

## ЕКОЛОГІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ПЕСТИЦИДІВ ТА АГРОХІМІКАТІВ ЗА ВПЛИВОМ НА МЕЗОФАУНУ

Я.В. Чабанюк, А.А. Бунас, І.С. Бровко, С.О. Мазур

*Інститут агроекології і природокористування НААН*

*Оцінено вплив комерційних препаратів пестицидів на репродуктивну функцію представників ґрунтової мезофауни *Eisenia fetida* за допомогою молекулярно-генетичних методів COMET та TUNEL. За використання методу COMET гербіциди Примекстра Голд та Гезагард порушували структуру ДНК на 79 та 65% від загальної кількості досліджуваних клітин, у зразках із застосуванням препарату Харнес частка клітин із пошкодженою ДНК становила 45%, а препарату Раундап — 15%. За допомогою методу TUNEL встановлено, що досліджувані препарати — Примекстра Голд, Гезагард, Харнес та Раундап зумовлювали фрагментацію ДНК клітин дощових черв'яків у обсязі 81, 67, 42 та 13% від загальної кількості відповідно.*

**Ключові слова:** ґрунтова мезофауна, *Eisenia fetida*, метод COMET, метод TUNEL, фрагментація ДНК.

З огляду на інтенсифікацію сільськогосподарського виробництва, актуальними є питання забруднення і накопичення пестицидів та агрохімікатів у ґрунтах [1]. Оцінювання їх безпечності за допомогою біологічних методів в останні десятиліття набуває дедалі більшого значення. Використання хіміко-аналітичних методів не дає повної інформації про можливу дію комплексу забруднювачів на живі організми, тому на практиці широко застосовують біотестування, що передбачає цілеспрямоване використання стандартних організмів-біоіндикаторів для визначення токсичного впливу на них, з наступним оцінюванням їх стану відповідно до обраних критеріїв. Біоіндикаторами є організми, присутність, кількість або інтенсивність розвитку яких служить показником різних природних процесів або умов середовища існування. Наприклад, наявність або відсутність деяких речовин (у т.ч. практично важливих для певних процесів), описує ефекти, спричинені різними екологічними стресами на різних рівнях біологічної організації — від клітини до біоценозу. Для виявлення змін у досліджуваних організмах на клітинному та субклітинному рівнях використовують

біомаркери. Біологічним маркером є досліджуваний параметр, вимір якого відрізняється високою точністю, надійністю і відтворюваністю [2].

Нині актуальним є вибір сучасного та універсального комплексу біотестів і біомаркерів для виявлення впливу різних токсичних речовин на навколишнє природне середовище та визначення ступеня його забруднення, зокрема на рівні клітини та її геному.

Для оцінювання хімічного забруднення довкілля як біоіндикатори використовуються дощові черв'яків *Eisenia fetida* [3] — представники мезофауни ґрунтів, що відіграють важливу роль в агроекосистемах і є одними з основних індикаторів якості ґрунту. Вони мають значний вплив на складні процеси розкладу та деградації рослинних та тваринних решток, мінералізацію органічних матеріалів, повітряний та водний режими ґрунтів і сприяють підтриманню їх сталої структури. Ці безхребетні можуть акумулювати у собі пестициди в кількостях, що у сотні разів перевищують їх власний кількісний уміст у ґрунті. Раніше (у більшості досліджень) використовували параметр смертності черв'яків як індикатор забруднення, а не зниження їх репродуктивного потенціалу [4]. Зрозуміло, що вищі концентрації агрохімікатів у ґрунті

неважко оцінити тестом на смертність, але ґрунти з низькими (сублетальними) концентраціями забруднювальних речовин та їх пролонговану дію необхідно оцінювати за допомогою більш чутливих методів досліджень, таких як тести, спрямовані на виявлення пошкоджень генетичного апарату [5]. Так, основним біомаркером на молекулярному рівні для оцінювання впливу пестицидів є пошкодження структури ДНК. Методи екотоксикологічних досліджень, що характеризують біологічну протидію організму-індикатора на вплив пестицидів, як правило, схожі. У лабораторних умовах об'єкти піддають впливу токсикантів з різними рівнями концентрацій забруднювальних речовин за допомогою використання штучно забруднених субстратів або польових проб ґрунту. Ці дослідження, в основному, базуються на аналізі реакції на стрес упродовж короткого періоду одного з найбільше подібних за тривалістю життя об'єктів. Тому для оцінювання впливу пестицидів та агрохімікатів на ґрунтову фауну ми пропонуємо використовувати поряд із традиційними більш інформативні молекулярно-генетичні дослідження, спрямовані на виявлення пошкоджень генетичного апарату організмів тест-об'єктів. Найбільше показовими, точними та швидкими у цьому аспекті є такі методи: COMET [6], що передбачає як один з етапів електрофорез однієї клітини, та TUNEL (Terminal uridine deoxynucleotidyl transferase dUTP nick end labeling) — тест на фрагментацію ДНК статевих клітин, які найчастіше використовуються у світовій практиці для виявлення генотоксичності хімічних речовин у навколишньому природному середовищі [7].

Метод COMET є швидким і доволі чутливим методом реєстрації пошкоджень та дослідження репарації ДНК на рівні поодиноких клітин, виявляє як одно-, так і дволанцюгові розриви ДНК. Нині метод широко використовується в дослідженнях генотоксичності хімічних речовин, фармацевтичних препаратів, репарації ДНК, апоптозу, в клінічних дослідженнях з пренатальної діагностики, визначення схиль-

ності до онкологічних захворювань та їх терапії. У світовій практиці метод поступово стає невід'ємною частиною програм з біомоніторингу, оцінювання впливу чинників навколишнього природного середовища. Використання такого аналізу дає змогу вивчати пошкодження ДНК фактично в будь-яких еукаріотичних клітинах. Так, для проведення дослідження необхідно всього кілька тисяч клітин досліджуваного зразка. Метод характеризується високою чутливістю і може бути застосований для оцінювання інтегральної цілісності геному [8].

Для аналізу за методом COMET використовують ціломоциту дощових черв'яків *E. fetida*, які попередньо піддаються дії токсичних сполук як в умовах *in vivo*, так і *in vitro*. Для проведення дослідження клітини іммобілізують в агарозний гель, нанесений на предметне скло для мікроскопії, обробляють буферним розчином з високим умістом солі, що призводить до лізису клітин. Далі зразки піддають електрофоретичному розділенню з подальшою візуалізацією флуорисцентним барвником. Після процедури проводяться мікроскопія зразка. За наявності розривів ДНК порушується структурна організація хроматину і втрачається спіралізація, що призводить до релаксації молекули та формування не зв'язаних з клітиною фрагментів. У електричному полі релаксовані петлі і фрагменти ДНК витягуються в напрямку до анода, що надає спостережуваним об'єктам вигляду «комет». Кількість ДНК, яка мігрувала у напрямку до анода, може використовуватися як показник, що характеризує рівень пошкоджень ДНК у клітинах. «Комети» аналізують або шляхом візуального спостереження та диференціації за ступенем пошкоженості ДНК, або з використанням комп'ютерних програм (CometScore, Casp-Lab), за допомогою яких можна обрахувати кількісні показники пошкоджень. COMET-аналіз характеризується зручністю у використанні та, здебільшого, застосовується для виявлення низьких рівнів пошкоджень структури ДНК в окремих клітинах. Також для біодіагностики впливу хімічних речовин на тест-об'єкти можна використовувати

вати модифікований метод СОМЕТ, що передбачає проведення після лізису клітин контрольованої денатурації ДНК [9], а потім електрофорез у лужному середовищі. Це дає змогу окремим ланцюгам незалежно мігрувати в електричному полі, виявляючи одноланцюгові розриви структури молекули ДНК [10]. Використання лужного варіанта СОМЕТ-аналізу надає змогу оцінювати, переважно, вихід одноланцюгових розривів, оскільки за використання цього методу дволанцюгові розриви становлять менше 5% пошкоджень структури ДНК. Методом СОМЕТ, що проводять в нейтральних умовах середовища, детектують здебільшого дволанцюгові пошкодження структури ДНК (рис. 1-А, Б).

Останніми роками з'являється дедалі більше даних про те, що на репродуктивну функцію будь-якого еукаріотного організму, наразі — представників ґрунтової мезофауни, окрім хромосомних та генних мутацій, негативно також впливає зміна структури самої ДНК статевих клітин. Широку популярність набуває гіпотеза, що порушення репродуктивної функції іноді зумовлено патологічним станом загальної ДНК статевих клітин (одно- та дволанцюгові розриви у молекулі, неправильна упаковка хроматину тощо) [11, 12]. Оскільки ДНК у нормальному стані повинна мати певну конформацію, хімічну та фізичну структуру, то будь-яке незначне пошкодження самої молекули чи її упаковки може призвести до порушень процесу за-

пліднення. Чинниками таких структурних змін у молекулі ДНК можуть бути як нерепаровані пошкодження, що виникають під час процесу дозрівання статевих клітин, так і окисні процеси та апоптоз (запрограмована смерть клітини) [13]. Статеві клітини є надзвичайно чутливими до апоптичних сигналів, до яких і відносяться чинники навколишнього природного середовища, а саме — неконтрольоване використання в агровиробництві пестицидів та агрохімікатів. Тому для дослідження впливу цих речовин на стан тотальної ДНК (дисперсії хроматину та фрагментації) використовують також метод TUNEL [14]. Метод базується на виявленні фрагментацій ДНК апоптозних клітин за допомогою ферменту дезоксинуклеотидилтрансферази і заповнення ним місць розриву міченими нуклеотидами, які потім легко візуалізуються за допомогою стандартного імуногістохімічного аналізу. Потім такі зразки досліджують за допомогою флуоресцентного мікроскопа — інтенсивність люмінесценції клітин є пропорційною кількості вбудованих флуоресцентних міток, і, відповідно, кількості розривів у структурі ДНК. Як флуорохроми зазвичай використовуються флуоресцеїн або антифлуоресцентні антитіла. У процесі аналізу розраховується відсоток TUNEL-позитивних клітин [15].

Нами оцінено вплив пестицидів на ґрунтову мезофауну, а саме, на фрагментацію ДНК дощових черв'як *E. fetida*, за допомогою методу TUNEL. Об'єктом дослі-

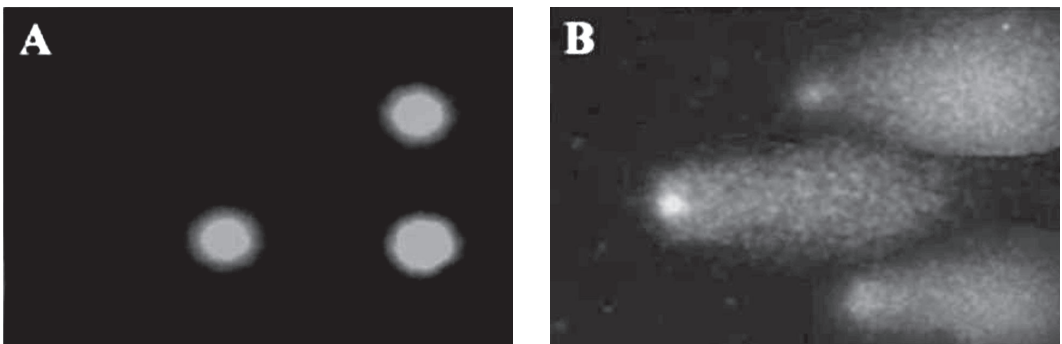


Рис. 1. Електрофорез на поодиноких клітинах: А — контроль; В — клітини-«комети»

джен стали агрохімікати: 1) селективний досходовий гербіцид для контролювання однорічних одно- і дводольних бур'янів у посівах сої, кукурудзи, соняшнику — Харнес (Монсанто, Бельгія), діюча речовина ацетохлор, механізм дії полягає в гальмуванні клітинного поділу, що зумовлює припинення транспорту амінокислот і ауксинів у колеоптилі, зниження осмотичного тиску і, зрештою, загибель зародка. Для препарату характерною є помірна летючість, що зростає з підвищенням температури (вище 25°C); помірна розчинність у воді і висока стабільність до ультрафіолетового випромінювання; 2) системний гербіцид суцільної дії — Раундап (Монсанто, Бельгія), діюча речовина гліфосат. Гербіцид проникає через листя та інші зелені частини рослин, перерозподіляється в органах всієї рослини, у т.ч. кореневій системі, блокує синтез незамінних ароматичних амінокислот у всіх органах рослини, що спричиняє загибель всього організму; 3) селективний гербіцид широкого спектра дії для захисту посівів кукурудзи та сорго від однорічних злакових і деяких дводольних бур'янів — Примекстра Голд (Сингента, Швейцарія), діючі речовини S-металохлор та атразин. Атразин блокує реакцію Хілла в хлоропластах та процес фотосинтезу, S-металохлор припиняє процес ділення клітин, що зумовлює блокування початкових стадій мітозу, внаслідок чого чутливі до речовини бур'яни призупиняють ріст на ранніх стадіях розвитку. Бур'яни гинуть в момент проростання. За застосування під час вегетації препарат поглинається сходами та частково кореневою системою, переміщується у органах рослини, спричиняючи загибель бур'янів; 4) гербіцид вибіркової дії — Гезагард (Сингента, Швейцарія), діюча речовина прометрин, вплив препарату на бур'яни, які вже зійшли, відбувається через листя, що проявляється блокуванням фотосинтезу в рослинах. Усі досліджені речовини застосовувались згідно з інструкціями фірм-виробників.

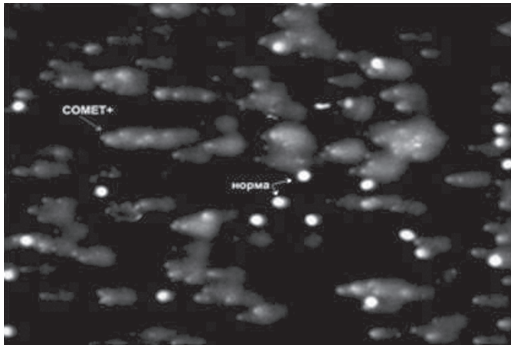
Веgetаційні досліді проводили в умовах та на субстраті згідно з ДСТУ ISO 11268-2:2003 [16]. На дно кожної вегетаційної ка-

мери (оліготераріуму) поміщали субстрат (700 г) та досліджувані речовини у робочих концентраціях, а також вносили по 10 шт. особин *E. fetida*. Для створення оптимальних гідротермічних умов існування тварин у лабораторії підтримували температуру в межах 20–22°C та імітували випадання різноманітної кількості опадів. Для поливу використовували дистильовану воду. Щоб уникнути можливої накопичення надлишкової вологи, у вегетаційних камерах було зроблено отвори. У досліді використовували лабораторну популяцію *E. fetida*, отриману внаслідок регенерації з наступним розмноженням однієї вихідної особини, що дає змогу отримати генетично однорідну популяцію. Матеріал для цитогенетичних досліджень сім'яників земляних черв'яків *E. fetida* відбирали згідно із стандартними методиками препарування [17]. Дослід проводили у трикратній повторності, час дії становив 30 днів. Аналіз СОМЕТ проводили за допомогою комерційного набору реактивів OxiSelect™ Comet Assay Slides (3-Well) (Cell Biolabs, Inc., США), TUNEL-тест — набір APO-BrdU™ TUNEL Assay Kit (BioVision, Inc., США). Мікроскопію зразків проводили за допомогою люмінесцентного мікроскопа Olympus BX-51.

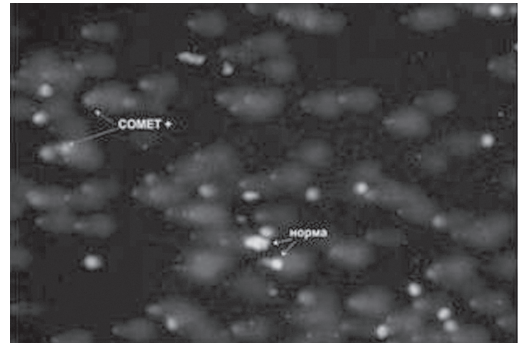
Отже, у процесі досліджень впливу гербіцидів на репродуктивну функцію дощових черв'яків методом СОМЕТ встановлено, що найбільш негативну дію на ДНК чинили речовини S-металохлор, атразин (препарат Примекстра Голд) та прометрин (препарат Гезагард), робочі дози яких пошкоджували 79 та 65% досліджуваних клітин відповідно (рис. 2-А, Б)

Оцінювання впливу тих самих речовин за допомогою методу TUNEL засвідчило, що за використання препарату Примекстра Голд пошкоджується 81% ДНК досліджуваних клітин, а за обробки ґрунту препаратом Гезагард — 67%.

Відповідно до аналізу методом СОМЕТ, у зразках із застосуванням препарату Харнес (рис. 3-А) частка клітин із пошкодженою ДНК становила 45%, натомість препарат Раундап (рис. 3-Б) майже не діяв на

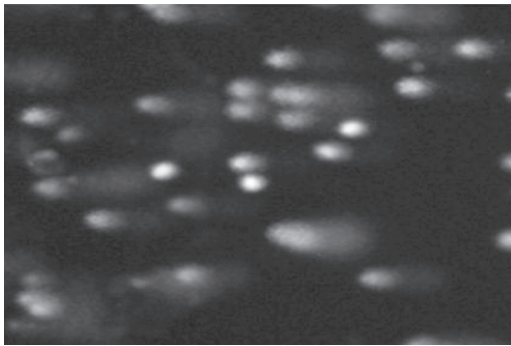


А

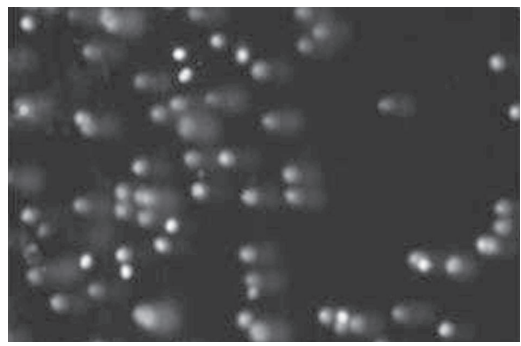


Б

**Рис. 2.** Вплив комерційних препаратів пестицидів Примекстра Голд (А) та Гезагард (Б) на пошкодження ДНК *E. Fetida* (за методом COMET)



А



Б

**Рис. 3.** Вплив комерційних препаратів пестицидів Харнес (А) та Раундап (Б) на пошкодження ДНК дощових черв'яків *E. Fetida* (за методом COMET)

ДНК — у клітинах *E. Fetida* виявлено не більше ніж 15% пошкоджених клітин.

За допомогою методу TUNEL дані попереднього аналізу для препаратів Харнес та Раундап підтвердились, оскільки було виявлено 42 та 13% клітин з пошкодженою ДНК відповідно.

### ВИСНОВКИ

Широке використання хімічних засобів захисту рослин, здатність їх до тривалого збереження у навколишньому природному середовищі та виражена біологічна активність дає всі підстави віднести ці речовини до найнебезпечніших забруднювачів ґрунту. Більшість класичних методів надає можливість виявити деградацію ґрунтів лише

за їх фактичним проявом. Альтернативою цьому є оцінювання стану агроєкосистем за біодіагностичними показниками на сучасному молекулярно-генетичному рівні.

Методи COMET та TUNEL є доволі нескладними у використанні та найбільш інформативними для визначення генотоксичного впливу хімічних речовин на статеві клітини організму-біоіндикатора *E. fetida*. До основних переваг цих методів слід віднести: можливість детекції пошкоджень структури ДНК на рівні поодиноких клітин фактично за будь-якої природи впливу; швидкість проведення експериментів та високий рівень чутливості, що необхідно для реєстрації пошкоджень структури ДНК на рівні окремої клітини.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Bustos-Obregón E. Adverse effects of exposure to agropesticides on male reproduction / E. Bustos-Obregón // APMIS. — 1998. — Vol. 109. — P. 233–242.
2. Cikutovic M. Pathologies in earthworm: sublethal biomarkers of xenobiotic toxicity: Dissertation, University of North Texas / M. Cikutovic. — Denton, 1991. — P. 235.
3. Bustos-Obregón E. Pesticide soil contamination mainly affects earthworm male reproductive parameters / E. Bustos-Obregón, R. I. Goicochea // Asian Journal of Andrology. — 2002. — Vol. 4. — No. 3. — P. 195–199.
4. ISO 11268-1:2012 «Soil quality — Effects of pollutants on earthworms — Part 1: Determination of acute toxicity to *Eisenia fetida* / *Eisenia andrei*», International Organization for Standardization. — Geneva, Switzerland, 2012.
5. ISO 11268-2:1998 «Soil quality — Effects of pollutants on earthworms (*Eisenia fetida*) — Part 2: Determination of effects on reproduction», International Organization for Standardization. — Geneva, Switzerland, 1998.
6. Cotelle S. Comet assay in ecotoxicology: a review / S.Cotelle, J. Ferard // Environ Mol Mutagen. — 1999. — No. 34. — P. 246–255.
7. Toluidine blue cytometry test for sperm DNA conformation comparison with the flow cytometric sperm chromatin structure and TUNEL assays / J. Erenpreiss, K. Jepson, A. Giwercman et al. // Hum Reprod. — 2004. — No. 19. — P. 2277–2282.
8. Gestel V.C. The influence of soil characteristics on the toxicity of four chemicals to the earthworm *Eisenia fetida* / V.C.Gestel, V.W. Dis // Biol Fert Soils. — 1988. — No. 6. — P. 245–249.
9. Development of a standardized reproduction toxicity test with the earthworm species *Eisenia fetida* / V.C. Gestel, V.W. Dis, V.E. Breemen, P. Sparenburg // Ecotoxicol Environ Saf. — 1989. — No. 18. — P. 305–312.
10. Zhan Y. Effects of silver nanoparticles on bacteria and earthworms / Y. Zhan // A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Science. — Christchurch New, Zealand: Lincoln University. — 2012. — P. 129.
11. Espinoza-Navarro O. Sublethal doses of malathion alter male reproductive parameters of *Eisenia foetida* / O. Espinoza-Navarro, E. Bustos-Obregón // Int. J. Morphol. — 2004. — No. 22, Vol. 4. — P. 297–302.
12. Bustos-Obregón E. Pesticide soil contamination mainly affects earthworm male reproductive parameters Biology of Reproduction Unit. / E. Bustos-Obregón, I.R. Goicochea / Program of Morphology. — 2002. — P. 195–199.
13. Early redistribution of plasma membrane phosphatidylserine is a general feature of apoptosis regardless of the initiating stimulus: inhibition by overexpression of Bcl-2 and Abl. / S.J. Martin, C.E.M. Reutelingsperger, A.J. McGahon et al. // J.Exp Med. — 1995. — No. 182. — P. 1545–1556.
14. Sorour J. Toxic effects of benomyl on the ultrastructure during spermatogenesis of the earthworm *Eisenia fetida* / J. Sorou, O. Larink // Ecotoxicology and Environmental Safety. — 2001. — Vol. 50, No. 3. — P. 180–188.
15. Bortner C.D. The role of DNA fragmentation in apoptosis / C.D. Bortner // Trends Cell Biol. — 1995. — Vol. 5. — P. 21–26.
16. Якість ґрунту. Вплив забруднювальних речовин на земляних черв'яків (*Eisenia fetida*). — Ч. 2: Визначення результатів впливу на розмноження: (ISO 11268-2:1998, IDT): ДСТУ ISO 11268-2:2003. — К.: Держспоживстандарт України, 2003. — 20 с. — (Національний стандарт України).
17. Большой практикум по зоологии позвоночных. Типы: Кольчатые черви, Членистоногие. — Ч. 2 / А.В. Иванов, А.С. Мончадский, Ю.И. Полянский, А.А. Стрелков. — М.: Высш. школа, 1985. — 547 с.

## REFERENS

1. Bustos-Obregón E. (1998). Adverse effects of exposure to agropesticides on male reproduction APMIS. Vol. 109, pp. 233–242 (in English).
2. Cikutovic M. (1991). Pathologies in earthworm: sublethal biomarkers of xenobiotic toxicity Dissertation, University of North Texas, p. 235 (in English).
3. Bustos-Obregón E., Goicochea R.I. (2002). Pesticide soil contamination mainly affects earthworm male reproductive parameters. Asian Journal of Andrology, Vol. 4, No. 3, pp. 195–199.
4. ISO 11268-1:2012 «Soil quality — Effects of pollutants on earthworms. Part 1: Determination of acute toxicity to *Eisenia fetida*/*Eisenia andrei*», International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2012.
5. ISO 11268-2:1998 «Soil quality — Effects of pollutants on earthworms (*Eisenia fetida*) — Part 2: Determination of effects on reproduction». International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 1998.
6. Cotelle S., Ferard J. (1999). Comet assay in ecotoxicology: a review. Environ Mol Mutagen, No. 34, pp. 246–255 (in English).
7. Erenpreiss J., Jepson K., Giwercman A. et al. (2004). Toluidine blue cytometry test for sperm DNA conformation comparison with the flow cytometric sperm chromatin structure and TUNEL assays. Hum Reprod, No. 19, pp. 2277–2282 (in English).
8. Gestel V.C., Dis V.W. (1988). The influence of soil characteristics on the toxicity of four chemicals to the earthworm *Eisenia fetida*. Biol Fert Soils, No. 6, pp. 245–249 (in English).
9. Gestel V.C., Dis V.W., Breemen V.E., Sparenburg P. (1989). Development of a standardized reproduction toxicity test with the earthworm species *Eisenia fetida*/*andrei* using cooper, pentachlorophenol and 2,4-dichloroaniline. Ecotoxicol Environ Saf., No. 18, pp. 305–312 (in English).

10. Zhan Y. (2012). Effects of silver nanoparticles on bacteria and earthworms. A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Master of Science. Lincoln University, Christchurch, New Zealand, p. 129 (*in English*).
11. Espinoza-Navarro O., Bustos-Obregyn E. (2004). Sublethal doses of malathion alter male reproductive parameters of *Eisenia foetida*. Int. J. Morphol., No. 22, Vol. 4, pp. 297–302 (*in English*).
12. Bustos-Obregyn E., Goicochea I.R. (2002). Pesticide soil contamination mainly affects earthworm male reproductive parameters. Biology of Reproduction Unit., Program of Morphology, pp. 195–199 (*in English*).
13. Martin S.J., Reutelingsperger C.E.M., McGahon A.J. et al. (1995). Early redistribution of plasma membrane phosphatidylserine is a general feature of apoptosis regardless of the initiating stimulus: inhibition by overexpression of Bcl-2 and Abl. J. Exp. Med., No. 182, pp. 1545–1556 (*in English*).
14. Sorour J., Larink O. (2001). Toxic effects of benomyl on the ultrastructure during spermatogenesis of the earthworm *Eisenia fetida*. Ecotoxicology and Environmental Safety, Vol. 50, No. 3, pp. 180–188 (*in English*).
15. Bortner C.D. (1995). The role of DNA fragmentation in apoptosis. Trends Cell Biol., Vol. 5, pp. 21–26 (*in English*).
16. DSTU ISO 11268-2:2003. *Yakist hruntu. Vplyv zabrudniuvalnykh rechovyh na zemlianykh cherviakh (Eisenia fetida)*. *Chastyina 2. Vyznachennia rezultativ vplyvu na rozmnozhennia* [State Standard ISO 11268-2:2003. The quality of the soil. The impact of pollutants on earthworms (*Eisenia fetida*). Part 2. Determination of the effects on reproduction. Kiev, Derzhspozhivstandard of Ukraine, 2003, 20 p. (*in Ukrainian*).
17. Ivanov A.V., Monchadskiy A.S., Polyanskiy Yu.I., Strelkov A.A. (1985). *Bolshoy praktikum po zoologii pozvonochnykh. Tipi: Kolchatye chervi, Chlenistonogie* [Large workshop in vertebrate zoology. Types: Annelida, Arthro-pods]. P. 2, Moscow: Vishcha Shkola, 547 p. (*in Russian*).

УДК 574.34:574.43:639.113.1

## ВПЛИВ ЛИСИЦІ ЗВИЧАЙНОЇ НА ЧИСЕЛЬНІСТЬ МИСЛИВСЬКОЇ ФАУНИ АГРОЛАНДШАФТІВ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

В.П. Новицький, В.П. Ландін, П.В. Маціборук

*Інститут агроекології і природокористування НААН*

*З'ясовано динаміку чисельності мисливської фауни агроценозів Центрального Лісостепу України. Виявлено кореляційні зв'язки в системі «хижак — жертва». Підтверджено негативний вплив лисиці звичайної на популяцію зайця-русака та куріпки сірої. Встановлено поріг щільності лисиці звичайної, за перевищення якого чисельність хижака ставала обмежувальним (лімітуючим) чинником щодо популяції фазана кавказького.*

**Ключові слова:** лисиця звичайна, мисливська фауна, агроценози, динаміка популяцій.

Лисиця звичайна (*Vulpes Vulpes* L.) є типовим аборигенним представником фауни агроландшафтів Лісостепу України. На фоні глобальної індустріалізації агропромислового комплексу у другій половині ХХ ст. порівняно з більшістю мисливських тварин цей вид проявив відмінну еврибіонтність та стійкі адаптаційні властивості, що насамперед підтверджується відносно стійкою динамікою чисельності його популяції в часі й просторі [1]. Аналіз стаціонарного розподілу лисиці в Україні свідчить, що й нині для її існування придатні майже всі типи рівнинних ландшафтів, починаючи

з хвойних лісів і закінчуючи селітебними територіями. За деякими даними [2], а також за нашими власними спостереженнями, в лісостеповій частині нашої країни найбільша щільність виду спостерігається на орних і селітебних чагарникових та заболочених землях. Останнє, очевидно, зумовлено комплексом багатьох чинників, головними з яких є: динамічне зниження чисельності дрібної фауни в агроландшафтах [3], застосування аграріями прогресивних технологій польової дератизації, низька екологічна культура селян.

Лисиця — типовий хижак-поліфаг, на харчування рослинним кормом переходить вимушено внаслідок відсутності чи нестачі

© В.П. Новицький, В.П. Ландін, П.В. Маціборук, 2015