Сербії 1997 року зайнята ним територія охоплювала вже 53000 км². У 1998 р. його виявлено в Італії (Мілан), а також у Болгарії. 2000-го року *D. v. virgifera* з'явився у Словаччині та Швейцарії (Лугано). 2001 року виявлено поодинокі імаго самців жука у феромонних пастках поблизу західних кордонів України.

Нині шкідник поширений в багатьох країнах центральної Європи. В Україні його вперше зафіксовано в 2001 р. у Закарпатській області. За даними румунських дослідників І. Грозеа (Ioana Grozea) та ін. імаго ЗКЖ можуть здійснювати поодинокі польоти на відстань понад 10 км [2]. Крім того, на динаміку льоту шкідника впливають температура повітря, опади та висота над рівнем моря [3], зі збільшенням якої щільність популяції знижується. Також встановлено, що домінантне вирощування кукурудзи сприяє поширенню цього жука [4].

Серед вітчизняних ентомологів значний доробок у дослідження ЗКЖ внесли А.Й. Сікура, О.А. Сікура, О.О. Сікура,

М.М. Бабидорич, О.С. Адамчук, А.М. Садляк.

В.І. Якобчук, А.Й. Сікура, Б. Паї, Й. Кішш досліджували поширення ЗКЖ з моменту першого виявлення у 2001 р. в гірських долинах Закарпаття [5]. Вони дослідили зони поширення ЗКЖ вздовж долин річок і в 2005 р. шкідників виявили на висоті 300–770 м над рівнем моря на перевалі Верецький. Було зроблено висновок, що комаха здатна шляхом перельотів, тобто природним розселенням, подолати масив Карпат через перевали. У подальшому шкідник активно почав поширюватись і в інших регіонах України.

В.П. Федоренко, О.М. Лапа, В.П. Омелюта зі співавторами описали поточне поширення ЗКЖ, його шкідливість, методи контролю чисельності [6].

О.А. Сікура, Н.І. Андреянова, О.Я. Бокшан, А.М. Садляк дослідили територію поширення ЗКЖ і встановили шляхи розповсюдження: природний — активна міграція імаго та перенесення їх вітром; пов'язаний з людською діяльністю — перенесення шкідників з різними видами транспорту, ґрунтом, зеленою масою та молодими качанами кукурудзи [7]. Також було впроваджено заходи з локалізації ЗКЖ, складено фенограми появи стадій і відповідних до них СЕТ та орієнтовні дати.

О.О. Сікура, В.П. Федоренко дослідили вплив строку сівби на чисельність і шкідливість личинок та встановили, що найбільша чисельність личинок була на посівах раннього та середнього термінів сівби — 5,8 та 4,5 екз./рослину з середніми балами пошкодження 3,9 та 3,4 відповідно [8].

Лабораторними та польовими дослідженнями біологічних препаратів ентомоцидної дії *Bacillus thuringiensis* (штам 32/2), *Beauveria bassiana* та біопрепарату Бітоксисабацилін проти ЗКЖ встановлено здатність викликати значну смертність личинок та імаго шкідника [9]. Досліджували й ефективність хімічних препаратів Моспілан, ВП (ацетаміпрід, 200 г/кг), Децис Профі, ВГ (дельтаметрин, 250 г/кг), Нурел Д, КЕ

(циперметрин, 50 г/л + хлорпірифос, 500 г/л), Бі-58 новий, к.е. (диметоат, 400 г/л), Карате Зеон 050 CS, мк. с. (лямбда-цигалотрин, 50 г/л) проти імаго ЗКЖ. Всі препарати мали високий рівень технічної ефективності, серед усіх найвищий рівень забезпечили: Нурел Д, КЕ — 97,7% та Децис Профі, ВГ — 97,8%.

О.А. Сікура та О.О. Сікура зі співавторами дійшли висновків, що для моніторингу імаго ЗКЖ, визначення сезонної динаміки льоту, чисельності та визначення оптимального часу хімічних обробок достатньо однієї феромонної пастки на 5 га та достатньо 6 феромонних пасток для місць масового розвитку ЗКЖ для встановлення шкідливого порогу їхньої чисельності. Досліджено строки появи постембріональних стадій ЗКЖ у вертикально-поєсних зонах Закарпаття [10].

Імаго шкідника для живлення віддає перевагу кукурудзі, пошкоджує пиляки на волоті, нитки приймочок маточок качанів, зерно у фазі молочної стиглості на верхівках качана і під обгорткою, та іноді вигризає паренхіму між жилками листків. Крім кукурудзи жуки здатні жити на пиляках та листках інших злакових (тонконогових) рослин, вигризати вміст квітки і паренхіму листків гарбузових (огірки, гарбузи, кабачки, патисони тощо). Дж. Мосер (J. Moeser) та С. Відал (S. Vidal) виявили здатність личинок розвиватися і живитися корінням інших видів рослин родини злакових: пшениці м'якої, мишію зеленого [11]. Дослідженнями встановлено, що такі хімічні продукти, як хлорпірифос, тefлутрин, циперметрин, а також ентомопатогенні нематоди (*Heterorhabditis bacteriophora*) здатні зменшити щільність популяції личинок діабротики в ґрунті [12]. Дослідження стійкості кукурудзяного жука до білка *Bacillus thuringiensis* Cry3Bb1 не дало позитивних результатів [13].

У США середня чисельність цього шкідника фіксується на рівні 0,75–1,00 імаго на рослину в період із середини липня до початку серпня. Саме така щіль-

ність популяції імаго жука на одну рослину кукурудзи в США прийнята за економічний поріг шкідливості (ЕПШ), за якого необхідно проводити захисні заходи на кукурудзі проти *D. v. virgifera* в наступному році згідно ротації культури [14].

Чисельність 5—10 імаго діабротики на 1 рослину кукурудзи дає підстави проводити захисні заходи вже в поточному році. Разом з тим, спостереження показують, що заселення навіть одного качана солодкої (цукрової) кукурудзи вісьма імаго діабротики не знижують урожайність [14]. Якщо на одну жовту липку пастку в середньому за добу вилловлюється більше шести дорослих особин при висіві кукурудзи, то наступного року слід очікувати економічних втрат [15]. Велике значення має вибір гібриду, строк сівби, погодні умови, адже імаго ЗКЖ віддають перевагу в живленні молодим пилковим ниткам на кукурудзі і здатні мігрувати на інші посіви в пошуках більш соковитого корму [16].

Методи збору та обліку імаго ЗКЖ описав Дж. Толєфсон (Jon James Tollefson) [17]. Серед них метод «обліку на 10 рослинах», «збирання шкідників на 10 рослинах», «збирання з 10 верхівок качана», «клейові пастки», «липкі верхівки качана». За даними Д. Кісса (Jozsef Kiss) зі співавторами [18] та О.С. Адамчука [19], для моніторингу імаго ЗКЖ в посівах кукурудзи можна використовувати феромонні пастки різних виробників та жовті клейові пастки. Як стандарт для моніторингу імаго ЗКЖ в Європейському Союзі рекомендовано використовувати пастки PAL з феромоном виробництва Csalomon. Це затверджено висновками дослідницького проекту ЄС «Diabrotica» (QLK-CT-1999-01110) [20]. За даними А. Егартнера (Alois Egarter) [21] для покращення ефективності оцінки інсектицидів проти імаго також можна використовувати ємності квадратної форми, заповнені ватою, підвішені між чотирма рослинами кукурудзи після обробки інсектицидами.

Це дозволить відслідковувати кількість загинувших шкідників, що осипаються з рослин. Д. Лемік (D. Lemic) зі співавторами [16] порівнювали також ефективність різних типів пасток — феромонних Multigard® та клейових жовтого кольору Pheroscon AM®.

Мета досліджень. З часу виявлення жука діабротики (*D. v. virgifera*) в Україні, у Закарпатті (2001 р.) сплило 22 роки. За цей період посівні площі під кукурудзою зросли з 1,6 млн до майже 5 млн га, що значно розширило кормову базу для шкідника. І поки ентомологи гадали, чи здолає діабротика Карпатські гори, цей непомітний «американець», станом на 2023 р., завдяки своїй широкій екологічній валентності, неймовірній пластичності, особливостям етології, вражаючій трофічній забезпеченості (втраченою сівозмін) та адаптувавшись до клімату України, практично «окупав» кукурудзяний пояс всієї території України.

Перед кукурудзярами постала проблема відсутності дієвих захисних заходів проти кукурудзяного жука. На сьогодні біологічний метод контролю чисельності діабротики не розроблено, стійкі сорти і гібриди основної кормової рослини відсутні, агротехнічні заходи захисту у зв'язку з порушенням існуючих сівозмін і війною з фашистською росією можуть бути апробовані в далекій перспективі. За умов, що склалися, необхідно негайно провести випробування існуючих інсектицидів і найбільш ефективні з них рекомендувати виробництву. Тому надзвичайно актуальним на сьогодні є добір та встановлення технічної ефективності інсектицидів на основі випробування інсектицидних високоефективних препаратів проти імаго ЗКЖ.

Матеріали та методи досліджень. Польові дослідження проводили впродовж 2021—2022 рр. на базі фермерських господарств у населених пунктах Білий Рукав Калинівського р-ну Вінницької обл. та Іванівка Білоцерківського р-ну Київської обл. на домінуючих посівах кукурудзи чотирирічного використання.

Метод оцінювання ефективності фітосанітарних заходів та хімічних засобів захисту кукурудзи проти ЗКЖ подано у стандарті PP1-274-1 (*Diabrotica virgifera* adults) [22]. Оскільки в європейській науковій спільноті використовується комплекс методик ЕРРО (Середземноморська агенція із захисту рослин), він і використовувався нами при оцінюванні ефективності інсектицидів. У стандарті виділені такі методи оцінювання:

А). Підрахунок за допомогою жовтих липких пасток (без феромону та аттрактанту).

Для цього три жовті липкі пастки розміщували на посівну ділянку за 5 м одна від одної на висоті одного метра за 5 днів до обприскування. Ці пастки замінювали на нові кожного разу безпосередньо перед застосуванням інсектицидів. Дорослих особин шкідників у кожній пастці підраховували, як передбачено методикою, аналогічно середньодобовому обліку у жовтих пастках Мьоріке.

Б). Прямий підрахунок на рослинах.

Облік проводили на кожній ділянці в 3-х місцях. Підраховували кількість дорослих особин на 10-ти рослинах кукурудзи в рядку (всього 30 рослин).

В). Підрахунок жуків, що загинули.

Жуків, що загинули на ділянці після застосування інсектицидів, збирали з трьох облікових майданчиків (по 0,5 м² кожний), розташованих між 2-ма рядками кукурудзи. Щоб запобігти хижацтву, від турунів, мишей, птахів, членистоногих тощо, зони збору комах захищали обрізками білої лляної тканини розміром 50 × 100 см.

Час та періодичність оцінювання для методів (А—В):

- Перше оцінювання безпосередньо перед застосуванням інсектицидів;
- Друге через 1—3 доби після обприскування;
- Третє через 6—8 днів після обприскування;
- Четверте оцінювання через 12—16 днів після обприскування.

Подальші обліки здійснювали для оцінювання тривалості дії інсектициду.

Вносили препарати 11.08.2021 р. та 14.08.2022 р. (рис. 1) у фазу ранньої воскової стиглості кукурудзи, що відповідає міжнародній шкалі росту та розвитку зернових культур 83 ВВСН. Для внесення засобів захисту рослин (ЗЗР) використовували портативний селекційний обприскувач Pulverexper.

Довжина ділянок — 5 м, ширина — 3 м (4 рядки). Повторення — 4-разове.

Норма вилування робочого розчину — з розрахунку 200 л/га. Статистичний аналіз одержаних результатів проводили за методикою надбудови ANOVA «Статистичний аналіз однофакторного дослідження» в програмі MS Excel [23].

На момент обприскування кукурудзи проти жука діабротики 11.08.2021 р. та 14.08.2022 р. сума ефективних температур (СЕТ вище 12,7°C) в зоні закладання дослідів становила 712°C (рис. 2), що за даними О.А. Сікури та ін. збігається з масовим льотом імаго ЗКЖ [24].

Для обліків використовували жовті та блакитні клейові пастки виробництва Russel IPM, 3 шт. на ділянку. На кожній ділянці між двома рядками розміщува-

ли марлеві облікові майданчики розміром 70 × 70 см, закріплені на дерев'яних опорах для уникнення їх контакту з ґрунтом з метою відслідковування смертності комах (рис. 3—5). Також проводили візуальні обліки шкідників на 10-ти рослинах. Як додатковий метод, оцінювали рівень пошкодження рослин за 5-бальною шкалою, де 1 — рослини не ушкоджені, 2 — поодинокі скелетування листя та обгризання волотей і пилкових ниток, 3 — часткове скелетування листя та волотей, 4 — значне скелетування всіх листків та волотей, часткове обгризання верхівок качанів, 5 — повністю обгризені волоті, верхівки качанів.

Досліди закладали в 4-разовий повторності, рендомізовано за схемою:

1. Контроль;
2. Карате Зеон 050 CS, мк.с. (лямбда-цигалотрин, 50 г/л), 0,3 л/га;
3. Енжіо 247 SC, КС (тіаметоксам, 141 г/л + лямбда-цигалотрин, 106 г/л), 0,18 л/га;
4. Данадим стабільний, КЕ (диметоат, 400 г/л) 1,0 л/га;
5. Вантекс, Мк.с. (гамма-цигалотрин, 60 г/л) 0,15 л/га;
6. Кораген, КС (хлорантраніліпрол, 200 г/л), 0,15 л/га;

7. Авант, к.е. (індоксакарб, 150 г/л), 0,25 л/га;

8. Авант, к.е. (індоксакарб, 150 г/л), 0,17 л/га.

Результати досліджень та обговорення. Оскільки ЗКЖ відносно недавно з'явився на теренах України і його особливості біології, етології вивчені недостатньо, а методики досліджень постійно удосконалюються, виникла нагальна необхідність перед закладанням дослідів провести апробацію існуючих методик встановлення ефективності дії інсектицидів.

Результати обліків комах за допомогою марлевих облікових майданчиків показали, що вони статистично недостатньо точні. У жодному з обліків чисельність шкідників не мала достовірної істотної різниці між варіантами.

Не мала істотної достовірної різниці і чисельність жуків при обліках за допомогою клейових пасток блакитного кольору. Така закономірність вперше була встановлена відомим американським ентомологом А.С. Паккардом ще в 1908 р., коли він описав привабливість певних кольорів для комах [25]. Аналогічні закономірності простежуються і в наших дослідженнях. За порівняння чисельності імаго діабротики в клейових пастках блакитного



Рис. 1. Обприскування інсектицидами дослідних ділянок портативним обприскувачем Pulverexper (14.08.2022 р.)

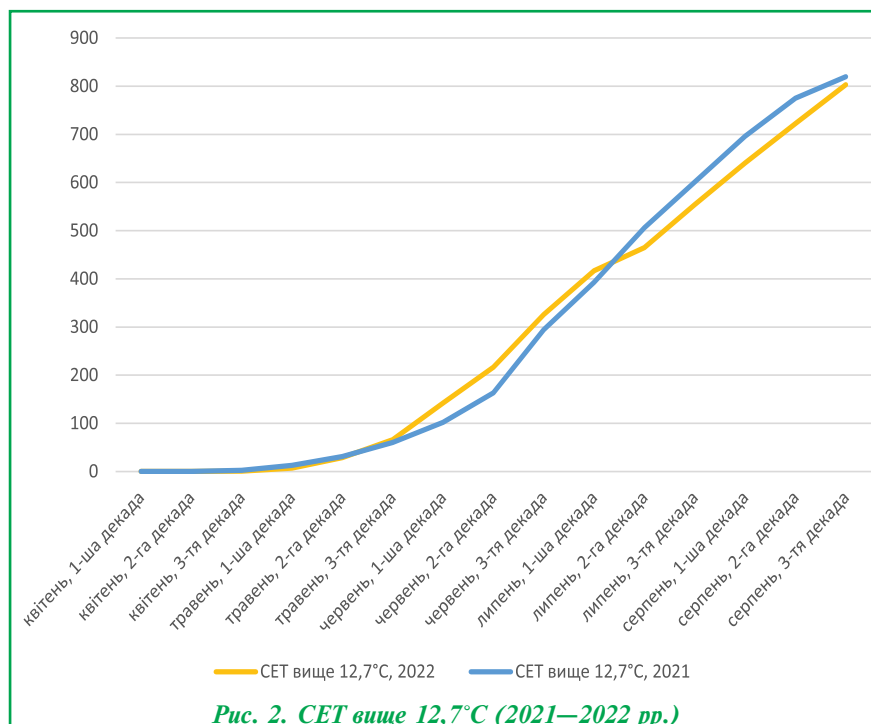


Рис. 2. CET вище 12,7°C (2021—2022 рр.)



Рис. 3. Облік жуків діабротики з використанням марлевих облікових майданчиків, клейових пасток



Рис. 4. Імаго ЗКЖ на обліковому майданчику



Рис. 5. Імаго ЗКЖ на клейовій пастці

і жовтого кольорів в останніх чисельність комах була істотно більшою (табл.). Критерій Фішера фактичний становив 25,21 проти теоретичного значення 4,6, що свідчить про значний вплив саме кольору пасток, а не варіантів із хімічними інсектицидами при використанні пасток різного кольору.

Одержані результати підтверджують давно відомий факт, що жовтий колір приваблює комах. Зокрема у афідології для приваблення попелиць використовують пастки Мьоріке жовтого кольору [26].

Тому в подальшому для моніторингу та прогнозу появи ЗКЖ доцільно використовувати лише клейові пастки жовтого кольору, що і було застосовано при подальшому випробовуванні ефективності інсектицидних препаратів.

Чисельність імаго комах в клейових пастках різного кольору

Варіанти досліджу	Кількість жуків на одній клейовій пастці, екз.	
	Блакитна пастка	Жовта пастка
1. Контроль	2	7
2. Карате Зеон 050 CS, мк.с., 0,3 л/га	2	18
3. Енжіо 247 SC, КС, 0,18 л/га	1	24
4. Данадим стабільний, КЕ, 1,0 л/га	2	26
5. Вантекс, Мк.с., 0,15 л/га	4	30
6. Корарген, КС, 0,15 л/га	2	24
7. Авант, к.е., 0,25 л/га	1	16
8. Авант, к.е., 0,17 л/га	3	4
В середньому	1,9	18,6

Високу достовірність одержаних результатів (за критерієм коефіцієнта Фішера, а саме $F_{\text{факт}} = 2,61$ більший від $F_{\text{теор}} = 2,42$, що свідчить про істотну різницю між варіантами) показали обліки чисельності імаго кукурудзяного жука на 10-ти

рослинах після застосування інсектицидів.

2022 року, на момент закладання дослідів (14.08.2022), СЕТ вище 12,7°C в зоні закладання дослідів становила 685°C, чисельність шкідників на момент обробки — 2,5 особин на липку

пастку, 0,5—1 особина на рослину (рівень ЕПШ).

Обліки на 10-ти рослинах та на облікових майданчиках були статистично недостовірними, критерій $F_{\text{факт}} < F_{\text{теор}}$, але через 2 доби спостерігалися особини на майданчиках на більшості варіантів окрім контрольного, в т.ч. на варіанті із застосуванням інсектициду Кораген, к.с.

Для визначення технічної ефективності враховували показники чисельності шкідників на клейових пастках, критерій Фішера по яких був вищим за табличне значення (2-га доба $F_{\text{факт}}$ 2,5 проти $F_{\text{теор}}$ 2,39 та на 12-ту добу після застосування інсектицидів $F_{\text{факт}}$ 2,4 проти $F_{\text{теор}}$ 2,39, а отже різниця між варіантами визнається істотною). Облік на 8-му добу є статистично недостовірним, що можна пояснити закінченням захисного періоду деяких препаратів й активним рухом шкідника по ділянках. Результати відображені на рис. 6.

Варто зазначити, що під час обліків самиці в пастках були зі збільшеними черевцями (рис. 7), частина через неможливість руху

відклала яйця на липкі пастки, що свідчить про проходження парування і яйцекладки в період обліків (16—26.08.2022 р.) за СЕТ 703—803°C.

Для порівняння ефективності хімічних інсектицидів за 2 роки використовували статистично достовірні показники (2021 р. — кількість шкідників на 10 рослин, 2022 р. — кількість шкідників у клейових пастках) на кожному обліку (рис. 8).

Через 1—3 доби найефективнішими були препарати: Авант, к.е. в нормах 0,17 л/га та 0,25 л/га зі зниженням чисельності до контролю 65,69% та 62,84% відповідно; Карате Зеон, мк.с., 0,3 л/га — 54,26%; Енжіо, КС — 48,54%. На 1—3-тю добу найменшу ефективність проявили препарати Вантекс, Мк.с. (34,25%), Данадим Стабільний, КЕ (37,11%) та Кораген, КС (11,38%).

Через 6—8 діб після застосування препарати показали відсоток зменшення чисельності до контролю в межах 50—75%.

Через 12—14 діб після застосування найвищий відсоток

зниження чисельності показав інсектицид Авант, к.е. в нормі 0,17 л/га — 57,14% та Енжіо, КС — 47,62%. Інші препарати показали зниження чисельності шкідників від 19 до 33% в порівнянні до контрольного варіанту. Під час останнього обліку чисельність шкідників на варіантах із застосуванням Кораген, КС (0,15 л/га) дорівнювала чисельності на контрольних ділянках, що свідчить про відсутність контролю в цей час — 19—33% зменшення чисельності до контрольного варіанту.

ВИСНОВКИ

Використання жовтих клейових пасток замість пасток блакитного кольору дозволяє отримати статистично достовірні результати, про що свідчить значно більша кількість імаго діабротики на жовтих у порівнянні з блакитними. Тому рекомендовано, окрім пасток стандарту PAL, використовувати клейові пастки саме жовтого кольору для моніторингу щільності популяції ЗКЖ при плануванні захисних заходів та для визначення ареалу.

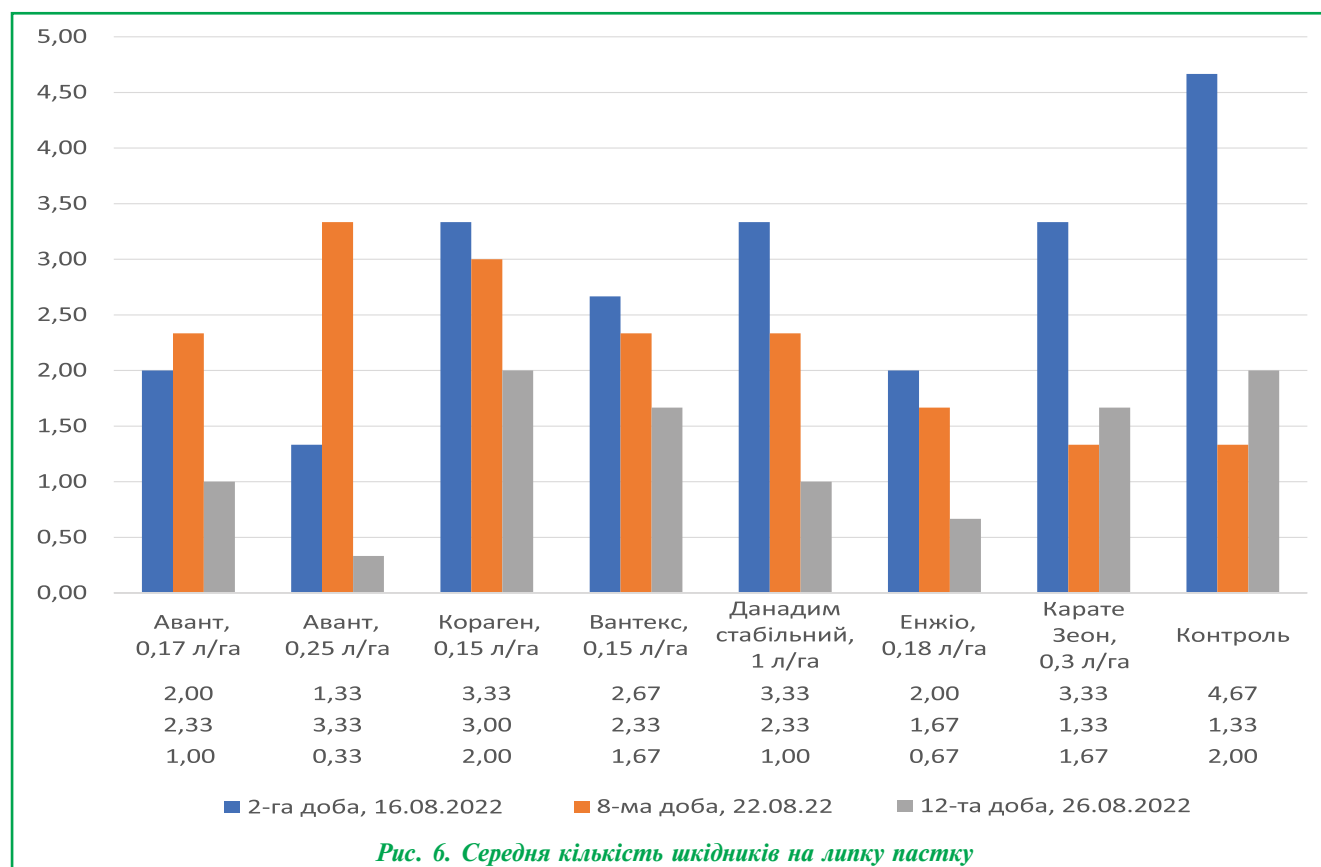




Рис. 7. Самиця ЗКЖ з яйцекладом на клейовій пастці 16.08.2022 р., Київська область

У 2021 р. облік на 10-ти рослинах був достовірним з чисельністю 0—4,75 екз./10-ти рослинах, на відміну від досліду, закладеного в 2022 р., коли чисельність шкідників на 10-ти рослинах була значно нижчою (0—2 екз.), що в порівнянні з іншими даними інших видів обліків (кількість шкідників на облікових майданчиках із тканини, липких пастках) свідчить про меншу щільність популяції на момент проведення обліків. Облік кількості шкідників

на 10-ти рослинах може показати достовірні результати в умовах значної чисельності імаго ЗКЖ на посівах.

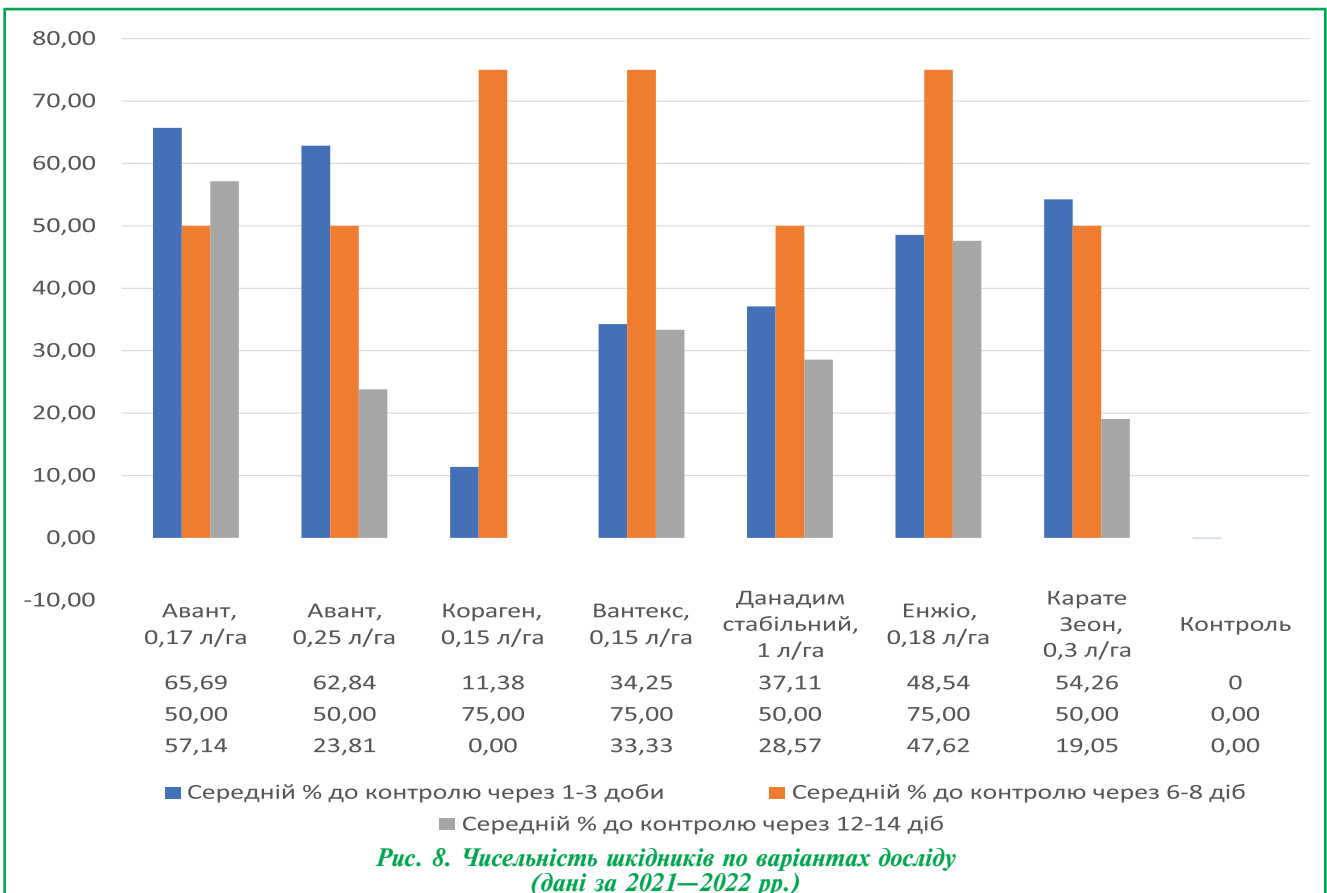
Найвищу ефективність показали інсектициди Авант, к.е. та Енжіо, КС — відповідно 65,69% та 54,26%, найнижчу — Корарген, КС, 11,38%. Найвищу ефективність можна спостерігати на 1—3-тю добу після застосування, що зумовлено безпосереднім контактом шкідників з препаратом. Через 6—8 діб застосування ін-

сектицидів чисельність шкідників у варіантах на 50—75% нижча за кількість у контрольних ділянках, що свідчить про продовження захисного періоду інсектицидів у цей час. Через 12—14 діб після застосування більшість препаратів показали незначне зниження чисельності шкідників, окрім препаратів Авант, к.е. та Енжіо, КС — 57,14 та 47,62% відповідно.

З огляду на значне поширення та шкідливість ЗКЖ, згідно з інформацією Держпродспоживслужби, карантинний режим у 2022 р. запроваджувався в 16-ти областях України на площі 139000 га. Виробництву пропонується впровадження інсектицидів, що були найефективнішими у дослідженні, в технологію вирощування кукурудзи в регіонах поширення діабротики.

Фінансування. Дослідження виконані в межах робочої програми аспіранта лабораторії ентомології та стійкості с.-г. культур проти шкідників ІЗР НААН.

Конфлікт інтересів. Автори декларують про відсутність конфлікту інтересів.



ЛІТЕРАТУРА

1. Wesseler, Justus and Fall, El Hadji. Potential damage costs of *Diabrotica virgifera virgifera* infestation in Europe — the «no control» Scenario. University. 25. January 2010. URL: <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/33231/>.
 2. Grozea I., Chis C., Carabet A., Virteiu A.M., Grozea A., Stef R., Corcionivoschi N. Mathematical model to analyze the population changes of *Diabrotica virgifera* in terms of geographical coordinates and climatic factors. *Romanian Biotechnological Letters*. University of Bucharest. 2016. Vol. 22, No. 3, 2017. P. 12630.
 3. Grozea I. Western Corn Rootworm (WCR), *Diabrotica Virgifera Virgifera* LeConte — Several Years of Research in Western Part of Romania. *Bulletin USAMV Agriculture*, 67(1)/2010. P. 123.
 4. Sławiński J., Gołabek E. The threat of maize cultivation by the pest *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte on selected communes in the Opole province. *Ecological Engineering*. Vol. 19, Issue 6, December 2018, P. 153-159. <https://doi.org/10.12912/23920629/97372>
 5. Якобчук В.І., Сікура А.Й., Паї Б., Кішш Й. Чи подолає західний кукурудзяний жук перевали Карпат? Розповсюдження комах в гірських долинах Закарпаття. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія*, Випуск 19 (2006). С. 270-274.
 6. Федоренко В.П., Лапа О.М., Омелюта В.П. та ін. Західний кукурудзяний жук — *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (поширення, розвиток, шкодочинність, засоби захисту). Київ: Колодиз, 2005. 40 с.
 7. Сікура О.А., Андреянова Н.І., Бокшан О.Я., Садляк А.М. Система моніторингу, прогнозування появи та розвитку ЗКЖ *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte. Методичні рекомендації. Ужгород: КП «Ужгородська міська друкарня», 2011.
 8. Сікура О.О., Федоренко В.П. Західний кукурудзяний жук — вплив агротехніки вирощування кукурудзи на його чисельність і шкідливість. *Карантин і захист рослин*, №2. 2013. С. 15-18.
 9. Сікура О.А. Перспектива застосування ентомопатогенів проти ЗКЖ (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte). *Захист і карантин рослин*. 2013. Вип. 59. С. 238-245.
 10. Сікура О.О. Західний кукурудзяний жук — особливості фенології у вертикально-поясних зонах Закарпаття. *Захист і карантин рослин*. 2013. Вип. 59.
 11. Moeser, Vidal S. Do Alternative Host Plants Enhance the Invasion of the Maize Pest *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae, Galerucinae) in Europe? *Environ. Entomol.* 33(5). 2004. P. 1169-1177. Georg-August University Goettingen, Institute for Plant Pathology and Plant Protection, Grisebach str. 6, 37077 Goettingen, Germany. URL: <https://academic.oup.com/ee/article/33/5/1169/354775>
 12. Tóth S., Szalai M., Kiss J. Toepfer S. Missing temporal effects of soil insecticides and entomopathogenic nematodes in reducing the maize pest *Diabrotica virgifera virgifera*. *Journal of Pest Science* 93(4). 2020. doi:10.1007/s10340-019-01185-https://www.researchgate.net/publication/338583145_Missing_temporal_effects_of_soil_insecticides_and_entomopathogenic_nematodes_in_reducing_the_maize_pest_Diabrotica_virgifera_virgifera
 13. Khajuria C., Ivashuta S., Wiggins E. Development and characterization of the first dsRNA-resistant insect population from western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte. *PLoS One*. 2018 May 14; 13(5) URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29758046/>. doi: 10.1371/journal.pone.0197059
 14. Gyeraj A., Szalai M., P'alink'as Z. Effects of adult western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, Coleoptera: Chrysomelidae) silk feeding on yield parameters of sweet maize. *Crop Protection*. 140. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105447>
 15. Turpin F.T., Dumenil L.C., Peters D.C. Edaphic and Agronomic Charactes that Affect Potential for Rootworm Damage to Corn in Iowa. *Journal of Economic Entomology*. 1972. V.65 i.6 P. 1615-1619. doi: 10.1093/jee/65.6.1615
 16. Lemic D., Mikac K., Kozina A., Benitez H., McLean C., Bažoka R. Monitoring techniques of the western corn rootworm are the precursor to effective IPM strategies. *Pest Manag Sci* (2015). doi: 10.1002/ps.4072.
 17. Tollefson J.J., Corn rootworm adult- and egg-sampling techniques as predictors of larval damage. *Retrospective Theses and Dissertations*. 5638. 1975. P. 14. URL: <https://lib.dr.iastate.edu/rtd>
 18. Kiss J., Edwards R., Berger H. and others. Monitoring of Western Corn Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte). CAB International 2005. Western corn rootworm: Biology and Management; eds. Vidal et. al. P. 29-39.
 19. Адамчук О.С. Розповсюдження, розвиток та методи виявлення ЗКЖ (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) в Україні. Київ. 2008.
 20. Imrei Z., Tóth M. A review of different trapping methods and purposes for *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte. *Proceedings International Conference on the German Diabrotica Research Program*, November 14-16, 2012, Berlin, Germany. P. 32. doi: 10.5073/jka.2014.444.008
 21. Egarter A., Heimbach U., Grabenweger G. A new method for efficacy testing of control measures against adult *Diabrotica* in maize. *Proceedings International Conference on the German Diabrotica Research Program*, November 14-16, 2012, Berlin, Germany. P. 92. doi: 10.5073/jka.2014.444.027
 22. EPPO database on PP1 Standards. PP1/274(1) — *Diabrotica virgifera* — adults. URL: <https://pp1.eppo.int/standards/PP1-274-1>
 23. Завантаження надбудови «Пакет аналізу» в програмі Excel — Підтримка від Microsoft. URL: <https://support.microsoft.com/uk-ua/office>
 24. Сікура О.А., Андреянова Н.І., Бокшан О.Я., Садляк А.М. Система моніторингу, прогнозування появи та розвитку західного кукурудзяного жука *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte. Методичні рекомендації. Ужгород: КП «Ужгородська міська друкарня», 2011.
 25. Packard A.S. Color-Preference in Insects. *Journal of the New York Entomological Society*, Sep., 1903, Vol. 11, No. 3 (Sep., 1903), pp. 132-137. URL: <https://www.jstor.org/stable/25003044>
 26. Moericke 'V. Uber die Lebensgewohnheiten der geflügelten Blattläuse (Aphidina) unter besonderer Berücksichtigung der Verhaltens beim Landen. *Z. angew. Ent.*, 37, 1955, P. 29-91.
- ¹Saliienko V.,
ORCID: 0000-0002-9065-343X
- ²Fedorenko V.,
ORCID: 0000-0002-7783-1617
Institute of Plant Protection of NAAS,
33, Vasylkivska str., Kyiv,
03022, Ukraine
e-mail: saliienkovolodymyr@gmail.com,
tana57-2009@ukr.net
- Effectiveness of insecticides against the adult stage of western corn beetle (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1868)**
- Goal.** Assessment of chemical insecticides for WCR (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1868) adults control for using in integrated corn pest management systems. **Methods.** Fields method. Trials conducted in 2021—2022 in farms in Bilyi Rukav Vinnytsia region and Ivanivka Kyiv region where corn was sown for 4 years. Techniques approved by the EPPO (Mediterranean Plant Protection Organization) are counting using yellow sticky traps, direct counting on plants, counting dead beetles, others. **Results.** 1—3 DAAT, the most effective was Avaunt EC (indoxacarb 150 g/l) at the rates of 0.17 l/ha and 0.25 l/ha with % reduction in population compared to the control 65.69 and 62.84, respectively, Karate Zeon SC (lambda-cyhalotryn 50 g/l) 0.3 l/ha with 54.26% and Engio SC (thiamethoxam 141 g/l, lambda-cyhalotryn 50 g/l) 0.18 l/ha — 48.54%. 12—14 DAAT, Avaunt EC insecticide at the rate of 0.17 l/ha with 57.14% and Engio SC with 47.62% showed the highest percentage of population reduction, respectively. The records conducted during 2021—2022 were not fully statistically reliable. In 2021, the indicators of the calculations carried out using the technique of «direct counting on plants» were statistically reliable, in 2022 — counting using yellow sticky trap. When comparing the number of pests caught in yellow and blue sticky traps, the number in yellow traps was many times greater than in blue. **Conclusions.** Avaunt EC and Engio SC insecticides showed the most effective efficiency — 65.69% and 54.26%, the lower efficacy — Coragen SC with 11.38%. The highest efficiency can be observed 1—3 days after application, which is due to the direct contact of pests with CPP. 12—14 days after application, most of CPP showed a slight decrease in the number of pests, except Avaunt EC and Engio SC with 57.14 and 47.62%, respectively.
- western corn rootworm; *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1868; corn; insecticides; Coleoptera; Insecta; traps; spraying**
- Надійшла до редакції: 06.02.2023
Прийнята до друку: 20.04.2023
Надруковано й опубліковано онлайн: червень 2023

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ гербіцидів із регуляторами росту рослин і мікродобривом у пізніх посівах пшениці озимої

Мета. Встановити особливості формування забур'яненості посівів, урожайності та якості зерна пшениці озимої за пізнього строку сівби залежно від застосування післясходових гербіцидів, регуляторів росту рослин і мікродобрива. **Методи.** Польовий, вимірювально-ваговий, статистичний, лабораторний, аналітичний. **Результати.** За результатами досліджень 2016—2018 рр., у пізніх посівах пшениці озимої виявлено 30 видів бур'янових рослин: злакові ярі пізні (3 види); дводольні ярі ранні та пізні (14 видів); дводольні зимуючі, озимі та дворічні (7 видів); дводольні багаторічні (6 видів). За кількістю домінували злакові ярі пізні бур'яни (40,6%), а за сирою масою — дводольні багаторічні (87,6%). Технічна ефективність бакової суміші проти дводольних гербіцидів Декабрист 480 SL, РК (0,15 л/га) + Грізний, в.д.г. (15 г/га) + ПАР Талант, в.р. (0,2 л/га) за внесення у фазу кушіння (еталон) проти загальної сирі маси дводольних малорічних і багаторічних бур'янів становила 96,7 і 69,2%, відповідно. Низький рівень контролювання дводольних багаторічних видів даною баковою сумішшю був пов'язаний з частковим відростанням коренепаросткових бур'янів, особливо осотів, після внесення вказаних гербіцидів, а саме в період трубкування. Застосування регуляторів росту рослин Емістим С, в.с.р. (10 мл/га) і Вермийодіс, в.р. (6,0 л/га) у фазу трубкування, на тлі внесення гербіцидів у фазу кушіння, стимулювало зростання сирі маси дводольних багаторічних і загальної сирі маси всіх бур'янів, порівняно із внесенням їх у баковій суміші з гербіцидами у фазу кушіння. Водночас ці показники, за внесення мікродобрива Наномікс, р. (2,0 л/га) в баковій суміші з гербіцидами у фазу кушіння, були кращими порівняно з внесенням препарату окремо від гербіцидів у фазу трубкування. Збільшення рівня сирі маси бур'янів на тлі застосування стимулюючих препаратів призвело до зменшення врожайності зерна на більшості ва-

Р.А. ГУТЯНСЬКИЙ,
кандидат сільськогосподарських наук
Інститут рослинництва імені
В.Я. Юр'єва НААН,
просп. Героїв Харкова, 142, м. Харків,
61060, Україна
e-mail: rammale@ukr.net

ріантів з цими препаратами, порівняно з еталоном. Не виявлено впливу досліджуваних препаратів на вміст білка в зерні, а також на енергію проростання та лабораторну схожість вирощеного зерна. **Висновки.** Застосування у пізніх посівах пшениці озимої композицій післясходових гербіцидів із регуляторами росту рослин і мікродобривом стимулює зростання сирі маси бур'янів, що негативно позначається на врожайності зерна культури.

пшениця озима; гербіциди; стимулюючі препарати; бур'яни; врожайність; якість зерна

Пшениця озима належить до найбільш поширених сільськогосподарських культур в Україні. Її зерно — найважливіший продукт харчування населення і додаткова стаття прибутку від експорту, оскільки значну частину врожаю даної культури наша держава експортує до Євросоюзу та Близького Сходу [1].

Однією з причин недоотримання належного рівня врожайності зерна пшениці озимої є бур'яни в її посівах. Найбільш шкідливими в посівах культури є зимуючі, озимі та дворічні види бур'янів, які починають конкурувати з культурою з осені [2—3]. Застосування гербіцидів у посівах пшениці озимої дає змогу ефективно контролювати бур'яни в посівах культури, що, своєю чергою, сприяє зростанню врожайності її зерна [4]. Найбільш ефек-

тивною композицією препаратів для контролювання широкого спектра бур'янів у агрофітоценозах пшениці озимої є бакова суміш гербіцидів [5].

За одержаних даних більш високу урожайність пшениці озимої забезпечило внесення бакової суміші гербіцидів Естерон 60, к.е. (2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти 2-етилгексильовий ефір, 850 г/л, у кислому еквіваленті — 564 г/л) — 0,8 л/га + Пума Супер, м.в.е. (феноксапроп-П-етил, 69 г/л + антидот) — 0,8 л/га у фазу весняного кушіння культури (3,7 т/га). Подібну урожайність (3,7 т/га) також одержано на ділянках, де використали бакову суміш Еллай Супер 70, в.г. (трибенурон-метил, 500 г/кг + метсульфурон-метил, 200 г/кг) — 15 г/га + поверхнево активна речовина (ПАР) Тренд 90, в.р. (етоксилат ізодецилового спирту, 900 г/л) — 0,3 л/га [6].

Сучасні технології вирощування пшениці озимої включають не лише застосування гербіцидів, а й регуляторів росту рослин. Застосування цих препаратів у баковій суміші з гербіцидами є доцільним та економічно вигідним елементом сучасної технології вирощування культури. Приріст врожайності зерна пшениці озимої становить 7,1—12,6%, зменшення забур'яненості — 91,6—95,8% [7].

Дослідженнями встановлено, що застосування гербіциду Дербі 175 SC, с.к. (флуметсулам, 100 г/л + флорасулам, 75 г/л) у суміші з регулятором росту рослин Біолан, в.с.р. (збалансований комплекс фітогормонів, амінокислот, вільних жирних кислот, олігоцукрів, хітозану і біогенних мікроелементів) у фазу повного кушіння пшениці озимої більш

активно впливало на формування рівня врожайності культури порівняно з внесенням препаратів окремо. За дії 60, 70 і 80 мл/га Дербі 175 SC, с.к. в суміші з препаратом Біолан, в.с.р. (10 мл/га) урожайність пшениці озимої зросла порівняно з контролем відповідно до норм гербіциду на 15, 23 і 16% [8].

За даними Н.М. Чала, найбільш ефективним у контролюванні рівня сегетальної рослинності у посівах пшениці озимої виявилось комплексне застосування гербіциду Марафон, к.с. (пендиметалін, 250 г/л + ізопротурон, 125 г/л) — 3,0, 3,5 і 4,0 л/га у фазу 3—4 листки культури з рістрегулятором Вуксал Аміноплант (водорозчинний комплекс мікроелементів, вітамінів, аміно- та органічних кислот) — 2,0 л/га (навесні) на фоні протруєння насіння препаратом Максим 025 FS, т.к.с. (флудиоксоніл, 25 г/л) — 2,0 л/т, що сприяло зниженню забур'яненості посівів на 82—96% залежно від норми гербіциду. Застосування вказаного комплексу завдяки усуненню переважної частки бур'янового компоненту і створення для рослин пшениці озимої більш оптимальних умов живлення та зволоження сприяло також і отриманню вищого приросту врожайності зерна, особливо за внесення 3,5 л/га гербіциду (від 29,5 до 30,1% залежно від року досліджень) [9].

Результати досліджень В.Л. Матюхи показують, що біомаса бур'янів у посівах пшениці озимої після обробки гербіцидами становила 1,0—3,1 г/м², а за внесення рістрегулюючих речовин цей показник був значно більшим — 20,7 г/м². Також автор свідчить, що повне контролювання бур'янів забезпечує бакова суміш гербіциду Діален Супер 464 SL, РК (дикамба, 120 г/л + 2,4-Д диметиламінна сіль, 344 г/л) — 0,8 л/га з регулятором росту рослин Гулівер Стимул, РК (гумат калію в перерахунку на гумінові кислоти — не менше 40 г/л, бурштинова кислота — 3 г/л, мікроелементи, інші біологічні активні елементи (гібереліни,

ауксини, цитокініни)) — 1,0 л/га, внаслідок чого формується максимальна урожайність пшениці озимої (6,4 т/га) та поліпшуються показники його якості [10].

Використання в посівах пшениці озимої гербіцидів Гроділ Максі OD, о.д. (амідосульфурон, 100 г/л + йодосульфурон-метил натрію, 25 г/л + мефенпір-диетил, 250 г/л) і Пріма, с.е. (2-етилгексилосиловий ефір 2,4-Д, 452,42 г/л + флорасулам, 6,25 г/л) у баковій суміші з гуміновим препаратом Гуміфілд, в.г. (гумат калію, 560—720 г/кг) забезпечувало зниження повітряно-сухої маси бур'янів і збільшення врожайності зерна культури, порівняно з окремим внесенням згаданих препаратів. Водночас, застосування бакової суміші гербіциду Гранстар Про 75, в.г. (трибенурон-метил, 750 г/кг) з препаратом Гуміфілд, в.г. призвело до збільшення маси бур'янів і зменшення врожайності зерна пшениці озимої, порівняно з окремим внесенням гербіциду [11].

В останні роки в Україні виявлено стійку тенденцію до зміщення строків сівби пшениці озимої в напрямі до більш пізніх порівняно з раніше рекомендованими [12]. За даними М.М. Корхової зі співавторами, оптимальним строком сівби пшениці озимої слід вважати період з 30 вересня по 10 жовтня, а в роки з пізнім припиненням осінньої вегетації сівбу культури можна подовжити і до 20 жовтня [13]. Інші дослідники наголошують, що сівба пшениці озимої після 10 жовтня допустима лише в разі обов'язкового ранньовесняного внесення азоту. Також вони стверджують, що врожайність пізніх посівів культури має більш стабільний характер, і ризик до їх загибелі при зимівлі нижчий порівняно з ранніми посівами [14].

Підсумовуючи аналіз літературних джерел, слід зазначити, що в умовах Східного Лісостепу України недостатньо вивченим є комплексний вплив післясходового внесення гербіцидів, регуляторів росту рослин і мікродобрив на забур'яненість посівів, урожайність і якість зерна пшени-

ці озимої пізнього строку сівби. Саме на вирішення цих актуальних питань були спрямовані наші дослідження.

Мета досліджень — встановити особливості формування забур'яненості посівів, урожайності і якості зерна пшениці озимої за пізнього строку сівби залежно від застосування післясходових гербіцидів, регуляторів росту рослин і мікродобрива.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводили упродовж 2016—2018 рр. на дослідних полях Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН, які знаходяться в Харківській області, що територіально входить до складу східної частини Лісостепу України. Грунт — чорнозем типовий важкосуглинковий. Попередник — горох. Основне удобрення не застосовували. Сівбу проводили у другій та третій декадах жовтня. Висівали непропруєне насіння пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) сорту Мулан. Догляд за посівом складався з ранньовесняного підживлення аміачною селітрою (0,1 т/га). Інсектициди та фунгіциди не застосовували.

Досліджували дозволені до використання в Україні препарати [15—16]: післясходові противодольні гербіциди Декабрист 480 SL, РК (дикамба диметиламінна сіль, 480 г/л) у нормі витрати 0,15 л/га та Грізний, в.д.г. (трибенурон-метил, 750 г/кг) у нормі витрати 15 г/га; регулятори росту рослин Емістим С, в.с.р. (комплекс фізіологічно активних сполук у 60% етиловому спирті) у нормі витрати 10 мл/га та Вермийодіс, в.р. (N — 0,6%, P₂O₅ — 0,4%, K₂O — 0,6%, CaO — 105 мг/л, Fe — 25 мг/л, MgO — 0—5%, B — 0—1%, Cu — 0—1%, Zn — 0—1%, Mn — 0—1%, Mo — 0—1%, фітогормони, гумінові і сульфокислоти, вітаміни, амінокислоти, специфічні білкові речовини, мікроорганізми, водний розчин іонів йоду) у нормі витрати 6,0 л/га; мікродобриво з комплексом біостимуляторів Наномікс, р. (N — до 3,0%, K₂O — до 3,5%, Fe (ОЕДФ) — 0,2—0,7%, Fe (ЕДТА) 0,2—0,7%, Mn (ОЕДФ) — 0,1—

0,7%, Mn (ЕДТА) — 0,1—0,7%, Zn (ОЕДФ) — до 0,65%, Zn (ЕДТА) — 0,1—0,65%, Cu (ЕДТА) — 0,05—1,2%, Co (ЕДТА) — 0,004—0,05%, B (ОЕДФ) — 0,05—0,8%, Mo (ОЕДФ) — 0,01—0,05%, Mg (ЕДДЯ) — 0,5—0,8%, CaO — 0—1,0%, S — 1,5—3,7%) у нормі витрати 2,0 л/га; поверхнево-активна речовина (ПАР) Талант, в.р. (етоксилат ізодецилового спирту, 900 г/л) у нормі витрати 0,2 л/га. Препарати вносили ранцевим обприскувачем, витрата робочої рідини з розрахунку 300 л/га. Розмір облікової ділянки — 36,0 м². Повторність — триразова.

Під час досліджень використовували загальноприйняті наукові методи [17—20], основними з яких були: польовий — для дослідження взаємодії культури з біологічними й абіотичними факторами; вимірювально-ваговий — для визначення показників забур'яненості та врожайності культури; лабораторний — для визначення якості зерна культури; статистичний — для об'єктивного оцінювання експериментальних даних. Облік бур'янів проводили перед збиранням урожаю. Для цього в 4-х місцях кожної ділянки підраховували всі бур'яни за видами. Підраховані бур'яни зважували в розрізі основних агробіологічних груп. Розмір облікової рамки — 0,25 м². Технічну ефективність гербіцидів виражали показником зниження відсотка (%) кількості та маси бур'янів у дослідному варіанті до контролю (з бур'янами, без препаратів). Урожайність зерна пшениці озимої визначали шляхом суцільного обмолоту облікової ділянки комбайном «Sampo-130» з подальшим перерахуванням на вологість 14% та чистоту 100%. Господарську ефективність гербіцидів виражали показником кількості (т/га) збереженої врожайності зерна культури у дослідному варіанті до контролю. Статистичний аналіз результатів експериментальних досліджень проведено дисперсійним і кореляційним методом за допомогою програми Excel. Також використовували аналітичний метод для аналізу літератури та результатів досліджень.

Результати та обговорення.

У пізніх посівах пшениці озимої впродовж 2016—2018 рр. виявлено 30 видів бур'янових рослин, які було розділено на чотири групи: злакові ярі пізні (3 види); дводольні ярі ранні та пізні (14 видів); дводольні зимуючі, озимі та дворічні (7 видів); дводольні багаторічні (6 видів). Групу злакових ярих пізніх бур'янів представляли мишій сизий (*Setaria glauca* (L.) Beauv.), мишій зелений (*Setaria viridis* (L.) Beauv.), плоскуха звичайна (*Echinochloa crus-galli* (L.) Roem. et Schult.). До групи дводольних ярих ранніх та пізніх бур'янових рослин увійшли: лобода біла (*Chenopodium album* L.), щириця звичайна (*Amaranthus retroflexus* L.), гірчиця польова (*Sinapis arvensis* L.), фалопія березковидна (*Fallopia convolvulus* (L.) A. Love), гірчак розлогий (*Polygonum lapathifolium* L.), чистець однорічний (*Stachys annua* L.), паслін чорний (*Solanum nigrum* L.), осот жовтий городній (*Sonchus oleraceus* L.), калачики занедбані (*Malva neglecta* Wallr.), нетреба звичайна (*Xanthium strumarium* L.), горох (*Pisum sativum* L.), гірчак звичайний, пташиний (спориш) (*Polygonum aviculare* L.), амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia* L.), соя (*Glycine max* (L.) Merrill.). Дводольні зимуючі, озимі та дворічні бур'яни були представлені куколицею білою (*Melandrium album* (Mill.) Garcke), фіалкою польовою (*Viola arvensis* Murr.), горошком волохатим (*Vicia villosa* Roth.), латуком компасним (*Lactuca serriola* L.), злинкою канадською (*Erigeron canadensis* L.) та ромашкою непахучою (*Matricaria inodora* L.). Крім того, до даної групи бур'янів зараховано ефемера — зірочника середнього (*Stellaria media* (L.) Vill.). У групу дводольних багаторічних бур'янів входили: осот рожевий (*Cirsium arvense* (L.) Scop.), осот жовтий польовий (*Sonchus arvensis* L.), березка польова (*Convolvulus arvensis* L.), льоник звичайний (*Linaria vulgaris* Mill.), кульбаба лікарська (*Taraxacum officinale* Web. et Wigg), цикорій дикий (*Cichorium intybus* L.).

Встановлено, що за передзбирального обліку в пізніх посівах пшениці озимої за кількістю домінували злакові ярі пізні бур'яни (224,9 шт./м² або 40,6% від загальної кількості бур'янів у контролі (554,6 шт./м²). Друге місце за кількістю займали дводольні ярі ранні та пізні бур'янові рослини (200,9 шт./м² або 36,2%), а третє і четверте — дводольні багаторічні (125,9 шт./м² або 22,7%) і зимуючі, озимі та дворічні (2,9 шт./м² або 0,5%), відповідно. Основними видами бур'янів у посівах культури, які разом становили 95,9% від загальної кількості бур'янових рослин наприкінці вегетації, були: злакові ярі пізні, лобода біла, осот жовтий польовий, осот рожевий. За сирою масою у пізніх посівах пшениці озимої домінували дводольні багаторічні бур'яни (1445,9 г/м² або 87,6% від загальної сирової маси бур'янів у контролі (1650,6 г/м²), а друге, третє і четверте місця займали дводольні ярі ранні та пізні (123,3 г/м² або 7,5%), злакові ярі пізні (66,7 г/м² або 4,1%), дводольні зимуючі, озимі та дворічні (14,7 г/м² або 0,8%), відповідно.

Бакова суміш післясходових гербіцидів Декабрист 480 SL, РК + Грізний, в.д.г. + ПАР Талант, в.р., яку застосовували у фазу кушіння культури (еталон), контролювала кількість дводольних ярих ранніх та пізніх бур'янів на 92,7%, а дводольних зимуючих, озимих та дворічних і дводольних багаторічних — на 58,6 і 38,8%, відповідно (табл. 1). Зазначена композиція контролювала лободу білу, яка за кількістю домінувала серед дводольних ярих ранніх та пізніх видів, на 94,7%. Внесення бакової суміші препаратів Декабрист 480 SL, РК + Грізний, в.д.г. + ПАР Талант, в.р. сприяло зменшенню загальної сирової маси дводольних ярих ранніх та пізніх бур'янів на 96,9%, а дводольних зимуючих, озимих та дворічних і дводольних багаторічних — на 94,6 і 69,2%, відповідно. Низький рівень контролювання дводольних багаторічних бур'янів даною баковою композицією препаратів пов'язаний з частко-

вим відростанням коренепаросткових бур'янів, особливо осотів рожевого та жовтого польового, після внесення гербіцидів, а саме в період трубкування.

Післясходові гербіциди Декабрист 480 SL, РК і Грізний, в.д.г. не мають впливу на злакові бур'яни [16], що не дає нам підстав аналізувати їх. Водночас, слід відзначити збільшення сирової маси цих бур'янів (115,1—150,6 г/м²) на тлі застосування досліджуваних гербіцидів (еталон) та їх композицій із регуляторами росту рослин (Емістим С, в.с.р., Вермийодіс, в.р.) і мікродобривом (Наномікс, р.), порівняно з контролем (66,7 г/м²). Вірогідно, це було пов'язано зі зменшенням конкуренції з боку пригнічених гербіцидами дводольних бур'янів. Крім того, виявлено, що рівень сирової маси злакових бур'янів за окремого внесення стимулюючих препаратів у фазу трубкування був вищим (134,8—150,6 г/м²), ніж за внесення їх в баковій суміші з гербіцидами у фазу кушіння (115,1—140,6 г/м²).

Мала тенденцію до збільшення і загальна сира маса дводольних малорічних бур'янів (сума дводольних ярих ранніх та пізніх і дводольних зимуючих, озимих та дворічних бур'янів) в усіх варіантах з регуляторами росту рослин і мікродобривом (8,9—21,0 г/м²), порівняно з еталоном (4,6 г/м²). Ця група бур'янів, на відміну від злакової групи бур'янів, навпаки, формувала більшу сирину масу у варіантах з внесенням стимулюючих препаратів у баковій суміші з гербіцидами у фазу кушіння (18,2—21,0 г/м²), ніж за внесення їх окремо у фазу трубкування (8,9—14,4 г/м²).

Також встановлено відмінності між регуляторами росту рослин і мікродобривом у дії на сирину масу дводольних багаторічних і загальну масу всіх бур'янів. Застосування на фоні гербіцидів, внесених у фазу кушіння, регуляторів росту рослин у фазу трубкування сприяло збільшенню сирової маси дводольних багаторічних (479,3—506,3 г/м²) і загальної сирової маси всіх бур'янів (644,3—651,4 г/м²), порівняно з внесенням регулято-

1. Ефективність післясходових гербіцидів із регуляторами росту рослин і мікродобривом проти дводольних бур'янів наприкінці вегетації пізніх посівів пшениці озимої, середнє за 2016—2018 рр.

Варіант	Технічна ефективність препаратів проти дводольних бур'янів, %					
	за кількістю			за сировою масою		
	ярі ранні та пізні	зимуючі, озимі та дворічні	багаторічні	ярі ранні та пізні	зимуючі, озимі та дворічні	багаторічні
Контроль (з бур'янами, без препаратів)	—	—	—	—	—	—
Декабрист 480 SL, РК — 0,15 л/га + Грізний, в.д.г. — 15 г/га + ПАР Талант, в.р. — 0,2 л/га (бакова суміш) у фазу кушіння (еталон)	92,7	58,6	38,8	96,9	94,6	69,2
Декабрист 480 SL, РК — 0,15 л/га + Грізний, в.д.г. — 15 г/га + Емістим С, в.с.р. — 10 мл/га + ПАР Талант, в.р. — 0,2 л/га (бакова суміш) у фазу кушіння	91,3	55,2	28,7	84,8	89,1	70,9
Декабрист 480 SL, РК — 0,15 л/га + Грізний, в.д.г. — 15 г/га + ПАР Талант, в.р. — 0,2 л/га (бакова суміш) у фазу кушіння + Емістим С, в.с.р. — 10 мл/га у фазу трубкування	91,9	41,4	43,8	92,3	94,6	65,0
Декабрист 480 SL, РК — 0,15 л/га + Грізний, в.д.г. — 15 г/га + Вермийодіс, в.р. — 6,0 л/га + ПАР Талант, в.р. — 0,2 л/га (бакова суміш) у фазу кушіння	89,1	65,5	47,8	86,3	72,1	68,8
Декабрист 480 SL, РК — 0,15 л/га + Грізний, в.д.г. — 15 г/га + ПАР Талант, в.р. — 0,2 л/га (бакова суміш) у фазу кушіння + Вермийодіс, в.р. — 6,0 л/га у фазу трубкування	91,9	41,4	37,9	89,3	91,8	66,9
Декабрист 480 SL, РК — 0,15 л/га + Грізний, в.д.г. — 15 г/га + Наномікс, р. — 2,0 л/га + ПАР Талант, в.р. — 0,2 л/га (бакова суміш) у фазу кушіння	92,6	55,2	28,8	86,6	88,4	67,3
Декабрист 480 SL, РК — 0,15 л/га + Грізний, в.д.г. — 15 г/га + ПАР Талант, в.р. — 0,2 л/га (бакова суміш) у фазу кушіння + Наномікс, р. — 2,0 л/га у фазу трубкування	90,6	62,1	53,0	93,7	92,5	70,5

рів росту рослин у баковій суміші з гербіцидами у фазу кушіння (421,1—451,7 і 556,5—613,3 г/м², відповідно). Водночас, ці показники за внесення мікродобрива в баковій суміші з гербіцидами у фазу кушіння були більшими (472,3 і 609,7 г/м²), порівняно з внесенням мікродобрива окремо від гербіцидів у фазу трубкування (426,6 і 576,6 г/м²).

Застосування композицій післясходових гербіцидів із регуляторами росту рослин і мікродобривом, у середньому за 2016—2018 рр., сприяло статистично доказовому зниженню сирової маси дводольних малорічних (на 117,0—129,1 г/м² за $\text{НІР}_{05} = 61,5$ г/м²) і багаторічних бур'янів (на 939,6—1024,8 г/м²

за $\text{НІР}_{05} = 197,7$ г/м²) та загальної сирової маси всіх бур'янів (на 999,2—1094,1 г/м² за $\text{НІР}_{05} = 241,6$ г/м²) наприкінці вегетації пізніх посівів пшениці озимої, порівняно з контролем.

Приріст урожайності зерна (господарська ефективність гербіцидів) пізніх посівів пшениці озимої від внесення лише бакової суміші гербіцидів Декабрист 480 SL, РК + Грізний, в.д.г. + ПАР Талант, в.р. у фазу кушіння (еталон) статистично доказово становив 0,55 т/га або 21,8% (табл. 2). Оскільки застосування регуляторів росту рослин Емістим С, в.с.р. і Вермийодіс, в.р. та мікродобрива Наномікс, р. сприяло збільшенню рівня сирової маси окремих груп бур'янів, то це при-

звело до зменшення врожайності зерна культури на більшості варіантів зі стимулюючими препаратами (2,97—3,05 т/га), порівняно з варіантом внесення тільки гербіцидів (3,07 т/га). Зокрема, у середньому за 2016—2018 рр., показники урожайності зерна пізніх посівів пшениці озимої мали високу негативну кореляцію з показниками сирої маси бур'янів у посівах культури ($r = -0,85$).

У середньому за 2016—2018 рр. не виявлено статистично доказового впливу від застосування у пізніх посівах пшениці озимої композицій післясходових гербіцидів із регуляторами росту рослин і мікродобривом на вміст білка в зерні, а також енергію проростання та лабораторну схожість вирощеного зерна, порівняно з контролем. Водночас, на всіх варіантах з внесенням препаратів виявлено статистично доказово більший збір білка на 0,05—0,06 т/га, порівняно з контролем (табл. 3).

ВИСНОВКИ

Основними видами бур'янів (95,9%) у пізніх посівах пшениці озимої були злакові ярі пізні, лобода біла, осоти жовтий польовий та рожевий. За сирою масою у посівах культури домінували дводольні багаторічні бур'яни (87,6%). За вказаних гербологічних умов внесення проти дводольних бур'янів бакової суміші гербіцидів Декабрист 480 SL, РК (0,15 л/га) + Грізний, в.д.г. (15 г/га) + ПАР Талант, в.р. (0,2 л/га) у фазу кущіння (еталон) статистично доказово сприяло зменшенню загальної сирої маси дводольних малорічних і багаторічних бур'янів відповідно на 96,7 і 69,2% та збільшенню господарської ефективності гербіцидів на 0,55 т/га або 21,8%, порівняно з контролем (з бур'янами, без препаратів). Застосування регуляторів росту рослин Емістим С, в.с.р. (10 мл/га) і Вермийодіс, в.р. (6,0 л/га) та мікродобрива Наномікс, р. (2,0 л/га), у баковій суміші з гербіцидами та окремо, зумовлювало зростання сирої маси бур'янів, що призводило до зменшення врожайності зерна культури.

2. Урожайність пізніх посівів пшениці озимої залежно від внесених післясходових гербіцидів із регуляторами росту рослин і мікродобривом, середнє за 2016—2018 рр.

Варіант	Урожайність, т/га	Господарська ефективність гербіцидів, т/га
Контроль (з бур'янами, без препаратів)	2,52	—
Декабрист 480 SL, РК — 0,15 л/га + Грізний, в.д.г. — 15 г/га + ПАР Талант, в.р. — 0,2 л/га (бакова суміш) у фазу кущіння (еталон)	3,07	0,55
Декабрист 480 SL, РК — 0,15 л/га + Грізний, в.д.г. — 15 г/га + Емістим С, в.с.р. — 10 мл/га + ПАР Талант, в.р. — 0,2 л/га (бакова суміш) у фазу кущіння	3,02	0,50
Декабрист 480 SL, РК — 0,15 л/га + Грізний, в.д.г. — 15 г/га + ПАР Талант, в.р. — 0,2 л/га (бакова суміш) у фазу кущіння + Емістим С, в.с.р. — 10 мл/га у фазу трубкування	3,05	0,53
Декабрист 480 SL, РК — 0,15 л/га + Грізний, в.д.г. — 15 г/га + Вермийодіс, в.р. — 6,0 л/га + ПАР Талант, в.р. — 0,2 л/га (бакова суміш) у фазу кущіння	3,09	0,57
Декабрист 480 SL, РК — 0,15 л/га + Грізний, в.д.г. — 15 г/га + ПАР Талант, в.р. — 0,2 л/га (бакова суміш) у фазу кущіння + Вермийодіс, в.р. — 6,0 л/га у фазу трубкування	3,05	0,53
Декабрист 480 SL, РК — 0,15 л/га + Грізний, в.д.г. — 15 г/га + Наномікс, р. — 2,0 л/га + ПАР Талант, в.р. — 0,2 л/га (бакова суміш) у фазу кущіння	2,97	0,45
Декабрист 480 SL, РК — 0,15 л/га + Грізний, в.д.г. — 15 г/га + ПАР Талант, в.р. — 0,2 л/га (бакова суміш) у фазу кущіння + Наномікс, р. — 2,0 л/га у фазу трубкування	2,98	0,46
HIP ₀₅	0,29	—

3. Якість зерна пшениці озимої пізнього строку сівби залежно від внесених післясходових гербіцидів із регуляторами росту рослин і мікродобривом, середнє за 2016—2018 рр.

Варіант	Білок		Насіння, %	
	уміст, %	збір, т/га	енергія проростання	лабораторна схожість
Контроль (з бур'янами, без препаратів)	11,1	0,24	96	97
Декабрист 480 SL, РК — 0,15 л/га + Грізний, в.д.г. — 15 г/га + ПАР Талант, в.р. — 0,2 л/га (бакова суміш) у фазу кущіння (еталон)	11,3	0,30	96	97
Декабрист 480 SL, РК — 0,15 л/га + Грізний, в.д.г. — 15 г/га + Емістим С, в.с.р. — 10 мл/га + ПАР Талант, в.р. — 0,2 л/га (бакова суміш) у фазу кущіння	11,3	0,29	95	97
Декабрист 480 SL, РК — 0,15 л/га + Грізний, в.д.г. — 15 г/га + ПАР Талант, в.р. — 0,2 л/га (бакова суміш) у фазу кущіння + Емістим С, в.с.р. — 10 мл/га у фазу трубкування	11,2	0,29	96	97
Декабрист 480 SL, РК — 0,15 л/га + Грізний, в.д.г. — 15 г/га + Вермийодіс, в.р. — 6,0 л/га + ПАР Талант, в.р. — 0,2 л/га (бакова суміш) у фазу кущіння	11,4	0,30	96	97
Декабрист 480 SL, РК — 0,15 л/га + Грізний, в.д.г. — 15 г/га + ПАР Талант, в.р. — 0,2 л/га (бакова суміш) у фазу кущіння + Вермийодіс, в.р. — 6,0 л/га у фазу трубкування	11,4	0,30	97	97
Декабрист 480 SL, РК — 0,15 л/га + Грізний, в.д.г. — 15 г/га + Наномікс, р. — 2,0 л/га + ПАР Талант, в.р. — 0,2 л/га (бакова суміш) у фазу кущіння	11,2	0,29	96	97
Декабрист 480 SL, РК — 0,15 л/га + Грізний, в.д.г. — 15 г/га + ПАР Талант, в.р. — 0,2 л/га (бакова суміш) у фазу кущіння + Наномікс, р. — 2,0 л/га у фазу трубкування	11,4	0,29	96	97
HIP ₀₅	0,4	0,03	1	1

ри на більшості варіантів з цими препаратами, порівняно з еталоном. Не виявлено статистично доказового впливу досліджуваних препаратів на якість зерна пізніх посівів пшениці озимої.

Результати досліджень необхідно враховувати агровиборникам у сучасних технологіях вирощування пізніх посівів пшениці озимої. У подальшому слід дослідити вплив інших агроприйомів вирощування пізніх посівів пшениці озимої на забур'яненість, урожайність і якість зерна культури.

Фінансування: Дослідження проведено за рахунок бюджетної тематики Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН («0116U001040» Розробити теоретичні основи та забезпечити надійний захист польових культур від шкідливих організмів в умовах Східного Лісостепу України»).

Конфлікт інтересів: автор декларує про відсутність конфлікту інтересів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рожков А.О., Огурцов Є.М. Рослинництво. Навчальний посібник. Харків: Тім Пабліш Груп, 2017. 363 с.
2. Красиловець Ю.Г., Зуза В.С., Петренко В.П. та ін. Оптимізація інтегрованого захисту польових культур: довідник ; за ред. В.В. Кириченка, Ю.Г. Красиловця. Харків: Магда LTD, 2006. 252 с.
3. Зуза В.С. Гербологія. Монографія. Харків: КП «Міськдруку», 2022. 468 с.
4. Paganoski Z., Mehmeti A. POST herbicide programme for effective weed control in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agronomy Research*, 2018, Vol. 16, No 4, P. 1796-1808. <https://doi.org/10.15159/AR.18.177>
5. Танчик С.П., Шпирка О.М. Гербіциди у посівах пшениці озимої. Карантин і захист рослин. 2012. № 12. С. 17-18. URL: <http://kr.ipp.gov.ua/index.php/journal/issue/view/77/12-2012-pdf>
6. Ткаліч Ю.І., Матюха В.Л., Бокун О.І. Захист посівів озимої пшениці від бур'янів на чорноземах звичайних північного Степу України. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2014. Вип. 20. С. 116-120.
7. Марковська О.Є. Ефективність бакових сумішей гербіцидів та регуляторів росту на пшениці озимій в Південному Степу України. Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки. 2014. № 87. С. 60-64.
8. Леонтьюк І.Б., Голодрига О.В., Заболотний О.І., Розборська Л.В. Формування фотосинтетичної продуктивності пшениці озимої за дії Дербі та Біолану. Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки. 2018. № 100. Т. 1. С. 111-118. URL: http://www.tnv-agro.ksauniv.kv.ua/archives/100_2018/part_1/19.pdf
9. Чала Н.М. Рівень забур'яненості та врожайності посівів пшениці озимої на тлі застосування протруйника Максим, гербіциду Марафон та рістрегулятора Вуксал Аміноплант. Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки. 2020. № 111. С. 145-141. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.111.20>
10. Матюха В.Л. Технічна ефективність бакових сумішей гербіцидів у посівах пшениці озимої після непарових попередників в умовах Північного Степу України. Карантин і захист рослин. 2021. № 1 (264). С. 19-24. <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2021.1.19-24>
11. Marenych M.M., Kaminsky V.F., Bulygin C.Yu. et al. Optimization of factors of managing productive processes of winter wheat in the Forest-Steppe. *Agricultural Science and Practice*. 2020. Vol. 7. No. 2. P. 44-54. DOI: <https://doi.org/10.15407/agrisp.7.02.044>
12. Черенков А.В., Солодушко М.М. Кліматичні зміни та особливості вирощування пшениці озимої в умовах Північного Степу. Вісник аграрної науки. 2014. № 5. С. 16-20.
13. Корхова М.М., Коваленко О.А., Цой Н.Г., Остапенко О.Д. Вплив строків сівби та погодних умов осіннього періоду на тривалість осінньої вегетації пшениці м'якої озимої. Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур: тези доповідей VI Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених (29 березня 2018 р., м. Київ). Вінниця: Нілан-ЛТД, 2018. С. 96-98.
14. Грицевич Ю.С., Самець Н.П., Сидорук Г.П. Продуктивність пшениці озимої за різних строків сівби в Західному Лісостепу. Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». 2017. Вип. 2. С. 46-57.
15. Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. Київ: ТОВ «Юнівест Медіа», 2012. 831 с.
16. Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. Київ: ТОВ «Юнівест Медіа», 2016. 1023 с.
17. Смирнов Б.М. Методика и техника учета сорняков. Научные труды НИИСХ Юго-Востока. Саратов. 1969. Вып. 26. 196 с.
18. Фисюнов А.В., Воробьев Н.Е., Матюха Л.А., Литвиненко Ю.В. Методические рекомендации по учету и картированию засоренности посевов. Днепропетровск. 1974. 71 с.
19. Трибель С.О., Сігарьова Д.Д., Секун М.П. та ін. Методика випробування і застосування пестицидів ; за ред. С.О. Трибеля. Київ: Світ, 2001. 448 с.
20. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.

Hutianskyi R.

ORCID: 0000-0002-5953-9428

*Plant Production Institute named after V. Ya. Yuriev of the NAAS, 142, Heroiv Kharkiv avenue, Kharkiv, 61060, Ukraine
e-mail: rammale@ukr.net*

Effectiveness of herbicide application with plant growth regulators and microfertilizer in late crops of winter wheat

Goal. To establish the features of the formation of weed complex, yield and grain quality of winter wheat sown on the late sowing period, depending

on the application of post-emergence herbicides, plant growth regulators and microfertilizers. **Methods.** Field, measuring and weighing, statistical, laboratory, analytical. **Results.** According to the results of investigations in 2016—18, 30 species of weed plants were found in late crops of winter wheat: late spring grasses (3 species); early and late dicotyledonous (14 species); dicotyledonous wintering, winter and biennial (7 species); dicotyledonous perennials (6 species). In terms of quantity, late spring grasses weeds dominated (40.6%), and in terms of raw mass dicotyledonous perennials dominated (87.6%). Technical efficiency of tank mixture of anti-perennial herbicides Dekabrist 480 SL (0.15 l/ha) + Gryzny, W.G. (15 g/ha) + Talant, surface-active substance (0.2 l/ha), when applied at the tillering stage (standard) against the total raw mass of dicot annual and perennial weeds was 96.7 and 69.2%, respectively. The low level of control of dicotyledonous perennial species by this tank mixture was associated with the partial regrowth of root-sprouting weeds, especially sow thistles, after the introduction of the specified herbicides, namely during the booting period. The application of plant growth regulators Emistym C, w.-a.s. (10 ml/ha) and Vermiiodis, w.s. (6.0 l/ha) at the booting stage, against the background of application of herbicides at the tillering stage, stimulated the growth of the raw weight of dicotyledonous perennials and the total raw weight of all weeds, compared to their application in a tank mixture with herbicides at the tillering stage. At the same time, these indicators, when applying microfertilizer Nanomix, s. (2.0 l/ha) in a tank mixture with herbicides at the tillering stage, were higher, compared to applying the preparation separately from herbicides at the booting stage. An increase in the level of raw mass of weeds against the background of the use of stimulating preparations led to a decrease in grain yield in most variants with these preparations, compared to the standard. No effect of the studied preparations on the protein content of the grain, as well as the germination energy and laboratory germination of the grown grain was found. **Conclusions.** The application of post-emergence herbicide compositions with plant growth regulators and microfertilizers in late crops of winter wheat stimulates the growth of the raw mass of weeds, which negatively affects the grain yield of the crop.

winter wheat; herbicides; stimulant preparations; weeds; productivity; grain quality

Надійшла до редакції: 20.04.2023

Прийнята до друку: 04.05.2023

Надруковано й опубліковано онлайн:
липень 2023

НОВІ ЗНАХІДКИ ЛОКАЛІТЕТІВ

ентомопатогенних нематод родів *Steinernema* та *Heterorhabditis* (Nematoda: Rhabditida: Steinernematidae, Heterorhabditidae) фауни України

Мета. Дослідити нові знахідки локалітетів (з агроценозів) ентомопатогенних нематод (Nematoda: Rhabditida: Steinernematidae et Heterorhabditidae: *Steinernema* et *Heterorhabditis*) у фауні України. **Методи.** Об'єктом досліджень були ентомопатогенні нематоди, зібрані з різних регіонів України у 2016—2018 та 2020—2021 рр. Огляд діагностичних ознак нематод проводили під стереоскопічним мікроскопом МБС-9. Для визначення ентомопатогенних нематод використовували світлооптичний мікроскоп Carl Zeiss Primo Star (за збільшення $\times 100$ — 1000) та спеціальні визначники. **Результати.** Проаналізовано 312 проб на наявність нематод з родин Steinernematidae, Heterorhabditidae. Ентомопатогенні нематоди виявлено у зразках ґрунту, взятих у Житомирській, Чернігівській та Київській областях. Уперше виділено ентомопатогенні нематоди у пробах із Житомирської та Чернігівської областей. Знахідки позитивних проб з нематодами роду *Steinernema* помітно переважали над нематодами роду *Heterorhabditis* (у співвідношенні 1,5:1), що належали до трьох видів (*S. carpocapsae*, *Steinernema* sp. (близький до представників групи «*glaseri*») та *H. bacteriophora*). Зібрано інформацію про місця знахідок кожного зразка та умови існування, в яких цих ентомогельмінтів виявили, подано загальну морфологічну характеристику з морфометричними параметрами видів. **Висновки.** Для двох видів ентомопатогенних нематод виявили нові локалітети: *S. carpocapsae* та *H. bacteriophora* уперше виявили у зразках ґрунту із Житомирської та Чернігівської областей. Подальші дослідження щодо поглиблення знань про фауну ентомопатогенних нематод необхідно зосередити на вивченні ентомогельмінтів у зразках із малодосліджених територій України та їхніх специфічних біотопах.

ентомопатогенні нематоди; Nematoda; Steinernema; Heterorhabditis; видова різноманітність; Україна

А.М. КОВТУН

Одеський державний аграрний
університет, вул. Канатна, 99,
м. Одеса, 65012, Україна
e-mail: andrii_kovtun@ukr.net

Паразитизм гельмінтів (нематод) у комах є цікавим у біологічному і важливим у господарському значенні явищем [1, 2]. Усього відомо понад 1000 видів нематод-паразитів комах, серед яких є як екто- так і ендopаразити. Вони пристосувались до існування в організмі живих комах на всіх стадіях їхнього розвитку — від яйця до імаго, зосереджуючись в різних органах і тканинах у вигляді яєць, личинок, або ж дорослих особин [3].

Серед всієї екологічної групи ентомонематод на особливу увагу заслуговують представники двох родин рабдитид — Steinernematidae Chitwood et Chitwood, 1937 (= Neoplectanidae Sobolev, 1953) та Heterorhabditidae Poinar, 1976 (Nematoda: Rhabditida), яких визначають як «ентомопатогенні нематоди» (ЕПН) [4].

Родина Steinernematidae об'єднує два роди — *Steinernema* Travassos, 1927, та *Neosteinerema* Nguyen & Smart, 1994, останній представлений єдиним видом *N. longicurvicauda* Nguyen & Smart, 1994. Родина Heterorhabditidae вміщує також два роди — рецентний рід *Heterorhabditis* Poinar, 1976 та †*Proheterorhabditis* Poinar, 2011 — викопний рід з раннього крейдового періоду з єдиним типовим видом †*P. burmanicus* Poinar, 2011 [5].

Види *Steinernema* spp. та *Hete-*

rorhabditis spp., особливості біології яких подібні між собою, спромоглися зайняти один і той самий континент, один і той же регіон, і навіть той же квадратний метр, але співіснують, тому що знаходяться на різній глибині ґрунту або мають різну гостальну специфічність, тобто залежать від різних видів комах-хазяїв, які безпосередньо підтримують їхні популяції. Ними уражаються комахи з багатьох рядів та родин, серед яких в переважній більшості: личинки лускокрилих Lepidoptera, жуків Coleoptera, двокрилих Diptera, бліх Siphonaptera, трипсів Thysanoptera; імагінальні стадії прямокрилих Orthoptera, напівтвердокрилих Hemiptera, тарганів Blattodea та багато інших [6]. Представники стейнернематид та гетерорабдитид зустрічаються на усіх континентах світу, за винятком Антарктиди [7], і майже в усіх природних зонах, на різних широтах і висотах над рівнем моря [8].

Один із перших видів ЕПН, який одразу ж привернув до себе увагу відносно свого проблематичного систематичного положення, був виявлений у трачі (Tenthredinidae) у 1923 р., і описаний Г. Штайнером як *Aplectana kraussei* (тепер *Steinernema kraussei*) [9].

Нині у зразках з різних країн світу ідентифіковано близько 100 видів з роду *Steinernema* та 21 вид з роду *Heterorhabditis*, проте, таксономічний статус деяких з них ще й досі під питанням. Судячи з даних [10], більшість нових видів ЕПН описано саме в Азії, однак дослідження в деяких азіатських країнах все ще перебувають у зародковому стані. Деякі нові види

зареєстровано в Австралії, але це не стосується Нової Зеландії та країн Океанії, де проведено ще дуже мало досліджень. Так само обмаль інформації про цю групу ентомонематод надходить із Центральної Америки, однак у Північній Америці описано багато нових видів, деякі з них мають практичне значення і були комерціалізовані у якості типових біоінсектицидів. У Південній Америці описані та використані як агенти біологічного захисту кілька місцевих видів нематод. Європейські країни активно досліджують видову різноманітність ЕПН, зареєстровано нові види, які мають важливе господарське (комерційне) значення і застосовуються в польових умовах. Повідомляється про багато нових видів та інших раніше описаних видів з Африки.

Незважаючи на постійні дослідження ЕПН на різних континентах світу, кількість недосліджених локацій ще досі велика, і тому все ще необхідні подальші дослідження для вивчення неохоплених географічних районів з метою виявлення та подальшого використання додаткових видів ЕПН.

Ентомопатогенні нематоди (Steinernematidae, Heterorhabditidae) до недавнього часу залишались недостатньо вивченою групою нематод-рабдитид в Україні стосовно навіть первинних фауністичних даних, насамперед через їхній прихований спосіб життя та не часте трапляння у природі.

Піонером у вивченні ЕПН в Україні поправу можна вважати ентомолога Л.В. Пучкову, яка у 1952 р. виявила на посівах буряків цукрових Весело-Подільської селекційної станції (Семнівський р-н Полтавської обл.) велику кількість заражених личинок бурякових довгоносикив (*Bothynoderes punctiventris* Germ.). Зусиллями відомого вченого-нематолога К.С. Кірюнкової нематоди було виділено із *B. punctiventris* та віднесено до роду *Neoaplectana* (тепер *Steinernema*), а дещо пізніше описано як новий вид під назвою *Neoplectana bothynoderi*

Kirjanova et Putschkova, sp. n., який пізніше був зведений до виду *Steinernema feltiae* [11].

На території України зареєстровано три види з роду *Steinernema* (*S. carpocapsae* (Weiser, 1955) Wouts et al., 1982; *S. feltiae* (Filipjev, 1934) Wouts et al., 1982; *S. arenarium* (Artyukhovsky, 1967) Wouts et al., 1982) та один вид з роду *Heterorhabditis* (*H. bacteriophora* Poinar, 1976) [12–15]. *S. carpocapsae* та *S. feltiae* є відносно звичайними і поширеними, а *S. arenarium* та *H. bacteriophora* трапляються рідко.

У сучасній нематології вивчення цієї екологічної групи нематод має не тільки цінне теоретичне підґрунтя, а й важливе практичне та господарське значення — вони є основою у виробництві екологічно безпечних біоінсектицидів для контролю різних шкідників у багатьох країнах світу [6].

Впровадження ентомопатогенних нематод як біоагентів, які б обмежували чисельність місцевих шкідливих видів комах, є неможливим без базових знань щодо фауністичних даних, доповнення і уточнення даних щодо поширення окремих видів. З огляду на беззаперечну важливість цього напрямку у вітчизняному захисті рослин та у світлі загальної екологізації сільського господарства ці об'єкти актуальні і потребують детального вивчення.

Мета роботи — дослідити нові знахідки локалітетів ентомопатогенних нематод родин Steinernematidae та Heterorhabditidae (з агроценозів) у фауні України.

Матеріали і методи. За період 2016–2018, 2020–2021 років проведено обстеження ґрунтів агроценозів у 22-х пунктах, які знаходяться в межах основних ґрунтово-кліматичних зон країни — Полісся, Лісостепу та Степу (адм. регіони: Житомирська, Київська, Чернігівська, Черкаська, Хмельницька, Вінницька та Одеська області). Матеріалом для досліджень слугували проби ґрунту, ґрунтові «живі» пастки, зразки тест-комах *Galleria mellonella* L., 1758 (Lepidoptera: Pyralidae) та потенційних комах-

хазяїв різних видів з ряду Coleoptera: Elateridae, Tenebrionidae, Melolonthinae; ряду Lepidoptera: Noctuidae, також інвазійні личинки та дорослі особини ентомопатогенних нематод.

Ґрунтові проби відбирали випадковим чином: для формування середнього зразка (об'ємом не більше як 500 см³) відбирали разові проби (5 виїмок) із 4 м² за допомогою звичайної ручної лопати до глибини 15–30 см (для польових культур), чи в радіусі 1 м на глибині до 40 см навколо штабів окремо ростучих дерев (при обстеженні деревних рослин у насадженнях) [16]. Окрім безпосереднього відбору проб ґрунту закладали ґрунтові «живі» пастки із використанням чутливих до інфекції ентомопатогенів тест-комах — личинок великої воскової моли *G. mellonella*. Також відловлювали хворих та збирали мертвих ґрунтових комах із подальшим встановленням причини загибелі. Всіх комах безпосередньо збирали вручну. Для виявлення дрібних комах і личинок застосовували універсальний ручний розбір проб ґрунту. Загалом по всіх областях оброблено 312 етикетованих проб (220 ґрунтових проб та 92 «живі» пастки), проаналізовано 100 екземплярів потенційних комах-хазяїв.

Ізоляцію ЕПН з проб ґрунту в лабораторних умовах здійснювали методом біопроб з використанням тест-об'єктів — личинок *G. mellonella* [17]. Виділення нематод із уражених особин комах здійснювали шляхом застосування «водної пастки» (пастка Уайта) [18]. Виділені ізоляти нематод зберігали з концентрацією 1000–3000 екз. нематод/мл 0,001% розчину формаліну в фізіологічному розчині кухонної солі, у конічних колбах об'ємом 250 мл, в холодильнику при температурі 4°C. Для отримання дорослих особин ЕПН (самців, самиць) проводили штучне інфікування охолоджених протягом 20 хв при 4°C тест-комах *G. mellonella* суспензією інвазійних личинок (ІЛ) нематод (з розрахунку 100 ІЛ/комаху) у попередньо простерилізованих чашках Петрі з вкладеним філь-

трувальним папером (при вільному контакті паразита і хазяїна) [19]. Чашки Петрі із зараженими тест-об'єктами витримували у затемненому місці (чи при розсіяному світлі) за кімнатної температури 22–24°C. На 2–10-ту добу після зараження проводили гелмінтологічний розтин під стереоскопічним мікроскопом МБС-9 [20].

Видову належність ЕПН визначали на тотальних напів-постійних водно-гліцеринових мікропрепаратах. Досліджуваних нематод попередньо фіксували у розчині ТАФ (2 мл триетаноламіну, 7 мл 40% розчину формальдегіду на 91 мл дистильованої води) та витримували в умовах постійної температури протягом доби. Після цього проводили вибірку нематод (не менше 10 особин самиць, самців та інвазійних личинок) на предметне скло в краплину розчину гліцерину (16 частин води + 1 частина гліцерину), пофарбованого поліхромною синькою, та накривали покривним скельцем. Препарати витримували 1–2 доби при температурі не більше 40°C в термостаті, з метою рівномірного профарбовування нематод [21]. Для ідентифікації видової належності ЕПН досліджували морфологію (поверхневі структури зовнішньої кутикули, трофіко-сенсорний, трофіко-генітальний та каудальний відділи тіла) та морфометричні параметри дорослих особин різних генерацій (у першу чергу самців (♂) та інвазійних личинок третього віку (L3)), користуючись ключами для визначення ЕПН (Steinernematidae, Heterorhabditidae) [22], а також монографіями та статтями, присвяченими окремим таксонам. З урахуванням результатів вимірів основних морфологічних ознак нематод розраховували індекси: L — загальна довжина тіла; W — найбільша ширина тіла; EP — відстань від переднього кінця до екскреторної пори; ES — довжина стравоходу; TL — довжина хвоста; ABW — ширина тіла на рівні анального отвору; $D\% = EP/ES \times 100$ — відношення відстані від апікального кінця до екскреторної пори до

довжини стравоходу; $E\% = EP/TL \times 100$ — відношення відстані від переднього кінця до екскреторної пори до довжини хвоста; SL — довжина спікули; GL — довжина губернакулула; $GS\% = GL/SL \times 100$ — відношення довжини губернакулула до довжини спікули; $SW\% = SL/ABW \times 100$ — відношення довжини спікули до ширини тіла на рівні анального отвору.

Огляд діагностичних ознак та вимірювання нематод проводили під світлооптичним мікроскопом Carl Zeiss Primo Star, за загального збільшення $\times 160$ – 640 (при $\times 1600$ з використанням імерсійного масла) із використанням системи аналізу зображень ToupView 3.7 (for Digital Camera). Мікрофотографування об'єктів дослідження проводили за допомогою цифрової камери ToupCam SCMOS03000KPA 3.0. Математично-статистичну обробку отриманих первинних даних здійснювали методами описової статистики, з використанням програми обробки даних SPSS Statistics 17.0. Для опису загальних кількісних закономірностей використовували основні статистичні показники — міру центральної тенденції із вираховуванням середнього арифметичного (M), та міру варіації — мінімум (min) і максимум (max).

Результати та обговорення.

Встановлено, що 14,7% досліджуваних проб виявились позитивними щодо ЕПН (Nematoda: Rhabditida: Steinernematidae et Heterorhabditidae). ЕПН виявлено у зразках ґрунту із Житомирської, Чернігівської та Київської областей. Варто зазначити, що ЕПН у зразках ґрунту з Житомирської та Чернігівської областей було виділено вперше. Проаналізовані літературні дані дають підстави стверджувати, що обстеження агроценозів [13, 23] та природних біоценозів [14, 15] у вищезгаданих областях не виявляли ЕПН (Steinernematidae, Heterorhabditidae).

У роботі D. Sigareva, A. Kovtun, V. Korniyushin (2019) наведено детальну оцінку особливостей

поширення ЕПН в агроценозах досліджуваних регіонів України, їхнє трапляння в агроценозах різного типу а також залежно від виду-едифікатора агроценозу [24]. А у даній публікації наведено вичерпний опис виявлених видів ЕПН в Україні. Зокрема, коротко подається інформація про особливості біології та наукове значення, загальний ареал і поширення видів в Україні, описуються умови існування видів, подано загальну морфологічну характеристику та морфометрію видів, а також стисло висвітлено господарське (комерційне) значення, інші аспекти практичного використання видів.

Виявлені ізоляти ентомопатогенних нематод віднесено до трьох видів — *Steinernema carpocapsae*, *Steinernema* sp. (близький до представників групи «glaseri») та *Heterorhabditis bacteriophora*. Встановлено, що ЕПН проявляють неабияку мінливість майже за усіма проаналізованими морфометричними характеристиками та індексами (M (min-max), мкм), що ускладнювало процес ідентифікації окремих видів. Зокрема це стосується *Steinernema* sp. (група «glaseri»). Нині проводиться уточнююча діагностика даного ізоляту, тому в даній роботі він не представлений детально. Результати цих досліджень будуть представлені та обговорені пізніше. Однак, зазначимо, що за попередніми морфолого-морфометричними параметрами інвазійних личинок (ІЛ) даний ізолят віднесено нами до т.зв. морфологічної групи «glaseri». Наразі існують 4 такі групи, які демонструють взаємозв'язок між певними близькими видами ЕПН роду *Steinernema*, що базується на довжині тіла ІЛ: група «glaseri» (ІЛ L = 1000 мкм); група «feltiae» (ІЛ L = 700–1000 мкм); група «intermedium» (ІЛ L = 600–700 мкм); група «carpocapsae» (ІЛ L = 600 мкм). Існує ще одна невелика група «bicornutum», ІЛ якої відрізняються від решти тим, що мають дві характерні рогоподібні структури в області голови [25].

Нижче наводимо відомос-

ті про місця існування знайдених нами видів, поширення їх в Україні та світі, морфометричні особливості виявлених ізолятів а також ілюстрації і детальні описи окремих ізолятів.

Надродина <i>Rhabditoidea</i> Orley, 1880
Родина <i>Steinernematidae</i> Filipjev, 1934 = <i>Neoaplectanidae</i> Sobolev, 1953
Рід <i>Steinernema</i> Travassos, 1927 = <i>Neoaplectana</i> Steiner, 1929
<i>Steinernema carpocapsae</i> (Weiser, 1955) Wouts, Mráček, Gerdin & Bedding, 1982 (рис. 1) = <i>Neoaplectana carpocapsae</i> Weiser, 1955

Особливості біології та наукове значення. Ендопаразит (ентомопатоген) комах та інших артропод (Arthropoda) виступає облігатним хаїяїном для кишечних грам-негативних симбіотичних бактерій *Xenorhabdus nematophila* (γ-Proteobacteria: Enterobacteriaceae), утворюючи з ними мутуалістичний нематодно-бактеріальний комплекс.

Steinernema carpocapsae є однією із найбільш вивчених нематод через її високу летальність для різних видів комах і ефективне комерційне використання як біологічного засобу захисту від комах-шкідників. *S. carpocapsae* та її бактеріальний симбіонт широко вивчаються як генетичні моделі для вивчення патогенезу та симбіозу. Вони також є чудовим об'єктом для вивчення паразитизму у ссавців (зокрема вивчення механізмів пошуку хазяїна за допомогою сенсорних сигналів), оскільки вони тісно пов'язані з нематодами Strongyloidea [26].

Ареал виду та його поширення в Україні. Вид зареєстровано у багатьох країнах Північної та Південної Америки, Австралії, Африки, Європи та Азії [10]. В Україні виявлено в зонах Полісся та Лісостепу. Адміністративні регіони: Київська, Вінницька, Житомирська та Чернігівська області [13,

23, 24]. (Примітка. Ми наводимо нові місцезнаходження даного виду для території України. *Steinernema carpocapsae* уперше виявлено в Чернігівській та Житомирській областях).

Умови існування. Звичайний та відносно поширений вид у фауні України. Нами виділений із сільськогосподарських угідь плодівих насаджень — кісточкові, зерняткові, ягідні, горіхоплідні культури (*Malus domestica*, *Pyrus communis*, *Prunus domestica*, *Prunus cerasus*, *Prunus armeniaca*, *Prunus avium*, *Prunus persica*, *Juglans regia*, *Morus nigra*, *Hippophae rhamnoides*, *Viburnum opulus*) та польових культур — гречка, соняшник, овес, квасоля, гарбузи, люцерна. Інші дослідження, проведені в Україні, також виявили даний вид здебільшого в агроценозах садів (насаджень абрикоса, груші та смородини), польових культур (посіви буряків цукрових) та природних біоценозах (грабові ділянки лісу) [12, 13].

Загальна морфологічна характеристика. Морфологічні характеристики нематод виявлених ізолятів *Steinernema carpocapsae* знаходяться у межах раніше описаних для даного виду. Проведені морфометричні дослідження показали, що інвазійні личинки, виділені нами з різних зон та регіонів країни, не мали істотних відмінностей (табл. 1). Довжина личинок виявлених ізолятів в середньому 522—530 мкм, що узгоджується з іншими дослідженнями. Самці I генерації виявлених ізолятів також не відрізнялись від описів інших вчених. Варто зазначити, що форма хвоста варіювала всередині популяцій, але розміри суттєво не відрізнялись. Отже, такий фактор, як географічна віддаленість, відіграє незначну роль у морфології *S. carpocapsae*. Морфометричні параметри інвазійних личинок третього віку та самців першого покоління наведено в таблиці 1.

1. Морфометричні параметри виявлених популяцій *Steinernema carpocapsae* із різних регіонів України*

Ізоляти ЕПН Параметри	Полісся		Лісостеп
	Житомирська обл. (ізолят Овр-1)	Чернігівська обл. (ізолят Мор-1)	Київська обл. (ізолят DD-5)
Інвазійні личинки (L3) (n=10)			
L	530 (516-548)	522 (445-550)	527 (513-552)
W	24 (21-27)	22 (19-26)	23,5 (21,3-26,4)
EP	36,2 (32,4-39)	31,6 (30-37,4)	33 (30-36)
ES	105 (102-108)	100 (96-110)	107 (102-113)
TL	50,5 (47,5-55)	46 (44-51)	48,5 (46-59)
ABW	25 (17-36)	28 (19-34)	28,6 (19-32)
D%	35 (34-38)	31 (30-37)	30 (26-32)
E%	70 (64-78)	69 (60-77)	65 (60-72)
Самці (♂) I генерації (n=10)			
L	1282 (1074-1378)	1510 (1110-1766)	1293 (1124-1424)
W	170 (140-182)	135 (78-168)	113 (96-126)
TL	21,5 (15-27)	25 (18-30)	19 (16-20,4)
ABW	59 (44-73)	52 (44-73)	62 (44-73)
SL	67 (66-68)	67,9 (66-72)	61,3 (57,6-63)
GL	42 (39-44)	45 (42-54)	42 (38-45)
EP	66 (64-84)	69 (60-73)	60 (55-65)
ES	165 (140-196)	168 (138-189)	141 (125-148)
D%	45 (40-50)	41 (32-49)	39 (37-41)
E%	33 (27-38)	29 (22-39)	25 (24-26)
GS%	60 (57-71)	67 (60-75)	71 (63-84)
SW%	122 (110-136)	130 (114-140)	98 (91-113)
Примітка: * — вимірювання наведено в мкм і представлено у формі: M (min-max)			

Самиці I генерації (n=10). Тіло набуває форми спіралі при гарячій фіксації. Головна область подібна як у самців. Вульва у вигляді поперечної щілини. Хвіст короткий, конічний (рис. 1).

Самці I генерації (n=10). Тіло С-подібне у розслабленому стані. Кутикула гладка. Стома неглибока. Глотка з циліндричним прокорпусом, злегка розширеним метакорпусом, за яким слідує істмус і базальний бульбус із клапаном. Нервове кільце оточує істмус. Екскреторна пора розташовується спереду від нервового кільця. Спікули парні, симетричні, злегка зігнуті. Довжина губернакула приблизно 65% від спікули, у формі човна. Хвіст короткий, мукро на кінці не проглядається, бурса відсутня (рис. 1).

Інвазійні личинки третього віку (n=10). Тіло тонке, вкрите оболонкою. Глотка довга і вузька, часто дегенерована. Нервове

кільце локалізовано на 60% довжини глотки. Хвіст подовжений і конічний (рис. 1).

Господарське та комерційне значення. Має сільськогосподарське та біомедичне значення. Застосовується в якості біоінсектицидів. Інші антибіотичні властивості (нематотичні, фунгіцидні зокрема) вивчені недостатньо.

Групи тварин, що уражуються. Має широкий спектр хазяїв, уражуються близько 200 видів комах на різних стадіях розвитку з різних рядів та родин, серед яких у переважній більшості:

BLATTODEA: Blattellidae;
COLEOPTERA: Cerambycidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Scolytidae, Tenebrionidae;
DIPTERA: Agromyzidae, Anthomyiidae, Phoridae, Tephritidae, Tipulidae;
HETEROPTERA: Coreidae;
LEPIDOPTERA: Carposinidae, Cossidae, Noctuidae, Olethreutidae, Pterophoridae, Pyralidae, Psychidae, Sesiidae;
ORTHOPTERA: Acrididae;
SIPHONAPTERA: Pulicidae;
THYSANOPTERA: Thripidae.

Володіє також антибіотичними властивостями, зокрема щодо фітопаразитичних нематод NEMATODA [6] та можливою ортологією його токсинів для нематод-паразитів ссавців [26].

Надродина Strongyloidea Baird, 1853
Родина Heterorhabditidae Poinar, 1976
Рід Heterorhabditis Poinar, 1976 = <i>Chromonema</i> Khan, Brooks & Hirschmann, 1976
Heterorhabditis bacteriophora Poinar, 1976 (рис. 2) = <i>Chromonema heliothidis</i> Khan, Brooks & Hirschmann, 1976

Особливості біології та наукове значення. Ендопаразит (ентомопатоген) комах та інших артропод (Arthropoda) виступає облігатним хазяїном для кишечних грам-негативних симбіотичних бактерій *Photorhabdus luminescens* (γ-Proteobacteria: Enterobacteriaceae), утворюючи з ними мутуалістичний нематодно-бактеріальний комплекс. *H. bacteriophora* також має значення як модель для вивчення процесів, не вивчених у *Caenorhabditis elegans*, зокрема па-

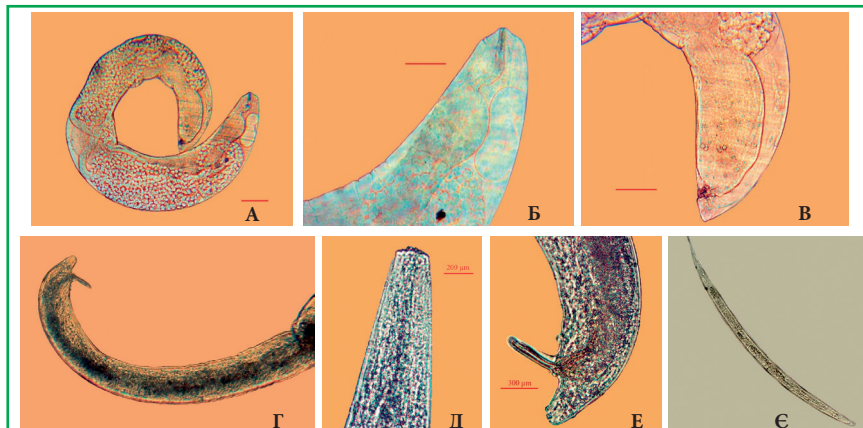


Рис. 1. *Steinernema carpocapsae* (ізолат DD-5).

A, B, C — ♀ I генерації: A — загальний вигляд, B — передній кінець тіла, C — каудальний кінець тіла. D, E, F — ♂ I генерації: D — загальний вигляд (середня та задня частини тіла), E — передній кінець тіла, F — каудальний кінець тіла. G — загальний вигляд інвазійної личинки (L3) (світлова мікроскопія). Оригінал

разитизм, симбіоз і гетерогенне визначення статі [27].

Ареал виду та його поширення в Україні. Вид зареєстровано у багатьох країнах Північної та Південної Америки, Австралії, Африки, Європи та Азії [10]. В Україні виявлений у зонах Полісся, Лісостепу та Степу. Адміністративні регіони: Київська, Миколаївська, Житомирська та Чернігівська області [13, 23, 24].

Єдиний представник роду у фауні України. (Примітка. Виявлені в Чернігівській та Житомирській області локалітети є новими місцезнаходженнями даного виду на території України. *Heterorhabditis bacteriophora* уперше виявлено в даних областях).

Умови існування. Відносно звичайний або рідкісний вид в Україні. Ними виділений із сільськогосподарських угідь плодо-

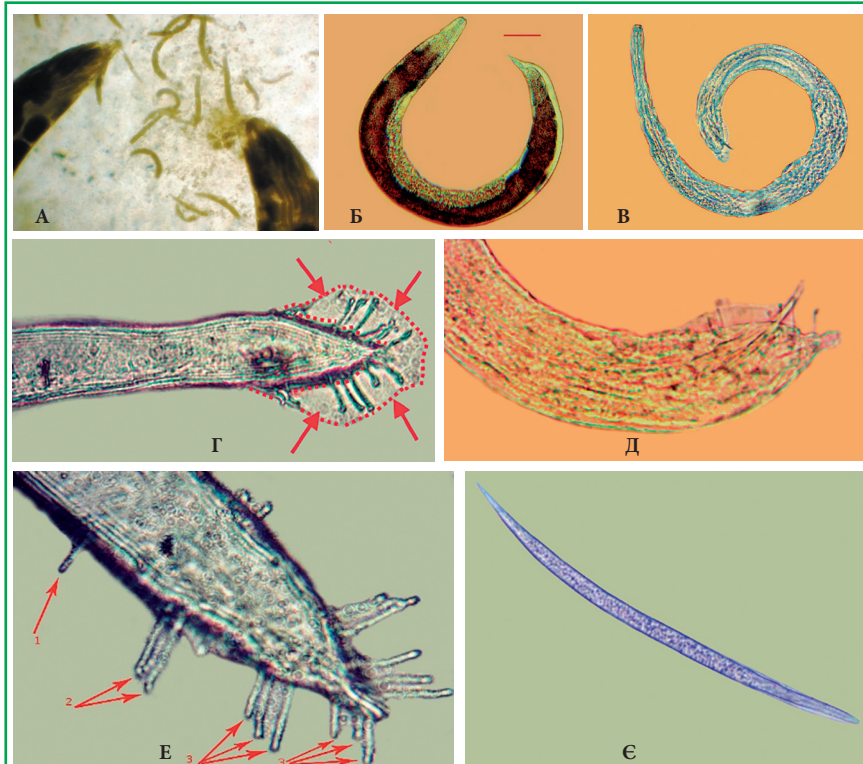


Рис. 2. *Heterorhabditis bacteriophora* (ізолат DD-14).

A — ♀ I генерації заповнена ювенільними личинками (т. зв. «endotokia matricida»), вихід личинок транскутикулярно. B — загальний вигляд ♀ I генерації. C — ♂ I генерації. D — загальний вигляд. E, F, G — каудальні (хвостові) кінці тіла. G — фронтальний вигляд, стрілками позначена бурса. H — сагітальний вигляд, gubernaculum та спікули. I — стрілками позначені пари бурсальних папіл. J — загальний вигляд інвазійної личинки (L3) (світлова мікроскопія). Оригінал.

вих насаджень — кісточкові, зерняткові, ягідні та горіхоплідні культури (*Malus domestica*, *Pyrus communis*, *Prunus domestica*, *Prunus cerasus*, *Prunus armeniaca*, *Prunus avium*, *Prunus persica*, *Juglans regia*, *Morus nigra*, *Hippophae rhamnoides*), а також декоративних насаджень вічнозелених рослин — *Juniperus communis*, *Thuja occidentalis*. Інші дослідження, проведені в Україні, виявили даний вид виключно в агроценозах, зокрема в садах (насаджень яблуні). В природних біоценозах вид поки не виявлено [13, 23].

Загальна морфологічна характеристика. Морфологічні характеристики нематод виявлених нами популяцій *H. bacteriophora* знаходяться у межах раніше описаних для даного виду, зокрема і першоопису [28]. У виявленій нами популяції з Київської області дещо більші розміри довжини хвоста у самців, у порівнянні з ізолятами *H. bacteriophora* з інших регіонів. Також виявлено наявність у них покресленості кутикули з 4—5-ма поздовжніми лініями (валиками), які виразніше проявляються ближче до хвостового відділу. Морфометричні параметри наведено в таблиці 2.

Самиці I генерації (гермафродитні) ($n=10$) помітно більші за самиць II генерації (рис. 2). Голова чітко округла, слабо відокремлена від тіла. Ротова порожнина оточена губами, що несуть конічні губні папіли (сосочки). Ясно видно циліндричний стравохід, з виразним термінальним бульбусом. Нервове кільце оточує істмус відразу попереду бульбусу. Видільна пора локалізується на рівні основи стравоходу або позаду нього на відстані 9—14 мкм. Яєчники парні, дзеркальні, вульва розташовується ближче до середини тіла. Хвіст короткий, різкого звуження не

2. Морфометричні параметри виявлених популяцій *Heterorhabditis bacteriophora* із різних регіонів України*

Ізоляти ЕПН Параметри	Полісся		Лісостеп
	Житомирська обл. (ізолят Ovr-2)	Чернігівська обл. (ізолят Ost-4)	Київська обл. (ізолят DD-14)
Інвазійні личинки (L3) ($n=10$)			
L	550 (506-610)	512 (504-520)	600 (520-660)
W	21,4 (19-24)	20,3 (19-22)	23 (21-25)
EP	100 (82-106)	89 (86,4-90)	105 (89-108)
ES	117 (110-120)	109 (106-112)	116 (108-120)
TL	85 (80-90)	90 (80-95)	94,4 (78-114)
ABW	—	—	—
D%	84 (82-89)	81 (79-85)	93 (70-100)
E%	110 (100-120)	100 (90-110)	108 (100-117)
Самиці (♂) II генерації ($n=10$)			
L	968 (890-1026)	850 (770-940)	925 (895-1018)
W	44,7 (42-48)	47,5 (45-48)	57,5 (39,5-97)
TL	22 (18-24)	27 (24-31)	35,5 (31-42,3)
ABW	23,2 (18,3-26,7)	21 (1,3-25,5)	23,1 (19-25,4)
SL	38,3 (37-43)	42,6 (37-48)	41,2 (33,8-46,5)
GL	22,7 (19-24)	24,3 (23-26)	21,5 (18,3-23,9)
EP	134 (107-162)	136,4 (115,5-169,0)	97,6 (84,5-119,7)
ES	100 (89-102)	103 (98-107)	115,3 (101,4-139,4)
D%	118,4 (104,8-150,7)	86,8 (77,9-107,6)	92 (77,9-107,6)
E%	—	—	—
GS%	52,2 (43,7-57,7)	4,8 (43-61)	49,8 (42,3-65)
SW%	179,8 (150,2-220,4)	180,6 (117,6-230,8)	180,6 (117,6-230,8)
Примітка: * — вимірювання наведено в мкм і представлено у формі: M (min-max)			

простежується, на кінці утворює пальцеподібний виступ, термінус до деякої міри відокремлений. Анус спереду ясно прикритий кутикулою (рис. 2).

Самиці II генерації ($n=10$) схожі на самиць першої генерації. Голова овальна, злегка відокремлена від тіла, її висота становить 7,2 (7,0—8,2) мкм, ширина 21,5 (20,8—22,4) мкм. Видільна пора розташована позаду основи стравоходу. Хвіст конічний, на відміну від самиць I генерації простежується звуження в середній частині, термінус більш загострений (рис. 2).

Самиці II генерації ($n=10$). Довжина тіла варіює від 850 до 968 мкм, ширина — 44,7—57,5 мкм. Поверхня кутикули виразно покреслена 4—5-ма поздовжніми лініями (валиками), які виразніше проявляються ближче до хвостового відділу. Голова зовсім не відокремлена від тіла, ротова порожнина дуже малень-

ка. Відстань від голови до основи стравоходу становить 102,6 (97,5—110) мкм, видільна пора не проглядається. Сім'яник один, дзеркальний, спікули парні, симетричні, завдовжки 38,3—41,2 мкм, прямі, на дистальному кінці загострені. Головка спікул варіює по формі. Губернакулум паличкоподібний, завдовжки 21,5—24,3 мкм. Хвіст конічний, 22—35,5 мкм, з вузьким вентрально вигнутим термінусом. Бурса відкрита, чітко огортає хвіст, присутні 9 пар папіл — одна пара розташована на рівні проксимального (ближнього) кінця спікул, дві пари — ближче до клоаки, і 6 пар — постанально (рис. 2).

Інвазійні личинки третього віку ($n=10$). Тіло вкрите додатковою кутикулярною оболонкою, видільна пора відкривається спереду на межі стравоходу з кишківником, майже на рівні нервового кільця. Хвіст вузькоконічний, у 5 разів більше ширини в області ануса. Термінус хвоста дуже загострений (рис. 2).

Господарське та комерційне значення. Має сільськогосподарське та біомедичне значення. Застосовується в якості біоінсектицидів. Інші антибіотичні властивості (нематодцидні, фунгіцидні зокрема) вивчені недостатньо.

Групи тварин, що уражуються. *H. bacteriophora* уражують близько 200 видів комах на різних стадіях розвитку з різних рядів та родин, серед яких в переважній більшості:

COLEOPTERA: Cerambycidae, Curculionidae, Scarabaeidae, Scolytidae;
DIPTERA: Muscidae, Tephritidae;
LEPIDOPTERA: Sesiidae;
THYSANOPTERA: Thripidae.

H. bacteriophora володіють також іншими антибіотичними властивостями, зокрема

щодо фітопаразитичних нематод NEMATODA [6].

ВИСНОВКИ

Виявлені нами з агроценозів ентомопатогенні нематоди (*Steinernematidae*, *Heterorhabditidae*) поглиблюють знання про нематодофауну країни для подальших досліджень їхнього ефективного використання як біологічних агентів проти комах-шкідників сільського господарства. Для двох видів ентомопатогенних нематод виявили нові локалітети: *Steinernema carpocapsae* та *Heterorhabditis bacteriophora* уперше виявлені у зразках ґрунту із Житомирської та Чернігівської областей.

Фінансування: Дослідження проведено за рахунок бюджетної тематики Інституту захисту рослин НААН (12.01.00.21.П. Розробити превентивні та контролюючі протинематодні заходи в системі фітосанітарної безпеки (№ДР 0116U003530) у 2016—2018 роках.

Конфлікт інтересів: автор декларує про відсутність конфлікту інтересів.

ЛІТЕРАТУРА

- Штейнхауз Э. Патология насекомых ; пер. с англ. В.В. Хвостова, И.В. Цоглина ; под ред. Е.Н. Павловского. Москва: Иностранная литература, 1952. 839 с.
- Положенцев П.А. Черви — паразиты насекомых. Природа. 1956. № 12. С. 102-104.
- Злотин А.З. Техническая энтомология. Киев: Наукова думка, 1989. 183 с.
- Спиридонов С.Э. Энтомопаразитические и энтомопатогенные нематоды. В кн.: Патогены насекомых: структурные и функциональные аспекты ; под ред. В.В. Глушова. Москва: Круглый год, 2001. С. 428-474.
- Poinar Jr. G.O. The evolutionary history of nematodes as revealed in stone, amber and mummies. In Hunt D.J., Perry R.N. (Eds.), *Nematology Monographs and Perspectives*. 2011. Vol. 9. Brill, Leiden, 429 pp.
- Parwinder S. Grewal, Elizabeth A.B. de Nardo, Marineide M. Aguilera. Entomopathogenic nematodes: potential for exploration and use in South America. *Neotrop. Entomol.* 2001. Vol. 30(2). P. 191-205. Doi: 10.1590/S1519-566X2001000200001
- Griffin C.T., Downes M.J., Block W. Tests of Antarctic soils for insect parasitic nematodes. *Antarctic Science*. 1990. Vol. 2(3). P. 221-222.
- Hominick W.M. Biogeography. In Gaugler R. (Eds.), *Entomopathogenic Nematology*. CAB International, Wallingford. 2002. P. 115-143.
- Poinar G.O. Jr., Grewal P.S. History of entomopathogenic nematology. *Journal of Nematology*. 2012. Vol. 44 (2). P. 153-161.
- Bhat A.H., Chaubey A.K., Askary T.H. Global distribution of entomopathogenic nematodes, *Steinernema* and *Heterorhabditis*. *Egypt. J. Biol. Pest Control*. 2020. Vol. 30:31. P. 1-15. Doi: 10.1186/s41938-020-0212-y
- Кириянова Е.С., Пучкова Л.В. Новый паразит свежловичного долгоносика *Neoplectana bothynoderi* Kirjanova et Putschkova, sp. n. (Nematodes). *Тр. зоол. ин-та АН СССР*. 1955. Т. 18. С. 53-62.
- Стефановська Т.Р. Ефективність розмноження ентомопатогенних нематод *Steinernema carpocapsae* та *Heterorhabditis bacteriophora* на личинках *Galleria melonella* L. та *Tenebrio molitor* L. Наукові доповіді НАУ. 2007. Т. 2 (7). С. 1-11.
- Сігарьова Д.Д., Олененко В.В., Граціанова Н.В. Видовий склад ентомопатогенних нематод родів *Steinernema* та *Heterorhabditis*, виявлених на території України. Інформаційний бюлетень ВПРС МОББ (спецвип. приуроч. науч.-практ. симпозиуму «Біологічна заштита растений на пути инноваций»). 2012. № 43. С. 63-66.
- Yakovlev Ye.B., Kharchenko V.A., Mráček Z. Findings of entomopathogenic nematodes (Rhabditida, Steinernematidae) in nature reserves in Ukraine. *Vestnik zoologii*. 2014. Vol. 48. P. 167-173.
- Yakovlev Ye., Nermut J., Půža V., Kharchenko V., Mráček Z. New record of *Steinernema arenarium* (Artyukhovsky) (Rhabditida: Steinernematidae) from Ukraine and note on its distribution. *Acta Parasitologica*. 2017. Vol. 62 (2). P. 255-264.
- Orozco R.A., Lee M.M., Stock S.P. Soil sampling and isolation of entomopathogenic nematodes (Steinernematidae, Heterorhabditidae). *Journal of Visualized Experiments*. 2014. Vol. 89. P. 1-8.
- Bedding R.A., Akhurst R. A simple technique for the detection of insect parasitic rhabditid nematodes in soil. *Nematologica*. 1975. Vol. 21(1). P. 109-110.
- White G.F. A method for obtaining infective nematode larvae from cultures. *Science*. 1927. Vol. 66. P. 302-303.
- Яковлев Е.Б., Харченко В.О. Методи вивчення ентомопатогенних нематод. Вісник Київського національного університету ім. Т. Шевченка. Біологія. 2015. Вип. 3 (68). С. 51-54.
- Лазаревская С.Л. К методике изучения нематод насекомых. *Труды ГЕЛАН СССР*. 1962. № XII. С. 43-51.
- Суменкова Н.И. О методах приготовления препаратов нематод для морфотаксономических исследований. *Фитогельминтологические исследования*. Москва: Наука, 1978. С. 127-136.
- Nguyen K.B., Smart Jr G.C. Identification of entomopathogenic nematodes in the Steinernematidae and Heterorhabditidae (Nematoda: Rhabditida). *Journal of nematology*. 1996. Vol. 28(3). P. 286-300.
- Сігарьова Д.Д., Олененко В.В., Граціанова Н.В. Частота виявлення ентомопатогенних нематод родів *Steinernematidae* та *Heterorhabditidae* в біоценозах України. *Карантин і захист рослин*. 2010. № 3 (164). С. 19-21.
- Sigareva D., Kovtun A., Korniyushin V. Occurrence of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae, Heterorhabditidae) from agricultural ecosystems in Forest (Polissya) and Forest-Steppe natural zones of Ukraine. *Vestnik Zoologii*. 2019. Vol. 53. P. 285-296. Doi: 10.2478/vzoo-2019-0028
- Nguyen K.B., Hunt D. Entomopathogenic nematodes: systematics, phylogeny and bacterial symbionts. Leiden: E.J. Brill, 2007. 816 pp.
- Serra L., Macchietto M., Macias-Muñoz A., McGill C.J., Rodriguez I.M., Rodriguez B. ..., Mortazavi A. Hybrid assembly of the genome of the entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae* identifies the X-chromosome. *G3 (Bethesda)*. 2019. Vol. 8. P. 2687-2697. Doi: 10.1534/g3.119.400180
- Ciche T. The biology and genome of *Heterorhabditis bacteriophora*. In Jonathan Hodgkin and Philip Anderson (Eds.), *WormBook*. The *C. elegans* Research Community. 2007. P. 1-9. Doi: 10.1895/wormbook.1.135.1
- Poinar G.O., Jr. Description and biology of a new insectparasitic rhabditoid, *Heterorhabditis bacteriophora* n. gen. n.sp. (Rhabditida; Heterorhabditidae n. fam.). *Nematologica*. 1976. Vol. 21. P. 463-470.

Kovtun A.,

ORCID: 0000-0002-6119-860X

Odesa State Agrarian University,

st. Panteleimonivska, 13, Odesa,

65012, Ukraine

e-mail: andrii_kovtun@ukr.net

New locality records for *Steinernema* and *Heterorhabditis* (Nematoda: Rhabditida: Steinernematidae, Heterorhabditidae) fauna of Ukraine

Goal. Of this study is to present new locality records (from agricultural ecosystems) for *Steinernema* and *Heterorhabditis* (Nematoda: Rhabditida: Steinernematidae, Heterorhabditidae) fauna of Ukraine. **Methods.** The object of our research were entomopathogenic nematodes collected from different localities of Ukraine between 2016 and 2021. We used stereoscopic microscope MBS-9, light microscope Carl Zeiss Primo Star 100x—1000x and specialized keys for entomopathogenic nematodes identification. **Results.** We analyzed 312 samples for entomopathogenic nematodes (Steinernematidae, Heterorhabditidae). Entomopathogenic nematodes were isolated from Zhytomyr region, Chernihiv region and Kyiv region. Entomopathogenic nematodes from Zhytomyr region and Chernihiv region is a new record for Ukraine. EPN-positive soil samples with *Steinernema* spp. were noticeably pre-dominating over the *Heterorhabditis* spp. (ratio 1.5 to 1). Three species of entomopathogenic nematodes (*S. carpocapsae*, *Steinernema* sp. «glaseri»-group and *H. bacteriophora*), have been described. The information on the specimens location and brief notes on the habitats is provided. In present study, we examined differences in the morphological and morphometric characters between two EPN species from different regions/zones of Ukraine. **Conclusions.** We found new locality records for two entomopathogenic nematodes species: *S. carpocapsae* and *H. bacteriophora* reported from Zhytomyr region and Chernihiv region of Ukraine for the first time. Further studies aiming to improve the knowledge on entomopathogenic nematodes (*Steinernema* and *Heterorhabditis*) fauna should focus on collecting in little-known areas and some specific habitats of Ukraine.

entomopathogenic nematodes; Nematoda; *Steinernema*; *Heterorhabditis*; species diversity; Ukraine

Надійшла до редакції: 20.04.2023

Прийнята до друку: 04.05.2023

Надруковано й опубліковано онлайн:

липень 2023



УКРАЇНЬСЬКА НАУКОВА ДОСЛІДНА СТАНЦІЯ КАРАНТИНУ РОСЛИН ІНСТИТУТУ ЗАХИСТУ РОСЛИН НААН



Запрошуємо взяти участь у роботі

Міжнародної науково-практичної конференції «Фітосанітарна безпека за умов новітніх викликів. Напрями та пріоритети»,

присвяченій 85-річчю заснування Української науково-дослідної станції карантину рослин ІЗР НААН

Конференція буде проводитись **1—2 листопада 2023 року** на базі Української науково-дослідної станції карантину рослин ІЗР НААН (с. Бояни Чернівецького р-ну, Чернівецької обл.).

Ключові напрями конференції:

- наукове забезпечення фітосанітарного стану;
- захист і карантин рослин;
- методи виявлення та ідентифікації регульованих шкідливих організмів;
- вплив біотичних та абіотичних факторів на розвиток перспективних видів сільськогосподарських культур;
- методи прогнозування епіфітотійних ситуацій в сільському господарстві;
- органічне землеробство;
- збільшення урожайності основних культур і підвищення якості сільськогосподарської продукції;
- проблеми переорієнтації сільського господарства на більш рентабельне виробництво нових видів продукції, у т.ч. екологічно чистої.

Матеріали конференції будуть опубліковані у міжвідомчому тематичному науковому збірнику «Фітосанітарна безпека» (попередня назва «Захист і карантин рослин»).

Збірник є науковим фаховим виданням категорії Б.

Вимоги до статей дивіться за посиланням: <http://zkr.ipp.gov.ua/index.php/journal/for-authors>

**До 30 серпня 2023 року необхідно
надіслати заявку на участь у конференції**

(за встановленою формою) та статті для формування збірника на електронну адресу: **conferenceukrndskr@gmail.com**

Форма проведення: змішана
on-line на платформі ZOOM (посилання буде надіслано
після 1 жовтня 2023 р. згідно з поданими заявками).

Робочі мови конференції: українська, англійська

Контактні особи (з організаційних питань):

директор УкрНДСКР ІЗР – **Гунчак Володимир Михайлович**,
тел.: +3(050) 374-01-66; +3(067) 372-29-07

заступник директора з наукової роботи – **Соломійчук Михайло Петрович**,
тел.: +3(066) 134-65-94, +3(068) 851-38-96

e-mail: ukrndskr.zam@gmail.com

Заявка на участь у конференції

Прізвище _____

Ім'я _____

По батькові _____

Науковий ступінь _____

Вчене звання _____

Назва публікації _____

Організація (повна назва) _____

Посада _____

Країна _____

Адреса (робоча) _____

Контактний телефон _____

E-mail _____

Форма участі:

- ☐ доповідь на пленарному засіданні;
- ☐ публікація матеріалів;
- ☐ в якості слухача.