

ОЦІНЮВАННЯ РІЗНОМАНІТТЯ КОМАХ АГРОЕКОСИСТЕМ

М.М. Лісовий, М.З. Мухаммед, В.М. Чайка

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Обґрунтовано методи оцінювання ентомологічного різноманіття локальних агро-екосистем за допомогою індексу Шеннона — Уївера. Методи аналізу ґрунтувалися на фауністичних дослідженнях польових культур, які домінували в сівозміні господарства, та розрахунку індексу Шеннона — Уївера для кожної культури окремо. Оцінено стан ентомологічного різноманіття згідно із загальними вимогами проведення екологічної паспортизації території агроферми відповідно до СОУ 73.10-37-694:2008. Встановлено, що найчисельнішими за видами ентомофауни були посіви пшениці озимої — 93 види, кукурудзи — 38, ріпаку озимого — 36 видів комах. Індекс Шеннона — Уївера становить 2,4924, 1,6140 та 1,5849 відповідно, що доволі точно диференціює стан видового різноманіття посівів. Дослідження свідчать про істотне збіднення біорізноманіття ентомофауни агроценозів. Актуальні заходи із його збереження повинні передбачати збалансоване використання земель, перехід до біологічного захисту сільськогосподарських культур, поповнення агроландшафту мережею ентомологічних рефугіумів.

Ключові слова: агроекосистема, ентомологічне різноманіття, індекс Шеннона — Уївера.

Всесвітній фонд дикої природи (WWF) розробив індикатор глобального біорізноманіття (LPI), який широко використовується в практиці контролю динаміки стану біоти хребетних видів [1]. Але стан популяцій комах, які становлять близько двох третин усіх видів біоти і мають важливе значення для підтримання стабільності екосистем, та надання екосистемних послуг [2] досліджено недостатньо. Біорізноманіття України налічує близько 72 тис. видів флори, мікробіоти та фауни. До останньої входять 45 тис. видів, у т.ч. комах — 35 тис. [3]. Оскільки землі сільськогосподарського призначення в Україні становлять 71,3% території, більша частина комах населяє агроландшафти, де потрапляє під потужний антропогенний прес. Стратегія збереження біорізноманіття потребує насамперед кількісної та порівняльної оцінки екосистем різного рівня [4]. Такі дослідження проводяться регулярно для регіональних та глобальних екосистем. За індикаторами глобального біорізноманіття хребетних видів складено бази даних, які дають змогу контролювати динаміку стану популяцій різних екосистем [1]. Поряд із тим реальний стан ентомологічного

різноманіття в локальних агроекосистемах (на рівні господарств, окремих агроценозів) досліджено недостатньо. Саме в них біота зазнає потужних антропогенних впливів, рівень яких обумовлено економічним станом, культурою землеробства та інноваційною активністю конкретного землекористувача. Для оцінки видового багатства локальних екосистем розроблено індекси Шеннона — Уївера, Симпсона, Макінтоша тощо, кожен з яких має свої переваги та недоліки [4]. Так, за останні 30 років зменшення біомаси комах, зокрема в Німеччині, становить близько 75%, і це спостерігається навіть в середовищі існування з низьким рівнем антропогенного порушення [5]. Наукових досліджень з обґрунтування методів системної оцінки стану ентомофауни сільськогосподарських територій проведено недостатньо, що обумовило актуальність нашої роботи.

Мета роботи — оцінити стан різноманіття видів комах у локальних агроекосистемах за допомогою індексу Шеннона — Уївера.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили в полях сівозміни ВП НУБіП України «Великоснітинське навчально-дослідне господарство

ім. О.В. Музиченка» у 2016–2018 рр. Загальна площа господарства становить 2960 га, сільськогосподарських угідь – 2787 га. З них екологічно нестабільні угіддя (орні землі) – 2495 га (90%).

Оцінку різноманіття ентомофауни агроценозів здійснювали за допомогою фауністичних досліджень та розрахунку індексу біорізноманіття Шеннона – Уївера, що визначає міру таксономічної неоднорідності угруповання комах та розраховується за формулою:

$$H = -\sum_{i=1}^n \left(\frac{N_i}{N} \right) \log_2 \left(\frac{N_i}{N} \right),$$

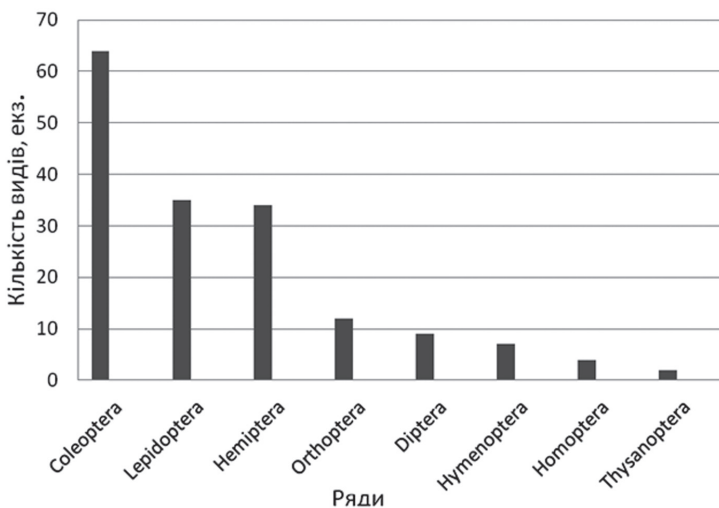
де H – індекс Шеннона – Уївера (інформаційне різноманіття, що виражає кількість одиниць інформації в угрупованні); N_i – оцінка «значущості» i -го таксону, тобто чисельність i -го таксону; N – загальна оцінка «значущості», тобто загальна чисельність комах; n – кількість таксонів [5].

Збір комах у польових умовах здійснювали в агроценозах сільськогосподарських культур, що домінують у сівозміні: пшениця озима (24% площі орних земель), кукурудза (19), ріпак озимий (5,7% площі орних земель) стандартним методом косіння ентомологічним сачком, застосовували також

метод ґрунтових розкопок. У лабораторних умовах за допомогою визначників комах проводили аналіз таксономічної приналежності ентомологічного різноманіття, стан якого оцінювали згідно із загальними вимогами екологічної паспортизації територій агросфери відповідно до СОУ 73.10-37-694:2008 за такими критеріями [8]: значення індексу $<1,8$ – низьке видове різноманіття, екосистема не багата на види, тобто є типовим агроценозом; $1,8-2,0$ – доволі високе різноманіття, екосистема є високопродуктивним агроценозом; значення індексу $>2,0$ – дуже високе видове різноманіття, характерне для природних екосистем і перелогів.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Аналіз узагальнених результатів фауністичних досліджень в агроценозах засвідчив, що видове ентомологічне різноманіття посівів налічувало 167 видів з 8 рядів. Найчисельнішим за видами був ряд Coleoptera (Жорсткокрилі – 64 види), за ним йшли ряди Lepidoptera (Лускокрилі – 35), Hemiptera (Напівжорсткокрилі – 34); найменш рясними були ряди Homoptera (Рівнокрилі – 4) та Thysanoptera (Бахромчатокрилі – 2 види). Структуру ентомофауни за розподілом таксонів наведено на рисунку.



Узагальнена структура ентомофауни досліджуваних культур за розподілом таксонів

Відомо, що наявне видове різноманіття різних агроценозів насамперед визначається сільськогосподарською культурою. Тому була проведена диференційована оцінка показника індексу для кожної сіль-

ськогосподарської культури окремо. Для підрахунку використали результати фауністичних досліджень на кожній культурі (табл. 1–3.)

Розрахунок індексу Шеннона – Уївера:

Таблиця 1

Різноманіття рядів комах за видами, що були виявлені на полях пшениці озимої (2016–2018 рр.)

№ пор.	Ряди	Кількість видів
1	Жорсткокрилі – Coleoptera	33
2	Напівжорсткокрилі – Hemiptera	34
3	Лускокрилі – Lepidoptera	35
4	Перетинчастокрилі – Hymenoptera	9
5	Рівнокрилі – Homoptera	4
6	Прямокрилі – Orthoptera	12
7	Бахромчатокрилі – Thysanoptera	2
8	Двокрилі – Diptera	7
Всього	8	93

Таблиця 2

Різноманіття рядів комах за видами, що були виявлені на полях кукурудзи (2016–2018 рр.)

№ пор.	Ряди	Кількість видів
1	Жорсткокрилі – Coleoptera	15
2	Напівжорсткокрилі – Hemiptera	4
3	Лускокрилі – Lepidoptera	17
4	Прямокрилі – Orthoptera	2
Всього	4	38

Таблиця 3

Різноманіття рядів комах за видами, що були виявлені на полях ріпаку озимого (2016–2018 рр.)

№ пор.	Ряди	Кількість видів
1	Жорсткокрилі – Coleoptera	14
2	Напівжорсткокрилі – Hemiptera	5
3	Лускокрилі – Lepidoptera	12
4	Прямокрилі – Orthoptera	5
Всього	4	36

$$H_{\text{пшениці}} = - \sum_{i=1}^{93} \left(\frac{33}{93} \right) \log_2 \left(\frac{33}{93} \right) + \left(\frac{25}{93} \right) \log_2 \left(\frac{25}{93} \right) + \left(\frac{8}{93} \right) \log_2 \left(\frac{8}{93} \right) + \left(\frac{9}{93} \right) \log_2 \left(\frac{9}{93} \right) + \left(\frac{4}{93} \right) \log_2 \left(\frac{4}{93} \right) + \left(\frac{5}{93} \right) \log_2 \left(\frac{5}{93} \right) + \left(\frac{2}{93} \right) \log_2 \left(\frac{2}{93} \right) + \left(\frac{7}{93} \right) \log_2 \left(\frac{7}{93} \right) = 2,4924$$

Так, значення індексу Шеннона – Уївера дорівнює 2,4924. Відповідно до СОУ 73.10-37-694:2008 ці дані свідчать про дуже високе видове різноманіття, що характерно для природних екосистем і перелогів. Це зумовлено тим, що пшениця давно культивується в Україні, тому має значну кількість диких родичів, комахи-фітофаги з яких пристосувалися до живлення культурою.

Розрахунок індексу Шеннона – Уївера:

$$H_{\text{кукурудзи}} = - \sum_{i=1}^{38} \left(\frac{15}{38} \right) \log_2 \left(\frac{15}{38} \right) + \left(\frac{4}{38} \right) \log_2 \left(\frac{4}{38} \right) + \left(\frac{17}{38} \right) \log_2 \left(\frac{17}{38} \right) + \left(\frac{2}{38} \right) \log_2 \left(\frac{2}{38} \right) = 1,6140$$

Так, ентомологічне різноманіття посівів кукурудзи дорівнює 1,6140. Відповідно до стандарту показник свідчить про низьке видове різноманіття, тобто екосистема є малочисельною на види, або типовим агроценозом.

Розрахунок індексу Шеннона – Уївера посівів ріпаку озимого:

$$H_{\text{ріпак}} = - \sum_{i=1}^{36} \left(\frac{14}{36} \right) \log_2 \left(\frac{14}{36} \right) + \left(\frac{5}{36} \right) \log_2 \left(\frac{5}{36} \right) + \left(\frac{12}{36} \right) \log_2 \left(\frac{12}{36} \right) + \left(\frac{5}{36} \right) \log_2 \left(\frac{5}{36} \right) = 1,5849$$

Відповідно до стандарту значення показника (1,5849) свідчить про низьке видове різноманіття на посівах ріпаку, що також характерно для типових агроценозів.

Розрахунок узагальненого значення індексу біорізноманіття для досліджених сільськогосподарських культур за результатами фауністичного аналізу:

$$H = - \sum_{i=1}^{167} \left(\frac{64}{167} \right) \log_2 \left(\frac{64}{167} \right) + \left(\frac{34}{167} \right) \log_2 \left(\frac{34}{167} \right) + \left(\frac{35}{167} \right) \log_2 \left(\frac{35}{167} \right) + \left(\frac{9}{167} \right) \log_2 \left(\frac{9}{167} \right) + \left(\frac{4}{167} \right) \log_2 \left(\frac{4}{167} \right) + \left(\frac{12}{167} \right) \log_2 \left(\frac{12}{167} \right) + \left(\frac{2}{167} \right) \log_2 \left(\frac{2}{167} \right) + \left(\frac{7}{167} \right) \log_2 \left(\frac{7}{167} \right) = 1,3837$$

Отже, узагальнене значення індексу різноманіття дорівнює 1,3837. Відповідно до стандарту показник свідчить про низьке видове різноманіття, тобто екосистема має значно збіднене біорізноманіття.

ВИСНОВКИ

Проведені дослідження свідчать, що індекс Шеннона – Уївера доволі точно диференціює стан різноманіття ентомофауни різних сільськогосподарських культур. Так, дані фауністичних досліджень посівів кукурудзи і ріпаку озимого засвідчили, що видова чисельність ентомофауни сільськогосподарських культур відрізняється на два таксони: показник індексу для кукурудзи становить 1,6140, для ріпаку озимого – 1,5849 відповідно. Здатність віддзеркалювати поточний стан ентомофауни, простота розрахунків дає змогу використовувати індекс Шеннона – Уївера для оцінювання біорізноманіття агроценозів.

Результати наших польових досліджень засвідчили істотне збіднення біорізноманіття ентомофауни агроландшафтів, що підтверджується численними літературними даними щодо глобальної кризи її видового багатства. Аналіз складових агроландшафту свідчить, що польова сівозміна більше як на 90% складається з орних земель, тоді як еколого-стабілізуючі напівприродні системи становлять менше 10% від загальної площі території господарства. Така система землекористування не відповідає екологічним нормативам, не забезпечує екологічної стійкості агроландшафту та, зрештою, спричиняє кризові явища. За хімічних обробок сільськогосподарських культур під пестицидний прес потрапляє майже вся ентомофауна агроландшафту, що посилює кризу біорізноманіття.

Першочергові заходи із його збереження повинні передбачити збалансоване використання земель сільськогосподарського призначення, перехід до біологічного захисту сільськогосподарських культур від бур'янів, хвороб та комах-фітофагів, поповнення агроландшафту мережею напівприродних екосистем, які будуть виконувати функцію ентомологічних рефугіумів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? / A.D. Barnosky, N. Matzke, S. Tomiya [et al.] // *Nature*. — 2011. — Vol. 471. — P. 51–57.
2. Living Planet Report - 2018: Aiming Higher / M. Grooten and R.E.A. Almond (Eds.). — WWF, Gland, Switzerland, 2018. — 146 p.
3. Sanchez-Bayo F. Worldwide decline of the entomofauna: a review of its drivers / F. Sanchez-Bayo, K.A.G. Wyckhuys // *Biological Conservation*. — 2019. — No. 232. — P. 8–27.
4. Національні програми по збереженню біорізноманіття та охорони і відновлення окремих видів рослин й тварин [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www.sea.gov.ua/oldwebsite/GIS/BSR/UA/documents/legislation/Prog_bio.htm
5. Касимов Н.С. Географія й моніторинг біорізноманітності / Н.С. Касимов, Э.П. Романова, А.А. Тишков. — М.: Изд-во «Научного и учебно-методического центра», 2002. — 432 с.
6. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas [Електронний ресурс] / C. Hallmann, M. Sorg, E. Jongejans [et al.] // *PLoS ONE*. — 2017. — 12(10). — Режим доступу: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>
7. Ceballos G. Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines [Електронний ресурс] / G. Ceballos, P.R. Ehrlich, R. Dirzo // *CITE AS: Proc Natl. Acad Sci USA*. — 2017. — 114(30). — P. 7–25. — Режим доступу: <https://doi.org/10.1073/pnas.1704949114>
8. Загальні вимоги до проведення екологічної паспортизації території агросфери: СОУ 73.10-37-694:2008 / [М.М. Мельничук, М. Ладика, О. Наумовська та ін.]. — К.: Мінагрополітики України, 2008. — 18 с.

REFERENCES

1. Barnosky, A.D., Matzke, N., Tomiya, S., Wogan, G.O.U., Swartz, B., Quental, T.B., Marshall, C., McGuire, J.L., Lindsey, E.L., Maguire, K.C., Mersey, B., Ferrer, E.A. (2011). Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature*, 471, 51–57 [in English].
2. Grooten, M. and Almond, R.E.A. (Eds.). (2018). *Living Planet Report – Aiming Higher*. WWF, Gland, Switzerland [in English].
3. Sanchez-Bayo, F., Wyckhuys, K.A.G. (2019). Worldwide decline of the entomofauna: a review of its drivers. *Biological Conservation*, 232, 8–27 [in English].
4. Natsionalni prohramy po zberezhennyu bioriznomanittya ta okhorony i vidnovlennya okremykh vydiv roslin y tvaryn [National programs for the conservation of biodiversity and the protection and restoration of certain species of plants and animals]. [www.sea.gov.ua](http://www.sea.gov.ua/oldwebsite/GIS/BSR/UA/documents/legislation/Prog_bio.htm). Retrieved from http://www.sea.gov.ua/oldwebsite/GIS/BSR/UA/documents/legislation/Prog_bio.htm [in Ukrainian].
5. Kasimov, N.S., Romanova, E.P., Tishkov, A.A. (2002). *Geografiya i monitoring bioraznობრaziya* [Geography and monitoring of biodiversity]. Moskva: MGU: Izd-vo «Nauchnogo i uchebno-metodicheskogo tsentra» [in Russian].
6. Hallmann, C., Sorg, M., Jongejans, E. et al. (2017). More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS ONE*, 12(10): e0185809. Retrieved from <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809> [in English].
7. Ceballos, G., Ehrlich, P.R., Dirzo, R. (2017). Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. *CITE AS: Proc Natl. Acad Sci USA*, 07 25. 114(30):E6089-E6096. Retrieved from <https://doi.org/10.1073/pnas.1704949114> [in English].
8. Melnichuk, M., Ladika, M., Naumovskaya, O., Ridey, N., Palamarchuk, S. (Eds.). (2008). *Zahalni vymohy do provedennya ekolohichnoyi pasportyzatsiyi terytoriyi ahrosfery* [General requirements for ecological certification of agrosphere territories]. *SOU 73.10-37-694: 2008*. Kyiv: Minahropolytyky Ukrainy [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 20.05.2019