

СТАН ШКІДЛИВОГО ЕНТОМОКОМПЛЕКСУ

в посівах пшениці озимої в Україні за умов зміни клімату

Мета. Встановити багаторічну динаміку чисельності основних шкідників пшениці озимої та індикатора ентомологічного різноманіття агроландшафтів в умовах змін клімату в Україні. **Методи.** Лабораторні, статистично-аналітичні. Стан популяцій протягом 2005—2017 рр. досліджували на прикладі індикаторної групи видів — ентомологічного комплексу основних шкідників посівів пшениці озимої. Як вихідні дані використали багаторічну базу даних чисельності популяцій ентомокомплексу в різних природно-кліматичних зонах, багаторічний моніторинг якого проводять фахівці управління фітосанітарної безпеки держпродспоживслужби України. Для аналізу змін клімату за показником SET вище 10°C для кожної природно-кліматичної зони використали багаторічну базу даних Гідрометеоцентру України. Для визначення впливу потепління клімату на стан популяцій розраховували коефіцієнт кореляції Пірсона між багаторічною динамікою SET та чисельністю комах. **Результати.** Встановлено, що за проаналізованими даними стану індикаторних популяцій впродовж 2009—2017 рр. показники чисельності та зваженого індексу жива планета (LPI) постійно зменшуються. Кореляційний зв'язок чисельності комах з ходом природного потепління не дає можливості однозначно пояснити стан популяцій впливом збільшення суми тепла. **Висновки.** Аналіз багаторічного стану шкідливого ентомокомплексу пшениці озимої, як індикаторної групи, свідчить, що шкідники по-різному реагують на потепління залежно від біології виду. В умовах потепління клімату в Україні відбувається поступове зменшення чисельності комах агроландшафтів. Цей висновок добре узгоджується

¹О.І. БОРЗИХ,
доктор сільськогосподарських наук

¹В.М. ЧАЙКА,
доктор сільськогосподарських наук

¹А.В. ФЕДОРЕНКО,
кандидат сільськогосподарських наук

¹В.І. БОРИСЕНКО,
кандидат сільськогосподарських наук

¹Т.М. НЕВЕРОВСЬКА,
старший науковий співробітник

²І.С. ВЛАСЕНКО,
доктор філософії в галузі природничих наук,

³Н.В. МІНЯЙЛО
¹Інститут захисту рослин НААН,
вул. Васильківська, 33, м. Київ,
03022, Україна
²Національна академія аграрних наук
України, вул. Михайла Омеляновича-
Павленка, 9, м. Київ, 01010, Україна
³Національний університет біоресурсів
і природокористування України,
вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ,
03041, Україна
e-mail: vchaiika28@gmail.com,
intnav_s@ukr.net,
nadia.minyaylo@gmail.com

з літературними даними щодо глобального збіднення чисельності популяцій безхребетних. За умов, коли більшість видів шкідливого ентомокомплексу пшениці озимої в різних природно-кліматичних зонах України демонструють депресію на тлі глобального потепління, планові хімічні обробки проти шкідників доцільно проводити тільки після ретельного фітосанітарного моніторингу агроценозів з метою уточнення ступеня загрози урожаю, що допоможе зменшити пестицидне навантаження на навколишнє природне середовище.

агроландшафти; потепління клімату; комах; чисельність популяцій

Землі сільськогосподарського призначення в Україні займають майже 71% всієї території. Тому переважна більшість біорізноманіття країни представлена мешканцями агроландшафтів, серед яких домінують комахи (близько 35 тис. видів) [1]. Багато років екологи стурбовані збідненням глобального біорізноманіття багатьох наземних і водних хребетних [2], проте лише недавно було озвучено подібні занепокоєння щодо стану таксонів безхребетних, особливо комах [3, 4]. Як шокуючий факт наукова спільнота сприйняла зниження впродовж 27 років на 75% біомаси комах на деяких заповідних територіях Німеччини [5]. Відзначається, що в джунглях Пуерто-Ріко втрати біомаси членистоногих становлять 78—98% [6].

Глобальне збіднення біорізноманіття нерозривно пов'язане з екологічним станом екосистем планети, які забезпечують людство продовольством, прісною водою, чистим повітрям, енергією, лікарською сировиною, можливостями для відпочинку тощо. З точки зору аспектів екосистемного обслуговування сільськогосподарства найбільшу частку загального обсягу послуг (до 35%) складає підтримка екологічної стабільності ґрунтів [7].

До основних чинників зниження чисельності популяцій комах належать: 1) втрата середовища існування, перехід до інтенсивного сільськогосподарства та урбанізації; 2) забруднення, головним чином, синтетичними пестицидами та добривами; 3) біологічні фактори, включаючи патогени; 4) зміни клімату [5]. Потепління клімату деякими екологами вважається головним чинником збіднення чисельності

метеликів та диких бджіл у помірних широтах [8].

Мета досліджень — визначити багаторічну динаміку чисельності основних шкідників пшениці озимої та індикатора ентомологічного різноманіття агроландшафтів в умовах змін клімату в Україні.

Матеріали та методи досліджень. З урахуванням видової насиченості ентомофауни агроценозів України, стан популяцій впродовж 2005—2017 рр. досліджували на прикладі індикаторної групи видів — ентомологічного комплексу основних шкідників посівів пшениці озимої. Як вихідні дані використали багаторічну базу даних чисельності популяцій ентомокомплексу в різних природно-кліматичних зонах, багаторічний моніторинг якого за рекомендованими методами [9] здійснюють фахівці Управління фітосанітарної безпеки держпродспоживслужби України. Моніторинг проводять у базових господарствах (всього 161), які розташовані в різних природно-кліматичних зонах України.

За результатами щорічних обліків готується «Річний звіт з моніторингу розвитку та розповсюдження шкідників і хвороб сільськогосподарських рослин у поточному році та прогноз з'явлення їх у наступному році за областями». Матеріали регіональної річної звітності слугують основою для складання щорічних «Прогнозів фітосанітарного стану агроценозів України та рекомендацій щодо захисту рослин», які до 2015 р. видавались на паперових носіях, а нині — це електронне видання [10]. Прогнози складають спеціалісти відділу захисту рослин управління фітосанітарної безпеки Департаменту фітосанітарної безпеки, контролю в сфері насінництва та розсадництва Держпродспоживслужби України разом з науковцями інститутів і дослідних установ Національної академії аграрних наук України та Національної академії наук України.

Обліки шкідників проводили в агроценозі пшениці озимої.

Зимуючих особин шкідливої черепашки обліковували у лісосмугах. Була використана інформація стосовно основних шкідників пшениці озимої: пшенична (*Phorbia securis* Tiensum.), Гесенська (*Mayetiola destructor* Say.), шведські (*Oscinosoma frit* L. та *Oscinella pusilla* Mg.) злакові мухи; хлібні жуки (*Anisoplia austriaca* Hrbst., *Anisoplia segetum* Hrbst., *Anisoplia agricola* Poda.); хлібний турун (*Z. tenebrioides* Geoez.); клоп шкідлива черепашка (*Eurygaster integriceps* Put.).

Природно-кліматичні зони України характеризуються специфічними показниками суми ефективних температур (СЕТ). Температурні норми регіонів розраховували фахівці Гідрометеоцентру України [11]. На період аналізу норми для різних природно-кліматичних зон становили: Полісся — 969°, Лісостеп — 1124°, Степ — 1400°.

Обраховували суму ефективних температур (СЕТ) вище 10°C за період вегетації для кожної природно-кліматичної зони. Показники чисельності комах та СЕТ усереднювали за зонами за кожний рік аналізу. Для визначення впливу потепління клімату на стан популяцій розраховували коефіцієнт кореляції Пірсона між багаторічною динамікою СЕТ та чисельністю комах.

Згідно з методикою показник

індикатора біорізноманіття (індикатор живої планети LPI) розраховували у відсотках (частках) від оціночної величини популяції на момент започаткування моніторингу. Фактично для кожної популяції показник нормували до «стартової чисельності»; значення індексу визначали як середнє з індексів усіх видів, включених до розрахунку за кожен часовий інтервал [12]. Обраховували також тренд динаміки LPI.

Результати та обговорення. Динаміку змін клімату за показником СЕТ у різних природно-кліматичних зонах України впродовж 2005—2017 рр. наведено на рисунку 1.

Аналіз кліматичних даних засвідчив, що в 2005—2017 рр. в Україні сума ефективних температур майже постійно перевищувала кліматичні норми регіонів, але показники потепління були різними. Наприклад, в Поліссі перевищення норми складало мінімально +1° у 2005 та 2008 роках, максимально — +331° у 2012 р. В середньому за роки аналізу сума температур збільшилася на 207°. У Лісостепу мінімальне перевищення суми ефективних температур зареєстровано у 2009 р. — +16°, максимальне — у 2012 р., коли воно складало +726°. В середньому по зоні щодо кліматичної норми сума температур збільшилась на 230°.

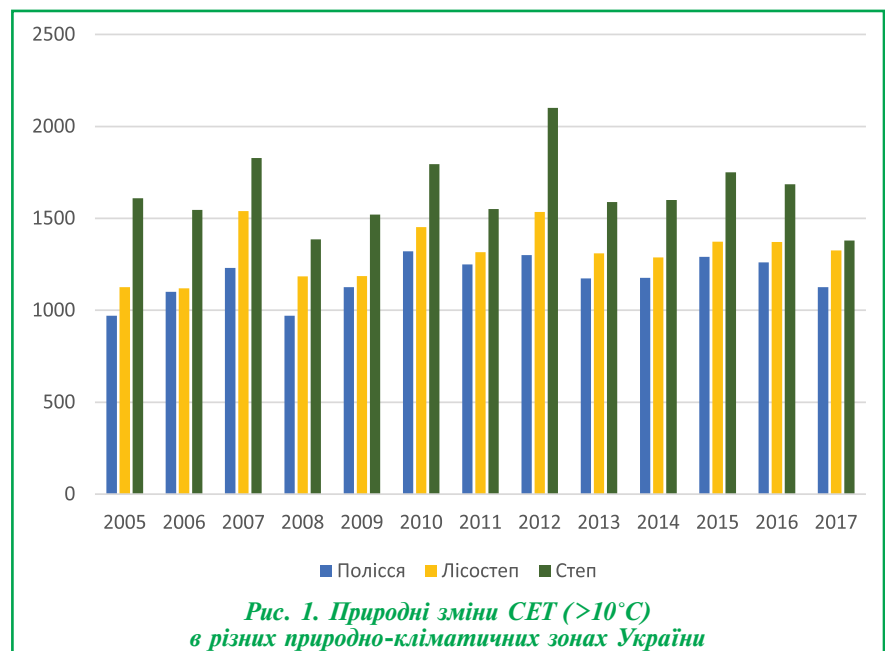


Рис. 1. Природні зміни СЕТ (>10°C) в різних природно-кліматичних зонах України

У степовій зоні у 2008 та 2017 роках спостерігалось деяке зменшення СЕТ щодо кліматичної норми: відповідно -15° та -20° . Максимальне збільшення тепла ($+700^{\circ}$) зареєстровано у 2012 р. (найтепліший рік у всіх зонах за період дослідження). В середньому в зоні Степу сума температур збільшилася на $+368^{\circ}$.

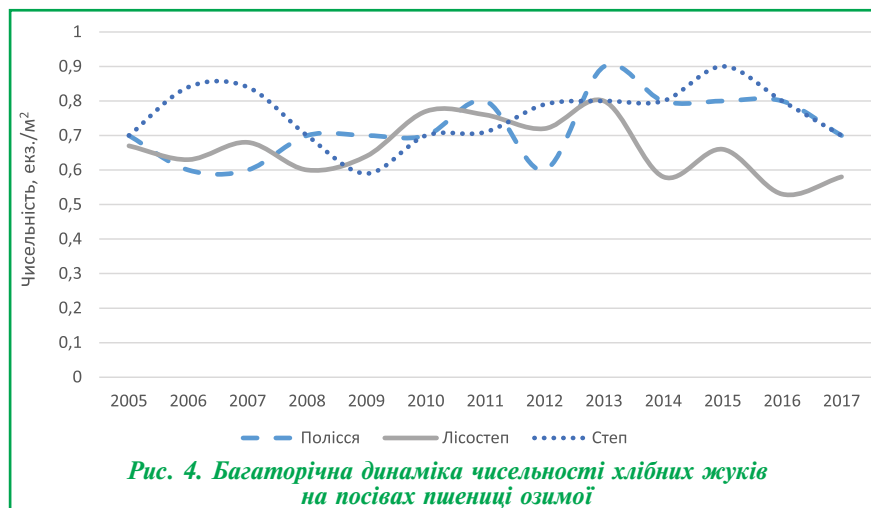
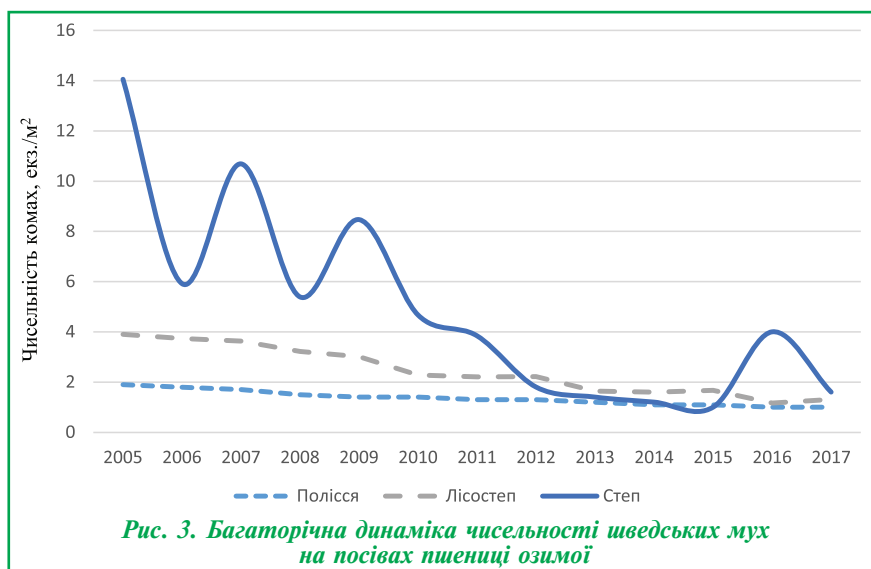
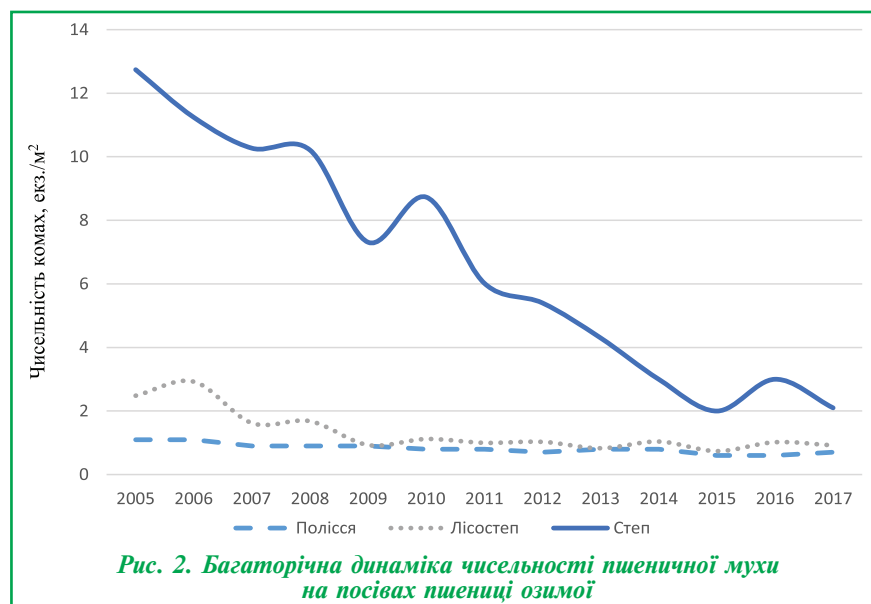
За реакцією популяцій шкідливої ентомокомплекс пшениці, який сформувався на посівах до середини ХХ століття у відповідь на тиск зміни клімату, можна поділити на три групи видів:

1. Опоміза, озима муха, злакові попелиці, пшеничний трипс та хлібний трач — проявили найбільшу чутливість. Ці види втратили показники екологічної константності та суттєво зменшили чисельність, проявляють шкідливість тільки у деяких господарствах.
2. Шведські мухи, пшенична муха, гессенська муха — види, які проявляють чутливість до змін клімату (рис. 2–3). Це підтверджує як динаміка стану популяцій, так і наявність оберненого кореляційного зв'язку чисельності із показниками СЕТ. Сила зв'язку (r) за Чеддоком для злакових мух визначається як помітна та помірна і становить для пшеничної, шведських та гессенської мух відповідно $-0,69^{***}$, $-0,50^*$, $-0,49^*$ (Полісся) та $-0,53^*$, $-0,38$, $-0,43$ (Лісостеп). У зоні Степу таких кореляцій майже немає. Сила зв'язку визначається як слабка та становить для пшеничної, шведських та гессенської мух, відповідно $-0,04$, $-0,05$ та $0,03$.
3. Хлібні клопи, хлібні жуки — види, які завдяки екологічній пластичності поки що мало реагують на температурний чинник (рис. 4–6).

* — кореляція значима на рівні 0,1;
 ** — кореляція значима на рівні 0,05;
 *** — кореляція значима на рівні 0,01;
 інші — кореляція не значима

Характер відповіді популяцій злакових мух на збільшення суми тепла в Степу можливо зумовлений силою тиску екологічного чинника, який може досягати

межі толерантності комах до температури. Про це свідчить слабка та помірна кореляція між багаторічною чисельністю та показниками зміни клімату. Кореляція



між чисельністю хлібних жуків та природним потеплінням в різних зонах становить: 0,13 (Полісся), 0,30 (Лісостеп) та 0,43 (Степ). Характер зв'язку — прямий, що може пояснюватись особливостями біології жуків: тривалий термін розвитку личинок у ґрунті має нівелювати кореляційний зв'язок.

Клоп шкідлива черепашка — основний шкідник пшениці озимої в зоні Степу. З кінця ХХ століття в умовах потепління клімату клоп збільшив показники чисельності та поширення в Лісостепу України, де почав відчутно шкодити пшениці.

Як видно з наведених на рисунку 5 даних, в умовах Степу чисельність клопа почала суттєво зменшуватись з 2009 р. Але кореляційний аналіз свідчить, що сила та значущість зв'язку проявляється залежно від видової приналежності комах. Статистичний зв'язок між показниками СЕТ та чисельністю різних видів достовірний тільки для злакових мух в умовах Полісся і Лісостепу.

Аналіз багаторічних даних щодо стану популяцій шкідливого ентомокомплексу пшениці озимої, як індикаторної групи видів, свідчить про поступове зменшення чисельності комах в умовах потепління клімату в Україні. Цей висновок добре узгоджується з літературними даними щодо глобального збіднення чисельності безхребетних [4, 5].

У процесі вегетації культури на комплекс комах діють екологічні чинники різної природи. Згідно із законом сукупної дії (закон Мітчерліха-Тинемана-Бауле), екологічні чинники будуть впливати на популяції комах сукупно. Відомо, наприклад, що кліматичні й погодні зміни визначають чисельність популяцій комах-шкідників, їхній біотопічний розподіл, інтенсивність живлення, змінюють відносини хижака та жертви, імунні реакції комах, швидкість розвитку та плодючість. Тепловий ефект може призвести до зміни статусу шкідливого організму через пригнічення або стимуляції генетичного потенціалу, а також від-

носин із рослиною-господарем [13—17]. Результативна комплексної дії чинників проявляється в депресії чисельності популяцій. Але показники чисельності шкідників в агроценозах можуть досягати рівня економічних порогів шкідливості, коли застосування інсектицидів окупається збереженим врожаєм. Цей висновок підтверджує також обрахунок багаторічної динаміки зваженого індексу LPI (рис. 6).

Як засвідчили результати багаторічного фітосанітарного моніторингу, в останні 10 років в Україні спостерігається поступове зменшення чисельності деяких шкідників пшениці озимої. Водночас, за даними управління фітосанітарної безпеки Держпродспоживслужби України, обсяги застосування хімічних засо-

бів захисту зернових культур в порівнянні з 2005 р. збільшилися в 5 разів. В умовах екологічної кризи, яка охопила територію України, визначення доцільності хімічних обробок посівів та насаджень сільськогосподарських культур надзвичайно актуальне.

ВИСНОВКИ

Аналіз багаторічного стану популяцій шкідливого ентомокомплексу пшениці озимої, як індикаторної групи, свідчить, що шкідники по-різному реагують на потепління залежно від біології виду. Обрахунок індикатора живої планети дає змогу дійти висновку про поступове зменшення чисельності комах агроландшафтів в умовах потепління клімату в Україні. Цей висновок добре узгоджується з літератур-

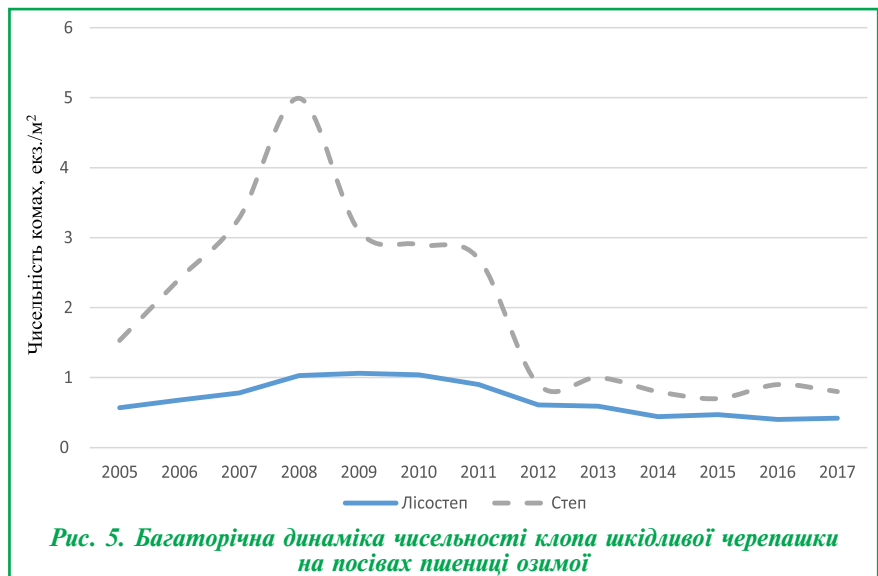


Рис. 5. Багаторічна динаміка чисельності клопа шкідливої черепашки на посівах пшениці озимої

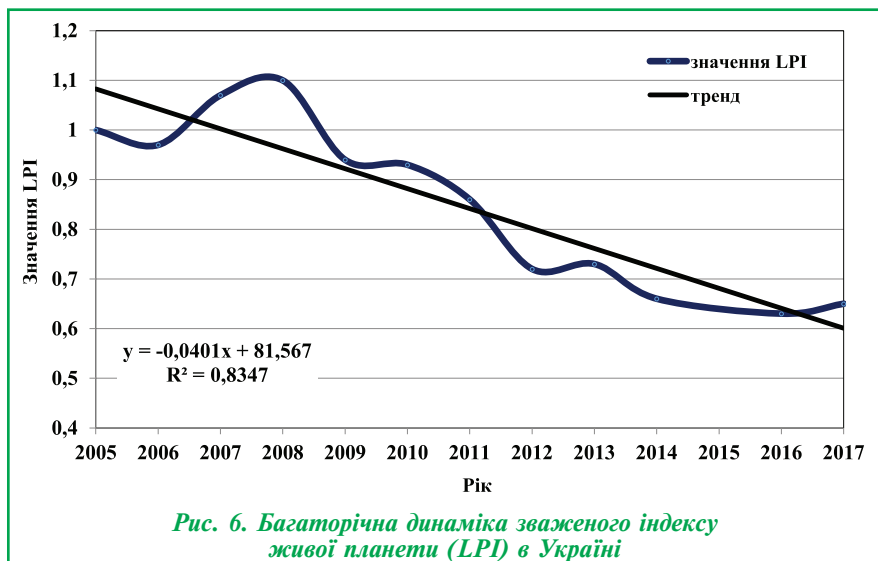


Рис. 6. Багаторічна динаміка зваженого індексу живої планети (LPI) в Україні

ними даними щодо глобального збільшення чисельності популяцій безхребетних.

За умов, коли деякі види шкідливого ентомокомплексу пшениці озимої в різних природно-кліматичних зонах України демонструють депресію на тлі глобального потепління, планові хімічні обробки проти шкідників доцільно проводити тільки після ретельного фітосанітарного моніторингу агроценозів з метою уточнення ступеня загрози урожаю, що допоможе зменшити пестицидне навантаження на навколишнє природне середовище.

Фінансування: За завданням 24.06.01.01. Ф «Розроблення методичних підходів оцінки фітосанітарного стану за використання сучасних інформаційних технологій та створення оперативного прогнозу доцільності застосування засобів захисту рослин». № Д.Р. 0121U000096

Конфлікт інтересів: автор декларує про відсутність конфлікту інтересів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2020 році. 2022. URL: <https://mepr.gov.ua/news/38840.html>
2. Ceballos G., Ehrlich P.R. Mammal population losses and the extinction crisis. *Science*. 2002. 296, 904-907. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1069349>
3. Sanchez-Bayo F., Wyckhuys K.A.G. Worldwide decline of the entomofauna: a review of its drivers. *Biological Conservation*. 2019. P. 8—27. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>
4. Лісовий М.М., Чайка В.М., Міняйло А.А., Мухаммед М.З. Зниження біорізноманіття ентомокомплексів у агроландшафтах України. *Агроекологічний журнал*. 2019. № 2. С. 72—76. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog_2019_2_13
5. Hallmann C.A., Sorg M., Jongejans E., Siepel H., Hofland N., Schwan H., Stenmans W., Müller A., Sumser H., Hörner T., Goulson D., de Kroon H. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS One* 12, 2017. e0185809. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>
6. Lister B.C., Garcia A. Climate-driven declines in arthropod abundance restructure a rainforest food web. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 2018. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas>
7. Ping Zhang et al. Ecosystem Service Value Assessment and Contribution Factor Analysis of Land Use Change in Miyun County, China. *Sustainability*. 2015. 7(6), 7333-7356; DOI: <https://doi.org/10.3390/su7067333>
8. Bartomeus I., Ascher J.S., Wagner D., Danforth B.N., Colla S., Kornbluth S., Winfree R. Climate-associated phenological advances in bee pollinators and bee-pollinated plants Proceedings of the National Academy of Sciences. 2011. 108, 20645-20649. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1115559108>
9. Борзих О.І., Чайка В.М., Неверовська Т.М. та ін. Методичні рекомендації щодо складання прогнозу та обліку багатодіних шкідників, шкідників і хвороб зернових, зернобобових культур та багаторічних трав. Київ: Державна служба України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів. 2018. 144 с.
10. Прогноз фітосанітарного стану агроценозів України та рекомендації щодо захисту рослин у 2020 р. URL: <https://dpss.gov.ua/storage/app/sites/12/uploaded-files/fitosanitarnij-monitoring/prognoz-2019-ostannya-redaktsiya-vosstanovlen-3.pdf>
11. Агрокліматичний довідник по території України; за ред. Т.І. Адаменко, М.І. Кульбиди, А.Л. Прокопенка. Кам'янець-Подільський: ПП Галагодза Р.С., 2011. 108 с.
12. WWF. 2014. Living Planet Report 2014: people and places, species and spaces. McLellan R., Iyengar L., Jeffries B., Oerlemans N. (Eds). WWF, Gland, Switzerland, 178. URL: http://awsassets.panda.org/downloads/lpr_living_planet_report_2014.pdf
13. Ayres J.S., Schneider D.S. The role of anorexia in resistance and tolerance to infections in *Drosophila*. *PLoS Biology*. 2009. 7, 1000-1005. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1000150>
14. Yamamura K., Kiritani K. A simple method to estimate the potential in crease in the number of generation under global warming in temperate zones. *Appld Entomol Zool*, 1998. 33: P. 289—298. DOI: <https://doi.org/10.1303/aez.33.289>
15. Finlay-Doney M., Walter G.H. Behavioral responses to specific prey and host plant species by a generalist predatory coccinellid (*Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant). *Biological Control*, 2012. 63(3). P. 270—278.
16. Regniere J., Powell J., Bentz B., Nealis V. Effects of temperature on development, survival and reproduction of insects: Experimental design, data analysis and modelling. *Journal of Insect Physiology*. 2012. 58(5). P. 634—647. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2012.01.010>
17. Sandra Skendži, Monika Zovko, Ivana Pajač Živković, Vinko Lešić and Darija Lemic. The Impact of Climate Change on Agricultural Insect Pests. *Insects* 2021, 12, 440. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects12050440> Academic

¹Borzikh O.

ORCID: 0000-0002-9802-5622

¹Chaika V.

ORCID: 0000-0002-5025-0863

¹Fedorenko A.

ORCID: 0000-0002-4398-7330

¹Borusenko V.

ORCID: 0000-0003-0550-7583

¹Neverovska T.

ORCID: 0000-0002-5990-165

²Vlasenko I.

ORCID: 0000-0001-6120-649X

³Miniailo N.

¹Institute of Plant Protection of NAAS,

33, Vasylykivska str., Kyiv, 03022, Ukraine

²National Academy of Agrarian Sciences

of Ukraine, 9, Mikhail Omelyanovich-

Pavlenko str., Kyiv, 01010, Ukraine

³National University of Life and

Environmental Sciences of Ukraine,

15, Heroiv Oborony str., Kyiv, 03041,

Ukraine, e-mail: vchayka28@gmail.com,

innav_s@ukr.net, nadia.minyaylo@gmail.com



State of harmful entomocomplex in winter wheat crops in Ukraine under the conditions of climate change

Goal. To establish the multi-year dynamics of the number of the main pests of winter wheat and the indicator of entomological diversity of agricultural landscapes in the conditions of climate change in Ukraine. **Methods.** Laboratory, statistical and analytical. The state of populations during 2005—2017 was studied using the example of an indicator group of species — the entomological complex of the main pests of winter wheat crops. As initial data, a long-term database of the number of populations of the entomocomplex in different natural and climatic zones, which is monitored by specialists of the phytosanitary safety department of the State Production and Consumer Service of Ukraine, was used for many years. **Results.** According to the analysed data on the state of indicator populations during 2009—2017, the indicators of the population size and weighted LPI were constantly decreasing. The correlation between the size of an insect's population and the course of natural warming does not make it possible to unambiguously explain the state of populations by the effect of an increased amount of heat. **Conclusions.** 1. The analysis of the long-term state of populations of a harmful entomocomplex of winter wheat as an indicator group shows that pests react differently to warming depending on the biology of the species and allows us to come to a conclusion about the gradual decrease in the number of insects in agricultural landscapes under conditions of climate warming in Ukraine. This finding is in good agreement with the literature on global depletion of invertebrate populations. 2. Under the conditions when most species of the harmful entomocomplex of winter wheat in different natural and climatic zones of Ukraine show depression against the background of global warming, planned chemical treatments against pests should be carried out only after careful phytosanitary monitoring of agroecosystems in order to clarify the degree of threat to the crop, which will help reduce pesticide load on the natural environment.

agricultural landscapes; climate warming; insects; population size; loss; dynamics

Надійшла до редакції: 26.08.2022.

Прийнята до друку: 06.10.2022.

Надруковано й опубліковано онлайн: грудень 2022.